

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

VIABILIDAD DE ESTUDIO DE MERCADO PARA LA PRODUCCIÓN Y
VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOCOMBUSTIBLE
OBTENIDO POR MEDIO DE UN REACTOR ANAEROBIO EN EL
COMPLEJO AGROPECUARIO E INDUSTRIAL DE TIZAYUCA S.A.
EN HIDALGO, MÉXICO

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

XIMENA PRADO FARIAS

ASESORES:

MDA MVZ Arturo Alonso Pesado

PhD MVZ Rafael Olea Pérez



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mi país, México, por ser el país más bello del mundo. Dedicado a sus espacios y a todos sus habitantes como compromiso a un cambio real para alcanzar el potencial que sólo nosotros somos incapaces de reconocer.

A mis padres que han formado una familia llena de cariño y responsabilidad. A mis hermanos porque son modelos a seguir de perseverancia y valor para enfrentar la vida.

A mis amigos, porque juntos hemos crecido y aprendido a ser conscientes de nuestro propósito en la vida. Sin duda, cambiaremos al mundo.

CONTENIDO

	Página
Resumen	4
Introducción	6
Portada	9
Resumen Ejecutivo	14
Estudio de Mercado	21
Revisión Sistemática	90
Análisis de Información	93
Glosario	98
Referencias	100

RESUMEN

PRADO FARIAS XIMENA. Viabilidad de Estudio de Mercado para la producción y venta de energía eléctrica a partir de biocombustible obtenido de un reactor anaerobio en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A., en Hidalgo, México (bajo la dirección de MDA MVZ Arturo Alonso Pesado y PhD MVZ Rafael Olea Pérez)

El incremento de contaminantes en la producción pecuaria, requiere de la implementación de proyectos sustentables capaces de adaptarse a la producción actual asegurando su rentabilidad con el menor impacto ambiental. La implementación de proyectos sustentables permiten el crecimiento económico de la región; impulsan el desarrollo social; y favorecen a la mitigación de contaminantes.¹

El proyecto presentado a continuación de nombre “Energía-XP”, presenta la oportunidad de implementar un proyecto de generación sustentable de energía eléctrica por medio del uso de biogás obtenido de un reactor anaerobio mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos derivados de bovinos productores de leche en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A, en el estado de Hidalgo, México. El objetivo es mejorar la disposición de los desechos orgánicos y

generar energía eléctrica limpia, promoviendo la producción pecuaria con responsabilidad ambiental.

En el presente trabajo se realizó el análisis de la viabilidad del Estudio de Mercado para un plan de negocios con base en la guía descrita por la Escuela de Negocios de la Universidad de Harvard, donde se describe el sector y se analizan los factores determinantes del mercado.

A partir de la implementación de la Reforma Energética, el sector eléctrico ha impulsado una transición energética con responsabilidad ambiental brindando libre acceso a inversiones privadas en proyectos de tecnología renovable. El libre acceso de nuevos proyectos en el Mercado Eléctrico Mayorista para la libre compraventa de electricidad, la creciente demanda y el desabasto actual, son factores determinantes de la viabilidad de mercado para el desarrollo del proyecto “Energía-XP”.

INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático y la creciente población son factores que demandan que la sociedad deba adaptarse a un estilo de vida en equilibrio con el ambiente, con el objetivo de asegurar los recursos necesarios para el presente sin comprometer los necesarios para futuras generaciones. Es por ello que se han implementado diferentes proyectos multidisciplinarios para lograr un desarrollo sustentable. El concepto de desarrollo sustentable se define como la capacidad que desarrolle el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento de las generaciones futuras, definición adoptada del escrito “Our Common Future” (Brundtland, 1987), elaborado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas². La sustentabilidad tiene entonces el objetivo de encontrar un equilibrio entre el desarrollo social hacia una mejor calidad de vida mediante el crecimiento económico y el uso responsable de los recursos para la protección del ambiente.

En el Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero en los diferentes sectores económicos del país, se estimó un total de 665,304.92 Gigagramos (equivalente a 1,000 toneladas) de CO₂ equivalente. El sector destinado para la generación de energía eléctrica representó el segundo sector más contaminante con un total de 126,607.66 Gg de CO₂ equivalente, siendo el 19% de las emisiones totales nacionales.³ Se identificó como principal fuente emisora a los combustibles fósiles de centrales eléctricas

que utilizan tecnologías convencionales, particularmente las centrales carboeléctricas.

El sector agropecuario, que integra a los cultivos y la producción pecuaria, fue el quinto sector emisor con un total de 80,169.09 Gg de CO₂ equivalente, representando el 12% a nivel nacional. Los principales gases de efecto invernadero emitidos por el sector fueron el metano con un 68.1% de participación y los óxidos nitrosos con el 31.4%.³ Se identificó como la fuente principal de emisiones de gases a los animales de producción pecuaria, donde el gas metano, emitido por fermentación entérica, equivale al 63.8% del total emitido por el sector, y óxidos nitrosos por el manejo de estiércol, con una participación del 14.45% del sector, siendo estos últimos, también contaminantes de aguas y suelos.

El Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca S.A. se encuentra ubicado en el estado de Hidalgo, al norte de la capital de México. Alberga aproximadamente 13,000 cabezas de ganado bovino productor de leche especializado y semi especializado y cerca de 5,000 becerras de reemplazoⁱ, con una superficie de 220 hectáreas. Se estima que se producen diario 944 toneladas de estiércol (68 kg de estiércol producidas al día en vacas de lactancia promedio con una producción de 30 kg de leche y un peso vivo de 631 kg; y 12 kg de estiércol por becerras con un peso promedio de 150 kg de peso vivo)⁴, donde no siempre se realiza el manejo adecuado de los residuos, favoreciendo la contaminación de suelos y cuerpos de agua con repercusiones en la salud humana y animal. La implementación de un reactor anaerobio permite la disposición adecuada de los residuos provenientes de

ⁱ Información proporcionada por la Asociación Ganadera de Tizayuca.

la producción para la obtención de biogás mediante la fermentación anaerobia y su posterior uso como biocombustible en centrales generadoras de electricidad.

La implementación de tecnología vanguardista permite que el sector pecuario se desarrolle de manera sustentable, favoreciendo su eficiencia y brindando seguridad alimenticia con el cuidado del ambiente. Así mismo, los proyectos sustentables en el sector pecuario impulsan un desarrollo social favorable en comunidades donde su actividad principal es la ganadería mediante la creación de empleos.¹

A continuación, se presenta el estudio de mercado realizado para el proyecto “Energía-XP” con base en la guía descrita para la elaboración de un plan de negocios de la Escuela de Negocios de Harvard. Para determinar su viabilidad se analizaron los siguientes puntos: el entorno y su potencial para el proyecto; los antecedentes del sector energético enfocado a la Reforma Energética; la competencia, oferta y demanda; así como la descripción del Mercado Eléctrico Mayorista y los beneficios de una producción de energía limpia.

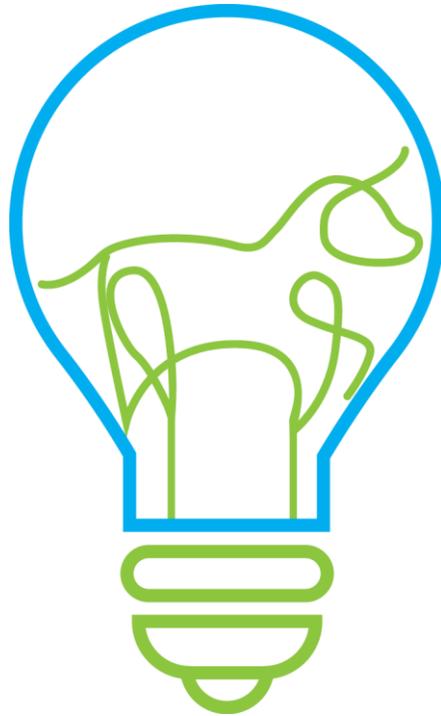
El proyecto comienza con la portada y datos generales que incluye el plan de negocios de “Energía-XP”, en conjunto con un índice propio del plan de negocios, concluyendo en la parte final. Así mismo, contiene un resumen ejecutivo y la descripción del proyecto con su historia y filosofía.



Estudio de Mercado

*Producción y venta de Energía Eléctrica
a partir de biocombustible obtenido
de un reactor anaerobio en
el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A.*

1.1 Datos Generales de la empresa



Nombre: *Energía-XP – “Iluminando un Futuro Sustentable”*

CEO: *Ximena Prado Farias*

Contacto:

Tel: 5361 - 5703

Cel: 044 (55) 4347 – 1413

Mail: *ximenaprado@gmail.com*

Ubicación:

Avenida 16 de Enero de 1869, S/N, Tizayuca, Hidalgo, México.

1.2 Índice

1. Portada

1.1 Datos Generales de la Empresa

1.2 Índice

1.3 Resumen Ejecutivo

2. Descripción del Negocio

2.1 Historia

2.2 Filosofía

2.2.1 Misión

2.2.2 Visión

2.2.3 Valores

2.2.4 Objetivos

2.3 Descripción del Producto

3. Estudio de Mercado

3.1 Descripción del entorno

3.1.1 Sector Eléctrico Nacional

3.1.2 Mercado Eléctrico Mayorista

3.1.2.1 Certificados de Energía Limpia

3.1.2.2 Potencia

3.1.2.3 Criterios y estudios de Interconexión para Centrales Eléctricas

3.1.3 Clientes Potenciales

3.1.3.1 Comisión Federal de Electricidad

3.2 Antecedentes del sector

- 3.2.1 Reforma Energética en la Industria Eléctrica
- 3.2.2 Sistema Eléctrico Nacional
 - 3.2.2.1 Capacidad del Sistema Eléctrico Nacional
 - 3.2.2.2 Transmisión y Distribución
 - 3.2.2.2.1 Interconexiones con Estados Unidos de América
 - 3.2.2.2.2 Interconexiones con Centroamérica
 - 3.2.2.3 Generación de energía eléctrica
 - 3.2.2.3.1 Modalidades de generación
 - 3.2.2.3.2 Tecnologías convencionales y generación de energía eléctrica
 - 3.2.2.3.3 Tecnologías limpias y generación de energía eléctrica
 - 3.2.2.4 Oferta Nacional de Energía Eléctrica
 - 3.2.2.5 Consumo y Demanda de Energía Eléctrica
 - 3.2.2.5.1 Consumo
 - 3.2.2.5.2 Demanda
 - 3.2.2.5.3 Pronóstico de consumo y demanda

3.3 Análisis de la competencia

- 3.3.1 Competencia directa
- 3.3.2 Competencia potencial

3.4 Análisis de Mercado

- 3.4.1 Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A
- 3.4.2 Definición del mercado
- 3.4.3 Tamaño del mercado
- 3.4.4 Necesidades del mercado
- 3.4.5 Segmento blanco del mercado

3.4.6 Tamaño del segmento blanco del mercado

3.5 Estudio de Mercadotecnia

3.5.1 Producto

3.5.2 Precio

3.5.3 Distribución

3.6 Conclusión del Estudio de Mercado

1.3 Resumen Ejecutivo

“Energía-XP” es un proyecto nuevo para la generación y venta de energía eléctrica mediante el uso de biocombustible obtenido a partir de un reactor anaerobio ubicado en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A, en Hidalgo, México. El proyecto fue creado con el objetivo de mejorar la disposición de residuos en la producción de bovinos de leche disminuyendo el impacto ambiental y poder aprovecharlos para la generación de electricidad limpia. Es por ello que “Energía-XP” tiene una visión hacia el desarrollo sustentable, con responsabilidad social, apoyando el crecimiento económico y cuidado del ambiente, siendo un ejemplo para la transición sustentable de la producción pecuaria.

Actualmente, menos de la mitad de la energía generada en México proviene de centrales con tecnologías limpias. “Energía-XP” es un proyecto de generación de energía limpia que goza las ventajas de tener un costo de producción más bajo que las tecnologías convencionales; puede obtener certificados de energía limpia con valor monetario; y la demanda de energías limpias ha incrementado a partir de la adquisición obligatoria de electricidad limpia para centros de carga. El desabasto actual y la creciente demanda, favorecen la entrada de proyectos como “Energía-XP”, donde la nueva legislación energética permite el libre acceso de generadores e inversionistas privados.

Para la generación y distribución de electricidad, la central eléctrica participará en la modalidad de generador en el nuevo Mercado Eléctrico Mayorista, donde podrá

realizar contratos de corto, mediano y largo plazo en la compraventa de electricidad.

“Energía-XP” presenta un proyecto para mejorar el manejo de residuos orgánicos derivados de la producción de bovinos de leche con la oportunidad de su aprovechamiento para la obtención de biocombustible y su potencial uso para la generación de electricidad limpia

2. Descripción del Negocio

2.1 Historia

Energía-XP es un nuevo proyecto para la generación de energía eléctrica limpia que surgió del compromiso de crear un mejor futuro para las siguientes generaciones mexicanas. Es un proyecto con gran responsabilidad social, enfocada al mejoramiento de la calidad de vida de los mexicanos en materia ambiental y tecnológica, impulsando a México con un enfoque vanguardista a la satisfacción de sus necesidades energéticas. Siendo el sector energético, específicamente en materia de generación de electricidad, y el sector pecuario dos de los principales responsables de emisiones de gases de efecto invernadero, “Energía-XP” propone un proyecto para la generación de energía limpia, salvaguardando los intereses de ambos sectores en materia económica con responsabilidad ambiental.

2.2 Filosofía

2.2.1 Misión

Energía-XP tiene la misión de generar energía eléctrica sustentable, brindando la opción más confiable, eficiente y amigable con el ambiente, reduciendo la emisión de contaminantes tanto en el sector pecuario como el energético.

2.2.2 Visión

Ser una empresa mexicana de vanguardia, impulsando a la industria eléctrica y pecuaria a un futuro amigable con el ambiente con eficiencia y responsabilidad social.

2.2.3 Valores

Integridad: honrar nuestros valores con un compromiso de eficiencia y confiabilidad.

Responsabilidad: social, con el impulso de una mejor calidad de vida para los mexicanos; y ambiental, con el compromiso de disminuir el impacto ambiental en la generación de electricidad y la producción pecuaria.

Compromiso: brindar a nuestros usuarios un producto de alta calidad, haciendo sus objetivos propios.

2.2.4 Objetivos

Los objetivos que tiene Energía-XP son:

- Mejorar la disposición de desechos derivados de la producción de leche en bovinos especializados en el Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca S.A, localizado en el estado de Hidalgo, México.
- Obtener biocombustible con la implementación de un reactor anaerobio para el aprovechamiento de residuos orgánicos derivados de la producción de leche en bovinos, y su posterior uso para la generación de energía eléctrica.
- Generar energía eléctrica limpia de manera eficiente para satisfacer las necesidades de nuestros usuarios, proporcionando un producto de alta calidad y confiabilidad.
- Impulsar el sector energético y la producción pecuaria a la innovación tecnológica para una producción eficiente con responsabilidad ambiental y social.

2.3 Descripción del Producto

Preocupados por el cambio climático, Energía-XP ha decidido aprovechar los desechos orgánicos de bovinos productores de leche para la obtención de biogás como biocombustible en la generación de energía eléctrica limpia.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos, principalmente heces, se lleva a cabo mediante un proceso de digestión anaerobia, es decir, un proceso de

fermentación en ausencia de oxígeno ejecutado por bacterias para la obtención de biocombustible o biogás.⁵

Existen diferentes alternativas para el manejo adecuado de desechos orgánicos en producciones pecuarias, una de ellas son los reactores anaerobios o biodigestores. Los reactores anaerobios son contenedores herméticos donde se disponen los desechos orgánicos líquidos, dentro se crea un ambiente sin oxígeno idóneo para la fermentación controlada de la materia orgánica por bacterias productoras de metano o metanogénicas, que degradan la materia orgánica presente en los desechos para obtener biogás. La digestión anaerobia tiene múltiples beneficios como es la reducción significativa de olores y de fauna nociva como moscas; la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes del suelo y cuerpos de agua. Principalmente reduce la emisión no controlada de metano (cuyo potencial contaminante es hasta 38 veces más dañino que el CO₂); así mismo, reduce la presencia de óxidos nitrosos y otros contaminantes del suelo y cuerpos de agua; y reduce la carga de agentes patógenos dentro de la materia orgánica.⁶ Adicional a la obtención de biogás, en el proceso de la digestión anaerobia permite adquirir el efluente para su uso como fertilizante líquido, y otros productos secundarios de índole comercial.

El biogás obtenido de la digestión anaerobia está compuesto principalmente por metano (CH₄) con el 50-70% en su composición, y bióxido de carbono (CO₂) con una participación del 30-40%; en menor proporción (menos del 5%), se encuentran gases como el ácido sulfhídrico (H₂S) e hidrógeno (H₂), entre otros. Su alto contenido de metano le confiere la capacidad de ser aprovechado como

combustible en motores, turbinas o calderas para la generación de energía eléctrica.⁵ Así mismo, puede ser utilizado sólo o mezclado con otro combustible para la sustitución de energías fósiles.

Para la estimación de energía eléctrica generada a partir del aprovechamiento de los desechos orgánicos en el C.A.I.T.S.A, se estimó la cantidad de estiércol fresco producida al día por vacas en lactancia y por becerras de recría menores de un año de edad. Se estima que al día se producen 944 toneladas de estiércol fresco en el recinto, obtenidas a partir de la multiplicación del número total de cabezas de vacas en lactancia (13,000 cabezas) por 68 kg de estiércol fresco estimado en vacas con un producción de 30 kg de leche⁴, obteniendo un total de 884 toneladas de estiércol fresco; de igual forma, se obtuvo 60 toneladas de estiércol fresco producidas por 5,000 becerras con un peso vivo promedio de 150 kg, produciendo 12 kg al día de estiércol fresco.⁴ Posteriormente, se analizó el porcentaje de materia seca del estiércol fresco (12.5%)⁴ con potencial real para la estimación de m³ de biogás producido, obteniendo como resultado un total de 118 ton de estiércol en materia seca. Las toneladas obtenidas fueron multiplicadas por el factor de biogás esperado por kg de estiércol (0.03529 m³/kg)ⁱⁱ para obtener un total de 4,164.22 m³ de biogás. El cálculo estimado de generación de electricidad se tomó a partir de la estimación de biogás con un porcentaje de 60% de metano y 40% de CO₂, que representa un potencial calorífico de 5,500 kcal capaces de generar 6.4 kWh⁵ por m³ de biogás utilizado, con un resultado estimado de 26.651 MWh.

ⁱⁱ Instituto de Energías Renovables. 2010. *Cálculo de generación de energía eléctrica a partir de biogás*. México. <https://dqel.energia.gob.mx/documentos/POTENCIAL/BIOMASA/FIRCO.pdf> .[consulta: 17 nov 2017].

Consciente del impacto ambiental que representa la industria energética, específicamente la generación de energía eléctrica, “Energía-XP” ha encontrado esta oportunidad para la generación de energía limpia. Tenemos el objetivo de disminuir el impacto ambiental en dos de las principales fuentes contaminantes en México, la producción pecuaria y la generación de electricidad, impulsando al desarrollo económico y social.

La generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de desechos orgánicos derivados de la producción de leche, podrá brindar a nuestros usuarios la oportunidad de obtener energía limpia a menor costo en comparación de centrales generadoras que utilizan combustibles fósiles, con la seguridad de una generación continua de electricidad; además, nuestros usuarios podrán cumplir con las obligaciones de adquisición de energía limpia implementadas por el gobierno a partir de los acuerdos internacionales de los que México es parte.⁷

3. Estudio de Mercado

3.1 Descripción del entorno

3.1.1 Sector Eléctrico Mexicano

La electricidad es un insumo primario necesario para la realización de actividades productivas y de transformación de México. El suministro eficiente de electricidad permite mejorar la capacidad y competitividad de las empresas en la producción de bienes y servicios como la alimentación, salud y educación, actuando como promotor del crecimiento económico y social del país.⁷

La electricidad es el segundo energético de mayor consumo, con una participación del 18% del consumo energético de México. Representa el 20% del consumo final del sector agropecuario, el 34% industrial y el 33% de los sectores residenciales, comerciales y público en conjunto.⁷

A partir de la aprobación de la Reforma Energética en diciembre del 2013, el sector eléctrico se abrió a una mayor participación de la inversión privada para impulsar la innovación de la infraestructura eléctrica requerida para cubrir las necesidades del consumidor a un menor costo, promoviendo la tecnología con responsabilidad ambiental. Como resultado se ha incrementado la entrada de nuevos proyectos generadores de electricidad en los diferentes esquemas para participar en el Mercado Eléctrico Mayorista en la compraventa de electricidad, que posteriormente será descrito.

La industria eléctrica es el único subsector industrial que aumentó su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) nacional de forma continua hasta alcanzar un promedio de 1.9% del año 2006 al 2016. Así mismo, muestra mayor dinamismo que otras actividades económicas y la economía en conjunto, registrando del 2006 al 2016 un crecimiento de la tasa promedio anual de 4.1%, con excepción del periodo 2012-2015 donde la industria y la economía nacional padeció una desaceleración debido a la crisis en mercados internacionales.⁷ El potencial del sector eléctrico representa una oportunidad para proyectos generadores de electricidad en México, donde se proyecta que su crecimiento continúe, favoreciendo el desarrollo económico y tecnológico del país.

3.1.2 Mercado Eléctrico Mayorista

El Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), se constituye a partir de la apertura a la inversión privada en el sector eléctrico de México. Es operado por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), donde los participantes pueden comprar o vender energía eléctrica, Certificados de Energía Limpia (CEL), y otros productos asociados a la generación que se requieran para el funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional.⁸

El Mercado Eléctrico Mayorista se compone de diversos mercados:

- a) Mercado de corto plazo, dividido a su vez en:
 - a. M. del Día en Adelanto (MDA)
 - b. M. de Tiempo Real (MTR)

- c. M. de una Hora en Adelanto (MHA)
- b) Mercado para el balance de Potencia
- c) Mercado de Certificados de Energía Limpia
- d) Subastas de Mediano plazo para energía
- e) Subasta de Largo plazo para Potencia, energía limpia y CEL
- f) Subastas de Derechos Financieros de Transmisión

Existen diversas modalidades para participar en el MEM. Los participantes son:

- a) Generadores: es un permisionario con centrales eléctricas con una producción mayor a 0.5 MW. Tiene el derecho de vender su electricidad y productos asociados en los diferentes mercados del MEM. Así mismo, pueden celebrar Contratos de Cobertura Eléctrica de mediano o largo plazo con los Suministradores de Servicios o Usuarios Calificados.
- b) Generadores exentos: son aquellos generadores con una producción menor de 0.5 MW y no necesitan permiso para la generación. Estos generadores pueden vender su energía y productos asociados a Suministradores de Servicio Básico (SSB), donde la Comisión Reguladora de Energía (CRE) calculará las contraprestaciones aplicables. También podrán participar en el MEM a través de un Suministrador de Servicio Calificado (SSC).
- c) Usuario Calificado: es cualquier usuario final que cuente con un centro de carga mayor a 1 MW. Podrán comprar energía y productos asociados en el MEM en sus modalidades de corto plazo (MDA, MHA, y MTR). Como participante del mercado, también tendrá derecho a realizar

Contratos de Cobertura Eléctrica de mediano y largo plazo con generadores o SSC para establecer una tarifa que se acople a sus necesidades. Para ser participante en el mercado debe contar con un registro ante la Comisión Reguladora de Energía, el cual es opcional y los usuarios que decidan no ser participantes del MEM podrán solicitar sus servicios a un SSB.

- d) Usuario Básico: es el usuario final que no participa dentro del MEM y no está registrado ante la CRE como Usuario Calificado, requiere comprar su electricidad con un SSB, donde el precio estará estipulado previamente.
- e) Suministrador de Servicios Calificado: son proveedores de energía, productos asociados y fungen como representantes de Usuarios Calificados ante el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). Tienen el derecho de adquirir la energía que requieran en el MEM, siendo necesario un previo registro para ser participante del mercado.
- f) Suministrador de Servicios Básicos: son los suministradores que llevan electricidad a todos los usuarios no participantes del MEM. Tienen las características de vender su electricidad a precios regulados; los Contratos de Cobertura Eléctrica que celebren serán de mediano o largo plazo mediante subastas; y tienen la obligación de brindar servicio a cualquier usuario que lo requiera en la zona. Actualmente, el único SSB es la Comisión Federal de Electricidad (CFE); sin embargo, cualquier interesado podrá solicitar permiso a la CRE para laborar como SSB.

La Reforma Energética, en conjunto con las autoridades competentes, asegura el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio para los generadores que cumplan los requisitos de interconexión que solicita el CENACE.⁸

En el mercado de corto plazo y sus diversas modalidades, donde el proyecto “Energía-XP” en su carácter de generador se desarrollará, la oferta de la electricidad está dada por los costos de producción de los generadores, siendo aquellos con la tecnología con costos más bajos los primeros en ser despachados, mientras que los generadores con costos altos serán los últimos y establecerán el precio que recibirán todos los generadores. Por lo que los proyectos generadores con tecnologías limpias, como el presentado por “Energía-XP”, gozarán de prioridad en su despacho y tendrán ventaja sobre las tecnologías convencionales con altos costos de producción.

De igual forma, para el cálculo de los precios se toman en cuenta los precios marginales locales en cada nodo del Sistema Eléctrico Nacional. Los nodos representan un punto en la red eléctrica en una región determinada para la medición de oferta y demanda de las centrales generadores y los centros de carga. Con base en los componentes de energía, congestión y pérdidas, se calcula el precio del nodo dentro de la región, con la finalidad de que el precio capture el costo de producción y señales económicas que indican el nivel de saturación en las redes del sistema con las pérdidas durante la transmisión.⁸

Energía-XP participaría en el MEM bajo la modalidad de generador, con las opciones de realizar Contratos de Cobertura Eléctrica de mediano o largo plazo o participar dentro de los mercados de corto plazo (MDA, MTR, MHA), donde podrá establecer bajo sus intereses, el precio y la duración del contrato con Usuarios Calificados y Suministradores de Servicios para la compraventa de electricidad y productos asociados a la generación, entre los que podemos destacar los certificados de energía limpia y la Potencia.

3.1.2.1 Certificado de Energía Limpia

Los Certificados de Energía Limpia (CEL) son el título emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) que decreta la producción de electricidad a partir de energía limpia y que sirve como amparo en el consumo en centros de carga. Los CEL tienen como objetivo impulsar la inversión en tecnologías sustentables y cumplir con el objetivo de la Reforma Energética en materia de cuidado del ambiente en su transición de combustibles fósiles altamente contaminantes por electricidad proveniente de tecnologías limpias, transformando en obligaciones individuales las metas nacionales de generación limpia de electricidad. Como Producto Asociado dentro del MEM, los CEL tienen un valor comercial de compraventa entre los participantes por medio del Mercado de CEL operado por el CENACE; así mismo, se pueden celebrar contratos y subastas de mediano y largo plazo entre generadores y participantes obligados. El precio de los CEL no será fijo y dependerán de la oferta y demanda dentro del MEM. Dentro de las tecnologías que tienen derecho a recibir CEL se encuentran la eólica, radiación solar, hidroeléctrica, energía nuclear, geotérmica y bioenergía.⁸ En esta última

tecnología podemos destacar el aprovechamiento de residuos en granjas pecuarias, como el presentado en el proyecto, y plantas de tratamiento de aguas residuales para la obtención de biogás para su posterior uso en la generación de energía eléctrica como biocombustible.

La Secretaría de Energía establecerá el porcentaje de adquisición de CEL dependiendo del consumo del Participante Obligado. Un CEL ampara la generación de 1 MWh de energía limpia, y éste no dependerá de la tecnología limpia empleada para su generación. Los participantes deberán presentar una declaración anual para determinar si cumplió con sus obligaciones de CEL; en caso de no cumplirse con las obligaciones, el participante se hará acreedor a una sanción de 6 – 50 salarios mínimos por CEL no adquirido; así mismo, el participante estará obligado a cubrir la cantidad de CEL que no fue adquirida en el periodo correspondiente junto con sus obligaciones presentes. Para el año 2018, en el cual iniciará oficialmente el mercado de CEL dentro del MEM, se ha establecido el porcentaje de adquisición de CEL equivalente al 5% del total de energía consumida por el participante; del 5.8% para el 2019; 7.4% en el 2020; 10.9% en el 2021; y el 13.9% para el año 2022.⁸

Para el cálculo de Obligaciones de CEL que deberán adquirir los participantes, se obtendrá del resultado del porcentaje requisito de CEL multiplicado por el total de energía consumida en el Periodo de obligación (365 días).⁸

Los Participantes Obligados de adquirir los CEL son:

- a) Suministradores de Servicio Básico

- b) Suministradores de Servicio Calificados
- c) Usuarios Calificados
- d) Usuarios finales por abasto aislado

Los CEL se otorgarán dentro del Sistema de Gestión de Certificados y Cumplimiento de Obligaciones de Energías Limpias. Esta plataforma llevará a cabo la gestión y registro de la información acerca del consumo y generación de electricidad, emisión, transacciones, liquidación y cancelación voluntaria de los CEL, así como el cumplimiento de obligaciones de los participantes.⁸

3.1.2.2 Potencia

La Potencia (con p mayúscula), se refiere al Producto Asociado que los generadores pueden ofrecer para su venta, mediante el cual adquieren la obligación de asegurar la disponibilidad de producción física para ofrecer la energía correspondiente en el Mercado de Corto Plazo en un futuro.⁸

La cantidad de Potencia disponible para cada generador dependerá del tipo de tecnología, si ésta es firme o interrumpible, y la capacidad de planta de su central generadora. Las centrales eléctricas de bioenergía cuentan con una ventaja en la continuidad de su producción en diversas condiciones climáticas, por lo que aseguran una mayor cantidad de Potencia sobre centrales con tecnologías limpias que dependen del tiempo para su continuo funcionamiento, como las centrales eólicas.

Los Usuarios Calificados y los Suministradores de Servicio (Básicos y Calificados), están obligados a adquirir una cantidad de Potencia, determinada por la CRE en la ZonaP correspondiente (zona de Potencia, definida por su necesidad de generación local). Se podrá adquirir en subastas de mediano y largo plazo, directamente en Contratos de Cobertura Eléctrica o en el Mercado de Balance de Potencia.⁸

3.1.2.3 Criterios y estudios de Interconexión para Centrales Eléctricas

Para participar en el Mercado Eléctrico Mayorista como generador, se establecieron estudios que podrán solicitar los representantes de las Centrales Eléctricas, a fin de que el CENACE defina las características específicas de la infraestructura y requerimientos necesarios para llevar a cabo la interconexión a la Red Nacional de Transmisión (RNT) o la Red General de Distribución (RGD), ya sea de una nueva central eléctrica o para el incremento de capacidad de generación. Así mismo, se determinan los refuerzos que se requieren en la RNT para asegurar la eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad, de los estándares de confiabilidad establecidos por la CRE y las Disposiciones Operativas establecidas por el CENACE. Dentro de los objetivos, se plantea la disposición de información precisa y confiable sobre las interconexiones futuras de centrales eléctricas, con el fin de garantizar que el CENACE lleve a cabo el proceso de planeación con los elementos que aseguren la operación

eficiente del MEM; así como la identificación de necesidades de expansión, modernización y ampliación de la RNT o RGD en mediano y largo plazo.⁸

Los criterios establecidos son aplicables para:

- I) Cualquier proyecto de Interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad de generación neta mayor o igual a 0.5 MW que pretenda conectarse a la RNT o RGD.
- II) Incrementos de capacidad de generación en Centrales Eléctricas por un monto mayor o igual al 10% de la capacidad original. Es factible solicitar el incremento sin la necesidad de realizar los estudios correspondientes, que será aplicable una vez por Central Eléctrica.
- III) Cambiar o agregar un punto de interconexión en centrales eléctricas con capacidad de generación neta mayor o igual a 0.5 MW.

Los participantes aspirantes a generadores, deben solicitar los estudios necesarios para la Interconexión de sus respectivas Centrales Eléctricas a la RNT o RGD, que serán realizados y analizados por el CENACE.⁸

- 1) Estudio Indicativo: consiste en una muestra preliminar de la viabilidad para la interconexión a la RNT, donde se señalan las posibles restricciones y las obras que se requieren, con base en la solución técnica más eficiente para mantener la confiabilidad del SEN. Además, tiene como objetivo principal retroalimentar al Solicitante que evalúe la factibilidad de su proyecto y decida continuar con el proceso, en la modalidad Individual o si forma parte del Proceso para la Planeación del Sistema Eléctrico Nacional.

- 2) Estudio de Impacto: tiene como finalidad evaluar de manera detallada el impacto que se tiene en el SEN cuando se interconecta una Central Eléctrica con una capacidad mayor a 10 MW. Para estos efectos, se realizarán tanto los estudios en Estado Estable como los Estudios de Estabilidad Transitoria (angular y de voltaje) en condiciones normales y ante contingencias, con el objeto de determinar los requerimientos de infraestructura para la interconexión y los Refuerzos o modificaciones en la RNT y la RGD que se requieren para asegurar que se cumpla en todo momento con los Estándares de Confiabilidad y las Disposiciones Operativas, sin limitaciones de la potencia de salida de la Central Eléctrica en condiciones normales. Para realizar este estudio se requiere solicitar previamente el Estudio Indicativo.
- 3) Estudio de Instalaciones: determina las características de los elementos y equipos, así como los costos estimados de las obras necesarias para la interconexión de la Central Eléctrica hasta el punto de interconexión, así como los refuerzos necesarios en la RNT o la RGD, asociados a cada proyecto. Se requiere solicitar previamente el Estudio de Impacto en el Sistema.

Los estudios tendrán un costo determinado dependiendo de la capacidad de generación de las centrales eléctricas y serán cubiertos por los solicitantes.⁸

La generación de electricidad estimada para el proyecto “Energía-XP” fue calculada con base en la cantidad de biogás estimado del aprovechamiento de la producción diaria de heces en el recinto, con un total esperado de 26.651 MWh.

En el Cuadro 1 podemos observar los costos de los estudios necesarios para la interconexión de nuevas centrales eléctricas, donde podemos destacar el costo necesario con base en la capacidad estimada de producción eléctrica.

Cuadro 1. Costos para la realización de Estudios Individuales de Interconexión de Centrales Eléctricas ⁹

Solicitud		Estudios de Interconexión		Estudios de Instalaciones	Total
Capacidad (MW)	Versión Rápida	Estudio Indicativo	Estudios Impacto al Sistema	Requerimientos refuerzos en la red	
0.5 < a < 10	\$356,822	No aplica	No aplica	\$446,028	\$802,850
10 < a < 30	N.A	\$178,411	\$4356,822	\$446,028	\$981,261
30 < a < 100	N.A	\$178,411	\$535,233	\$535,233	\$1,248,877
100 < a < 150	N.A	\$267,617	\$624,439	\$535,233	\$1,427,288
150 < a < 250	N.A	\$356,822	\$713,644	\$624,439	\$1,690,905
250 < a < 500	N.A	\$446,028	\$802,850	\$624,439	\$1,873,316
500 < a < 750	N.A	\$535,233	\$892,055	\$713,644	\$2,140,932
750 < a < 1,000	N.A	\$713,644	\$1,070,466	\$713,644	\$2,497,754
<1,000	N.A	\$892,055	\$1,248,877	\$713,644	\$2,854,576

Las solicitudes de Interconexión se podrán presentar bajo las siguientes alternativas:

- i) Solicitud para formar parte del Proceso para la Planeación: aplica para centrales nuevas con una capacidad mayor a 10 MW, las cuales serán analizadas dentro del Proceso para la Planeación, integrando todas las solicitudes del mismo tipo, a la hora de realizar los estudios y determinar los refuerzos, ampliaciones y modernizaciones que se requieran en la

RNT o la RGD de una manera más eficiente, y asegurar la confiabilidad del SEN, para los escenarios de mediano y largo plazo, de acuerdo con la fecha de entrada en operación de los proyectos.

- ii) Solicitudes individuales: considera los proyectos que se van a analizar de manera individual, determinando para cada caso las obras que se requieren para llevar a cabo la interconexión, así como los refuerzos necesarios en la red para asegurar su confiabilidad, en función de la fecha estimada de operación de cada proyecto. Se subclasifican en:
 - a. Solicitudes independientes: si son pequeñas centrales eléctricas con capacidad de 0.5 y 10 MW.
 - b. Centrales eléctricas con capacidad mayor a 10 MW.
- iii) Solicitudes agrupadas con capacidad mayor a 30 MW: considera aquellos casos donde se tienen varios proyectos individuales localizados en una región determinada, los cuales se pudieran agrupar para efectos de interconectarse al mismo punto de la RNT o la RGD.

Para que una solicitud forme parte del Proceso de Planeación se toma lo siguiente:

- Las obras para la interconexión de la central eléctrica se harán por cuenta del solicitante, mientras los refuerzos que se requieran para mantener la confiabilidad de la red, formará parte del Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN).
- El Proceso de Planeación se realizará de manera anual y considera escenarios futuros (2 años en adelante), por lo que los proyectos

podieran entrar en operación con más de 3 años a futuro, tomando en cuenta que las obras para la construcción de los refuerzos pueden tomar más de 2 años.

- Para que pueda ser analizada la solicitud como parte de la planificación anual correspondiente, deberá considerar lo siguiente:
 - o Solicitudes Nuevas: solicitarlo antes del 1° de marzo del año en curso, salvo que el CENACE emita un criterio diferente de carácter general.
 - o Solicitudes realizadas inicialmente en modalidad individual: las solicitudes iniciadas en esta modalidad, y que cuentan con el Estudio Indicativo o de Impacto del Sistema, que decidan ser incluidos como parte del Proceso para la Planificación, se podrán integrar a más tardar el 1° de marzo de cada año.

3.1.3 Clientes Potenciales

A partir de la Reforma Energética, el Sector Eléctrico Nacional se abrió a la inversión privada en mayor escala con el objetivo de asegurar que el sector esté a la vanguardia con eficiencia y sustentabilidad. La apertura del MEM brinda la oportunidad a la inversión privada de realizar proyectos de generación eléctrica, con el fin de vender su producción con los diferentes usuarios calificados, incluyendo a CFE, bajo contratos directos o en las diferentes variantes de mercados.

Hasta el mes de abril del 2017, hay 68 Usuarios Calificados registrados ante la CRE, que cuentan con un centro de carga mayor a 1 MW de consumo. Estos usuarios tienen la obligación de cumplir con las metas de política nacional en cuanto a la adquisición de energía limpia correspondiente al año en curso y en relación directa a su consumo de energía mediante la compra de Certificados de Energía Limpia y otros Productos Asociados.

3.1.3.1 Comisión Federal de Electricidad

La Comisión Federal de Electricidad funge como Suministrador Calificado Básico (SSB) encargado de suministrar a todos los usuarios no calificados o no participantes del MEM. Durante el año 2016, CFE produjo el 54.7% de la energía eléctrica nacional, con 174,692 GWh. Cuenta con 180 centrales eléctricas instaladas generadoras de diferentes tecnologías. Además, cuenta con 10 centrales bajo el esquema de Pequeño Productor y 30 centrales con esquema de Productor Independiente de Electricidad, que generaron 88,790 GWh en el año 2016. En conjunto la CFE y los PIE representaron el 82.5% de la generación de electricidad durante el 2016, con un total de 263,782 GWh.⁷

La CFE, como único SSB, debe asegurar cubrir la demanda creciente en los diferentes sectores del país. Durante el año 2016, hubo un Consumo Bruto de 298,792 GWh en el país⁷, indicador de que CFE se encuentra cerca de cubrir las necesidades de consumo. Sin embargo, si analizamos las Demandas Máximas Integradas e Instantáneas registradas durante el mismo año en los meses de

mayor demanda (Cuadro 2), podemos observar que la generación bruta de CFE en conjunto con los PIE's mostradas en el Cuadro 3, sólo logran cubrir poco más de la mitad de la energía demandada.

Cuadro 2. Demanda Máxima Integrada e Instantánea registradas en el año 2016 en el SEN.⁷

Demanda Máxima Integrada e Instantánea 2016 (GWh)		
Mes	DM Integrada	DM Instantánea
Mayo	41,476	40,242
Junio	41,872	40,692
Julio	41,899	40,893
Agosto	41,693	40,104
Septiembre	41,047	39,045

Cuadro 3. Generación Bruta de Electricidad en el año 2016 por la CFE y Productores Independientes de Energía¹⁰

Generación Bruta 2016 (CFE con PIE's)	
Mes	Gen (GWh)
Mayo	24,263.163
Junio	24,409.857
Julio	25,056.777
Agosto	24,702.675
Septiembre	23,111.732

En materia de energías renovables, CFE cuenta con 73 centrales eléctricas y 16 centrales de PIE's que trabajan con diferentes tecnologías para la generación de

energía limpia. Sobresalen las centrales hidroeléctricas como la tecnología renovable más utilizada por CFE con un total de 60 centrales eléctricas.

La CFE ha firmado diversos compromisos de protección al ambiente con diferentes instituciones nacionales e internacionales, con el objetivo de asegurar una generación eléctrica sustentable. Como empresa productiva del Estado, está comprometida a asumir como propios los objetivos en materia de energía limpia, cumpliendo con los porcentajes obligatorios de energía limpia que las autoridades han establecido, así como la adquisición de Certificados de Energía Limpia que dicte la ley.

Es por ello, que la CFE es un cliente potencial para la compra de energía eléctrica producida por medio de tecnologías limpias, como es el aprovechamiento de la biomasa de residuos agropecuarios, para cubrir sus necesidades energéticas como SSB y cumplir con los compromisos de cuidado al ambiente. Actualmente, CFE no cuenta con ninguna central eléctrica generadora de bioenergía, por lo que la oportunidad de obtener energía limpia de una gama más amplia permite un abastecimiento más eficiente, y disminuir la tarifa de electricidad a los usuarios finales.

Bajo los esquemas de cogeneración y autoabastecimiento, los generadores tienen la opción de vender el exceso de producción directamente a CFE. Los Productores Independientes de Energía fungen como generadores particulares de la CFE, imposibilitando la venta a otros usuarios. Mientras que en el esquema de generador como participante del MEM, se podrán celebrar Subastas de mediano y

largo plazo para la venta de energía y productos asociados a la generación para Suministradores de Servicio, como es la CFE.

3.2 Antecedentes del sector

3.2.1 Reforma Energética en la Industria Eléctrica

La Reforma Energética fue aprobada por el Congreso de la Unión, publicada el 20 de diciembre del 2013 en el Diario Oficial de la Federación, con el objetivo de modernizar el sector energético del país. Ante la problemática de la nación sobre la creciente demanda de energéticos y la necesidad de disminuir los precios, la Reforma Energética tiene como objetivo lograr que el sector energético del país se desenvuelva de manera eficiente y sustentable, permitiendo un desarrollo económico y social con la protección del ambiente.¹¹

México, por su abundancia de recursos naturales, sustenta su desarrollo económico y social en la generación de energéticos, por lo que los retos de demanda y vanguardia en el sector requerían incrementar la inversión a nivel industria para asegurar su eficiencia productiva y económica.¹¹

Para la implementación de la Reforma Energética, se analizaron diferentes problemáticas que no permitían el desarrollo de tecnologías más eficientes que permitieran cubrir la demanda nacional. La exclusividad del sector eléctrico por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en conjunto con las restricciones presupuestales del Estado para la modernización del sector, conllevaron a una

lenta sustitución de combustibles para la generación de energía, que como consecuente tiene un costo de producción elevado. Más del 20% de la energía generada para el servicio público tenía como fuente de generación combustóleo y diesel, que tienen normalmente un costo de producción más elevado que la electricidad generada de energías limpias. Así mismo, se registraban pérdidas de hasta el 15% de energía que no eran pagadas, costos que CFE absorbía deteriorando más su economía.¹¹

La tendencia mundial a la protección del ambiente ha impulsado a la industria a generar alternativas para la producción de energía. La Reforma Energética tiene un enfoque dirigido a la implementación e inversión en infraestructura que permita la generación de energías limpias que mejoren la eficiencia del proceso y disminuyan su costo de producción, garantizando estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad.¹¹

Ante la problemática previamente descrita, la reforma tiene como objetivo permitir que las autoridades ejerzan la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en beneficio de un sistema competitivo que permita reducir los precios de la electricidad y orientar la generación de energía eléctrica de manera sustentable. La CFE tiene un nuevo carácter como empresa productiva del Estado, permitiendo la apertura de diferentes contratos y dotado de prioridad ante negociaciones frente a empresas privadas.

Referente a las modificaciones en el sector eléctrico, en el artículo 27 se reitera que el control del sistema eléctrico nacional junto con la transmisión y distribución

de energía eléctrica será exclusivo de la nación a través de la CFE; con la integración de la apertura de contratos con empresas del sector privado para el financiamiento, gestión, mantenimiento, operación y ampliación de la infraestructura para el servicio de transmisión y generación.¹¹

La apertura a la inversión privada tiene como propósito la instalación de nuevas centrales con tecnologías más eficientes y brindar flexibilidad para la conexión a la red nacional de transmisión. Así mismo, se crea el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), para la compraventa de electricidad donde los contratos puedan realizarse en corto, mediano o largo plazo con la empresa del estado (CFE), u otros participantes del mercado.¹¹

En conjunto con la reforma constitucional, existen leyes secundarias que protegen los derechos e intereses de usuarios y generadores, asegurando la transición del sector energético a un futuro más eficiente y sustentable.

La Ley de la Industria Eléctrica (LIE) propone un marco legal para el cumplimiento de los objetivos de la Reforma Energética en materia de la industria eléctrica nacional y garantizar un servicio más eficiente con tarifas más bajas para la población. Referente a las reformas en materia energética, la LIE debe garantizar la competencia entre empresas públicas y privadas con base en rubros que permitan el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio al Sistema Eléctrico Nacional.¹²

Con el fin de salvaguardar los intereses de la Nación, se conserva para el Estado mexicano la exclusividad en la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional;

asimismo, de la prestación del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica para usuarios de tipo residencial y usuarios de pequeña y mediana índole comercial o industria. Para los grandes usuarios se abre la clasificación como Usuarios Calificados, es decir, que cuentan con una demanda por encima del umbral establecido por la Secretaría de Energía (>1 MW), que tendrán la oportunidad de realizar un contrato directo con un SSC o SSB, en el caso particular de la CFE, en virtud de establecer un precio fijo disminuyendo el riesgo de un precio que constantemente cambia en el MEM. Así mismo, se conservan los esquemas de autoabastecimiento, cogeneración y exportación/importación para usuarios generadores que podrán vender los excedentes de producción eléctrica a CFE.¹²

En virtud de la disminución de la tarifa eléctrica, los precios de la energía se establecerán a partir de los costos de producción de los generadores, de manera que siempre se adquirirá la energía con menor costo de producción para el servicio público, siendo principalmente las energías limpias las de menor costo; de igual forma, los suministradores básicos se verán obligados a adquirir cierto porcentaje de energía limpia establecido por las autoridades competentes, que a su vez favorece el enfoque de sustentabilidad previamente mencionado en la reforma. El MEM otorga transparencia a las transacciones entre participantes asegurando precios competitivos, con base en el reporte diario que los generadores presentan sobre sus costos de producción ante el Centro Nacional de Control de Energía; mientras que los usuarios y comercializadores reportarán su demanda. Las autoridades competentes establecerán precios spot para la

compraventa de energía a corto plazo entre los participantes, sin la necesidad de establecer contratos directos.¹²

La LIE acredita al Centro Nacional de Control de Energía como un organismo público descentralizado encargado del control operativo del Sistema Eléctrico Nacional, del Mercado Eléctrico Mayorista y garantizar el acceso a la RNT y RGD. Tiene la facultad de establecer los criterios de interconexión con base en los estudios especializados, equipo para la instalación y disponibilidad de capacidad, garantizando el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio al SEN bajo un marco legal que garantice la competencia entre empresas privadas y el sector público.¹²

La Ley de Transición Energética fortalece el marco jurídico para la integración de energías limpias en la matriz de generación a través de la promoción del desarrollo de tecnologías limpias. Igualmente, regula el aprovechamiento sustentable de la energía eléctrica, la reducción de emisiones contaminantes, así como establecer la participación mínima de energías limpias en generación. Se ha establecido como meta para el año 2018 un 25% de energías limpias; 30% para el 2021 y 35% para el año 2024 con el fin de cumplir con el compromiso nacional e internacional de reducir las emisiones contaminantes en la generación de energía eléctrica con la participación de los usuarios del MEM en conjunto con CFE.¹³

La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, publicada en el DOF en febrero del 2008, define a los bioenergéticos como combustibles obtenidos de la biomasa proveniente de materia orgánica de las actividades agrícola, pecuaria,

silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, doméstica, comercial, industrial, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente.¹⁴ Tiene por objeto la promoción y desarrollo de los Bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano y establece bases para promover la producción de insumos para bioenergéticos sin poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país.

3.3.2 Sistema Eléctrico Nacional

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está compuesto por la Red Nacional de Transmisión y la Red General de Distribución, distribuidas en las diferentes regiones del país: Noroeste, Norte, Noreste, Occidental, Central, Oriental, Peninsular, identificados como el Sistema Interconectado Nacional (SIN); mientras que las regiones de Baja California, Mulegé y Baja California Sur, se clasifican aparte debido a que no se encuentran conectadas al resto del Sistema Eléctrico por su ubicación geográfica. Sin embargo, se encuentra el proyecto para llevar a cabo la conexión de estas regiones con el SIN.⁷



Figura 1. Mapa del Sistema Eléctrico Nacional⁷

3.3.2.1 Capacidad del Sistema Eléctrico Nacional

En el 2016, la capacidad del Sistema Eléctrico Nacional fue de 73,510 MW, la cual tuvo una tasa de crecimiento anual del 8.1% respecto a la registrada al cierre del año 2015.⁷

De la capacidad total instalada, el 58.9% corresponde a centrales eléctricas propiedad de la CFE, el 18% a centrales eléctricas de Productores Independientes de Energía (PIE), y el 23.1% de particulares bajo los esquemas de

autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, exportación, usos propios continuos, generador (de acuerdo con las especificaciones establecidas en la LIE), centrales eléctricas de generación distribuida y los sistemas rurales no interconectados reportados por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), encargado de operar programas dirigidos para el desarrollo integral del sector rural mediante la producción de energía eléctrica de manera sustentable y medidas de eficiencia para unidades de producción.⁷

La capacidad total del SEN está constituida por un 71.2% por centrales eléctricas convencionales (tecnologías térmicas convencionales), con un incremento de 3,530 MW equivalente al 7.2% de aumento, con un total de 52,331 MW. El 99% del incremento se debe a la expansión de la capacidad de centrales eléctricas de ciclo combinado con 3,232 MW, registrando un crecimiento anual del 13.4%; mientras que las centrales de combustión interna presentaron un incremento anual del 22.5% con 267 MW.⁷

Respecto a la capacidad de centrales eléctricas con tecnologías limpias instaladas en el SEN, aumentó en 1,956 MW con una tasa de crecimiento anual del 10.2%, con un total de 21,179MW. El 71% del incremento se debe a la instalación de nuevas centrales eólicas con 930 MW, con un crecimiento anual del 33.2%; mientras que la cogeneración eficiente tuvo un crecimiento del 77.7% con 453 MW.⁷

La capacidad instalada de centrales eléctricas que utilizan como tecnología la bioenergía (incluye el uso de biomasa, bagazo de caña, biogás y licor negro),

representa el 4.09% del total de tecnologías limpias y el 1.2% del total del SEN, con una capacidad de 889 MW y una tasa de crecimiento anual del 17%.⁷

3.2.2.2 Transmisión y Distribución

La Red Nacional de Transmisión (RNT) está conformada por 53 regiones de transmisión a lo largo del territorio nacional; de las cuales 45 regiones están interconectadas entre sí a través de 63 enlaces. Las siete regiones restantes se encuentran en las regiones de Baja California Norte con 4 regiones interconectadas entre sí, y Baja California Sur con 3 regiones interconectadas y la Región de Mulugé aislada del resto. En el 2016, la RNT tuvo una capacidad de 74,208 MV en las 53 regiones, presentando un crecimiento del 3.9% respecto al año del 2015.⁷

La RNT es el sistema integrado por el conjunto de Redes Eléctricas que transportan energía eléctrica a la Red General de Distribución (RGD) y al público en general, así como las interconexiones con los sistemas eléctricos extranjeros determinados por la Secretaría de Energía (SENER). Las redes se integran con una tensión mayor a 69 KV.⁷

La RGD está encargada de transportar la energía eléctrica al público en general, cuyo suministro está a niveles menores o iguales a 35 KV y mayores a 1 KV; mientras que las redes de baja tensión cuentan con un suministro de niveles menores o iguales a 1 KV. Tiene una longitud total de 831,087 km, brindando servicio a 40.8 millones de usuarios gracias a subestaciones reductoras (reducen el nivel tensión de transmisión menores a 69 KV) con una capacidad total de

68,972 MVA, y transformadores de media a baja tensión con una capacidad total de 53,528 MVA.⁷

Las actividades de transmisión y distribución de energía eléctrica están reservadas al estado mexicano, con el fin de salvaguardar los intereses nacionales, definidos como áreas estratégicas para el desarrollo del SEN.⁷

Actualmente, México cuenta con 13 interconexiones transfronterizas. En la frontera norte se encuentran 11 interconexiones con los Estados Unidos de América, de las cuales 5 son interconexiones de emergencia, y las 6 restantes son interconexiones permanentes utilizadas para el intercambio bilateral de energía eléctrica. En la frontera sur se encuentran dos interconexiones instaladas con los países de Guatemala y Belice.⁷

3.2.2.2.1 Interconexiones con Estados Unidos de América

Interconexiones de emergencia⁷

1) Ribereña - Ascárate

Localización: Chihuahua – Texas

Operador: El Paso Electric (EPE) / WECC

Nivel de Tensión: 69 – 115 KV

Flujo de energía: 100 MW bilateral

2) ANAPRA – Diablo

Localización: Chihuahua – Texas

Operador: EPE / WECC

Nivel de Tensión: 69 – 115 KV

Flujo de energía: 100 MW bilateral

3) Ojinaga – Presidio

Localización: Chihuahua – Texas

Operador: Western Electricity Coordinating Council (WECC)

Nivel de Tensión: <69 KV

Flujo de energía: 6 MW bilateral

4) Matamoros – Brownsville

Localización: Tamaulipas – Texas

Operador: Electric Reliability Council of Texas (ERCOT)

Nivel de Tensión: 69 – 115 KV

Flujo de energía: 25 MW exportación; 24 MW importación

5) Matamoros – Military

Localización: Tamaulipas – Texas

Operador: ERCOT

Nivel de Tensión: 138 KV

Flujo de energía: 80 MW exportación; 176 MW importación

Interconexiones permanentes⁷

6) Tijuana – Miguel

Localización: Baja California – California

Operador: California Independent System Operator (CAISO)

Nivel de Tensión: 230 KV

Flujo de energía: 800 MW exportación; 408 MW importación

7) La Rosita – Imperial Valley

Localización: Baja California – California

Operador: CAISA

Nivel de Tensión: 230 KV

Flujo de energía: 800 MW exportación; 408 MW importación

8) Piedras Negras – Eagle Pass

Localización: Coahuila – Texas

Operador: ERCOT

Nivel de Tensión: 138 KV

Flujo de energía: 25 MW exportación; 36 MW importación

9) Nuevo Laredo – Laredo

Localización: Tamaulipas – Texas

Operador: ERCOT

Nivel de Tensión: 138 KV

Flujo de energía: 100 MW bilateral

10) Cumbres F. – Planta Frontera

Localización: Tamaulipas – Texas

Operador: ERCOT

Nivel de Tensión: 230 KV

Flujo de energía: 540 MW importación

11) Cumbres F. – Railroad

Localización: Tamaulipas – Texas

Operador: ERCOT

Nivel de Tensión: 138 KV

Flujo de energía: 150 MW bilateral

3.2.2.2.2 Interconexiones con Centroamérica

12) Xul Ha – WEST

Localización: Quintana Roo – Belice

Operador: Belize Electricity Limited (BEL)

Nivel de Tensión: 69 -115 KV

Flujo de energía: 100 MW exportación

13) Tapachula – Los Brillantes

Localización: Chiapas – Guatemala

Operador: Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica (ETCEE)

Nivel de Tensión: 400 KV

Flujo de energía: 240 MW exportación; 50 MW importación

En septiembre del 2016, se instauró la Comisión de Interconexión México – SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central), donde instituciones mexicanas y sus contrapartes centroamericanas trabajan permanentemente en temas de normatividad y regulación energética en el marco del Mecanismo de Tuxtla, con el objetivo del desarrollo óptimo y sustentable de los países del Istmo Centroamericano conformado por Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (sin la presencia de Belice, que no forma parte del SIEPAC), y México. El nuevo modelo del Mercado Eléctrico en México ha permitido que pueda participar dentro del SIEPAC y establecer su participación dentro del Mercado Eléctrico Regional (MER), abriendo las oportunidades de exportar e importar energía eléctrica con los países participantes con el fin de incrementar la competitividad y el desarrollo óptimo de los mismos.

Actualmente, la comisión de parte de México, a propuesta del CENACE, elaboró los términos de referencia para los servicios de consultoría sobre el “Estudio, Análisis y Definición de la Infraestructura de Transmisión para Interconectar el Sistema Eléctrico de México con el SIEPAC”, esperando la aceptación de ambas partes para su próximo inicio de operaciones.⁷

El SIEPAC consiste en una línea eléctrica de 230 KV, con un circuito de 300 MW y una longitud de 1,800 km. La línea eléctrica pertenece a la Empresa Propietaria de la Red (EPR), que tiene un carácter privado establecida como una sociedad anónima. Está integrada por 11 empresas de nueve países. Cada país centroamericano está representado por una empresa, además de 3 empresas extra-regionales con inversionistas de Italia, Colombia y la participación de la Comisión Federal de Electricidad de México. El SIEPAC ha sido impulsado principalmente por la inversión y consultoría del Banco Interamericano del Desarrollo (BID). El sistema ha permitido el desarrollo y crecimiento de los países participantes, con la expectativa de implementar una segunda línea eléctrica.¹⁵

La demanda eléctrica es el principal inductor para incrementar la oferta de generación eléctrica, además de los factores que la impulsan como el desarrollo económico, crecimiento demográfico, nuevos consumidores y participantes, incremento en la capacidad y tecnificación del sector en la región, junto con el incremento del PIB de cada país. La atención a la demanda será cubierta acorde al margen de reserva de los sistemas eléctricos involucrados, aprovechando al máximo las oportunidades que brinda el MER, garantizando la seguridad energética de la región, bajo un esquema de sustentabilidad. La proyección de

demanda utilizada en la elaboración de los estudios de planificación corresponde a la usada por los países para definir los planes de expansión nacionales para el horizonte 2014-2025. El crecimiento estimado de la demanda para el periodo 2017-2025 es de 23,100 GWh, con una tasa de crecimiento anual promedio de 4.5%.¹⁵

Cuadro 4. Proyección de Demanda para el periodo 2017 – 2025 de países pertenecientes al SIEPAC.¹⁵

Proyección de Demanda (GWh)								
Año	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá	Total MER	%TCA MER
2017	11,080	6,912	8,803	4,693	12,316	11,790	55,593	5%
2018	11,596	7,161	9,213	4,903	12,872	12,471	58,195	4.7%
2019	12,071	7,418	9,543	5,122	13,450	13,167	60,770	4.4%
2020	12,572	7,685	9,855	5,352	14,053	13,881	63,498	4.5%
2021	13,064	7,962	10,364	5,593	14,678	14,673	66,364	4.5%
2022	13,570	8,249	10,842	5,846	15,329	15,533	69,369	4.5%
2023	14,092	8,546	11,301	6,114	16,000	16,403	72,455	4.4%
2024	14,620	8,853	11,768	6,396	16,696	17,217	75,551	4.3%
2025	15,164	9,172	12,245	6,693	17,414	18,079	78,768	4.3%

3.2.2.3 Generación de energía eléctrica

Las centrales eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad generaron el 54.7% de la energía producida, los Productores Independientes de Electricidad (PIE) aportaron el 27.8%, y el 17.5% a cargo de particulares que produjeron bajo los esquemas de autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción,

exportación, usos propios continuos y generador, así como por Generación Distribuida (GD) y los sistemas rurales no interconectados reportados por FIRCO. Es decir, que el 82.5% de la energía eléctrica generada es ofertada directamente a los usuarios finales residenciales, industriales, servicio a pequeñas y medianas empresas de comercio.⁷

La generación de energía eléctrica en México se divide por las tecnologías utilizadas, ya sean convencionales o limpias. En el 2016, se generó un total de 319,364 GWh de electricidad, con el 3.2% de crecimiento equivalente a 9,811 GWh más que la registrada para el 2015 (309,553 GWh). El 79.7% de la energía proviene de tecnologías convencionales con un total de 254,496 GWh, la cual incrementó un 3.2% correspondiente a 7,895 GWh. Mientras que el 20.3% fue generado a partir de tecnologías limpias con 64,868 GWh, con un crecimiento del 3% respecto al 2015 equivalente a 1,916 GWh.⁷

3.2.2.3.1 Modalidades de generación

A partir de la implementación de la Reforma Energética, las centrales eléctricas y los representantes de las mismas, se operan bajo las siguientes modalidades para la generación de energía eléctrica:

- **Central Eléctrica Legada:** central eléctrica propiedad de CFE que no se incluye en un permiso para generar energía o se encuentra en condiciones de operación, o su construcción y entrega se incluye en el

Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) en la modalidad de inversión directa.

- **Central Externa Legada:** son centrales eléctricas con permiso para generar energía bajo la modalidad de producción independiente, o su construcción y operación se incluye en el PEF en la modalidad de inversión condicionada.
- **Generador (GEN):** son aquellas centrales eléctricas que generan más de 0.5 MW y que cuentan con un permiso otorgado por la CRE bajo el amparo de la Ley de la Industria Eléctrica, participan como representantes o comercializadores dentro del MEM o están autorizados para ventas de energía al extranjero.
- **Autoabastecimiento (AUT):** energía eléctrica utilizada para el autoabastecimiento para la satisfacción de las necesidades de dicha central o del conjunto de copropietarios o socios de la misma. No podrán entregar electricidad a terceras personas físicas o morales que no formen parte de la sociedad. Los excedentes de producción pueden ser dispuestos a CFE.
- **Cogeneración (COG):** es la producción de energía eléctrica mediante la utilización de vapor u otro tipo de energía térmica (o ambas) de manera secundaria obtenido durante el proceso de generación. Es indispensable que la energía generada se destine a establecimientos asociados a la cogeneración o sean copropietarios de las instalaciones. Los excedentes de producción pueden ser dispuestos a CFE.

- **Productor Independiente de Electricidad (PIE):** son generadores de centrales eléctricas con capacidad mayor a 30 MW, destinada exclusivamente a la Comisión Federal de Electricidad (obligada a adquirirla en los términos que se convengan), o la exportación. El permiso se otorga con un plazo de 30 años.
- **Pequeña producción (P.P.):** es la producción de energía eléctrica destinada a:
 - Venta de la totalidad de la energía generada a CFE no mayor a 30 MW
 - Autoabastecimiento para áreas rurales o aisladas que carezcan de servicio, no excediendo de 1 MW
 - Exportación de energía no mayor a 30 MW
- **Importación:** energía adquirida exclusivamente para el autoabastecimiento.
- **Exportación (EXP):** permisos para exportación de energía proveniente de proyectos de cogeneración, pequeña producción y producción independiente.
- **Usos propios continuos (U.P.C.):** autoabastecimiento para personas físicas o morales en condición de imposibilidad o inconveniencia del suministro del servicio por parte de la CFE. Estos generadores quedan obligados a contribuir, dentro de sus posibilidades, a brindar energía eléctrica al servicio público en causas de fuerza mayor donde el servicio

se encuentre interrumpido, únicamente durante el lapso que dure la restricción.

3.2.2.3.2 Tecnologías convencionales y generación de energía eléctrica

Dentro de las tecnologías convencionales se incluyen: la termoeléctrica convencional, carboeléctrica, ciclo combinado, combustión interna, lecho fluidizado y turbogás.

El grupo de tecnologías convencionales son aquellas que utilizan combustibles fósiles como su energético primario. Estas tecnologías contribuyen con el 19% del total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel nacional, con un equivalente a 127 mil millones de toneladas de CO₂. La generación eléctrica mediante tecnologías convencionales se ubica como la segunda actividad del país con mayor impacto al medio ambiente, según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, después de las fuentes móviles como lo son medios de transporte y maquinarias fijas con motores de combustión.⁷

Las centrales termoeléctricas convencionales tienen como principio de generación la transformación de agua en vapor gracias al combustible utilizado, siendo el carbón, los derivados del petróleo (diesel y combustóleo) y el gas natural los más comunes. Existen 3 centrales carboeléctricas instaladas en total, con una producción de 34,208 GWh en el 2016, contribuyendo al 11% de la generación

total nacional. El vapor obtenido de la combustión, se expande dentro de una turbina bajo ciertas condiciones de presión y temperatura para producir un movimiento mecánico y generar electricidad. En México existen 60 centrales termoeléctricas convencionales con una capacidad total de 12,594 MW que generaron 40,343 GWh en el 2016, equivalente al 13% de la generación total a nivel nacional.⁷

La generación de electricidad mediante centrales de combustión interna se caracteriza por tener los costos más altos de producción, además de sobrepasar el promedio del sector en tema de emisión de CO₂ por MWh producido (promedio del sector eléctrico por emisiones indirectas - 458 kg de CO₂/MWh) . Es por ello que esta tecnología es utilizada en casos de demanda punta y en regiones donde hay escases de recursos combustibles. Funciona de manera parecida a la térmica convencional, con la diferencia de una cámara de aire del motor donde es comprimido para aumentar su temperatura y reaccionar con el combustible empleado y provocar el proceso de combustión. Mediante esta tecnología se produjeron 3,140 GWh equivalente al 0.98% del total de electricidad generada en el año del 2016.⁷

La tecnología de lecho fluidizado permite el uso de diversos combustibles sólidos para la generación de electricidad, como lo el carbón, biomasa, lodos, residuos municipales o agrícolas o coque de petróleo. Esta tecnología es altamente eficiente y contribuye a reducir las emisiones de contaminantes debido a la limpieza del gas previo a la combustión. Existen solo 2 centrales instaladas en el

territorio nacional las cuales tienen una capacidad de 580 MW y generaron 3,826 GWh equivalentes al 1.2% del total.⁷

El proceso de las turbinas de gas (o turbogás) comienza cuando ingresa el aire atmosférico al compresor para brindar oxígeno a la cámara de combustión reaccionando con el combustible produciendo el movimiento de la turbina y generando electricidad, mientras que el resto del aire se utiliza para enfriar los gases del proceso. Es comúnmente utilizado por su arranque rápido para atender la demanda punto, aunque son menos eficientes que el resto de las tecnologías convencionales. Principalmente se utiliza el gas natural y diesel como combustible primario en su proceso. Actualmente operan 128 centrales bajo esta tecnología, produciendo 12,600 GWh equivalente al 3.94% del total nacional.⁷

Actualmente, existen 71 centrales eléctricas de ciclo combinado que generaron durante el 2016 160,378 GWh de energía, equivalente al 50% generado a nivel nacional. Esta tecnología trabaja de forma similar a las turbinas de gas antes mencionadas, con la diferencia del aprovechamiento de los gases de escape de la turbina concentrados en un caldera para generar vapor e impulsar una turbina similar a las centrales termoeléctricas convencionales.⁷

3.2.2.3.3 Tecnologías limpias y generación de energía eléctrica

Se considera energía limpia aquella producida por centrales cuya energía y procesos de generación producen emisiones de CO₂ menos a 100 kg/MWh generado, en tanto no se expidan las disposiciones que determinen los umbrales máximos de emisiones o residuos aplicables de acuerdo a la Ley de Transición Energética en conjunto con la LIE. México cuenta con una gran diversidad geográfica y climática a lo largo de su territorio, permitiendo que existan diferentes tecnologías para la generación de energías limpias con el aprovechamiento del viento, yacimientos geotérmicos, radiación solar, energía nuclear, océanos, mares, ríos, bioenergéticos, el metano y otros gases asociados a residuos sólidos u orgánicos, en conjunto con la energía generada por centrales de cogeneración eficiente.⁷

Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua al fluir a través de una turbina hidráulica produciendo energía mecánica que acoplada a un generador se obtiene energía eléctrica. Estas centrales varían en diseño y tamaño ya que necesitan acoplarse a las condiciones topográficas y geológicas de donde se obtiene el recurso. Aunque los costos de operación de esta tecnología suelen ser bajos, la inversión es alta debido a la complejidad de la construcción requerida y que los centros de carga se ubican lejos del generador, demandando largas extensiones de líneas de transmisión. Las centrales hidroeléctricas se dividen en dos categorías, donde las Centrales Hidroeléctricas menores se caracterizan en la producción de energía eléctrica en periodos cortos al regular los caudales

turbinados de forma horaria, diaria o semanal, con el objetivo de minimizar la posibilidad de derrames; mientras que las Grandes Centrales Hidroeléctricas evalúan anualmente o multianual la capacidad hidráulica almacenada para maximizar la generación y permitir el desarrollo de actividades de otros sectores como el agrícola. En el año 2016, la generación por medio de esta tecnología, represento el 10% de la energía producida a nivel nacional con un total de 30,909 GWh y una capacidad instalada de 12,589 MW, equivalente al 17% del SEN con 84 centrales hidroeléctricas en operación.⁷

La tecnología nucleoelectrica funciona por la fisión de los elementos uranio o plutonio, mediante un bombardeo de neutrones con el fin de dividir el núcleo, provocando que las partículas subatómicas resultantes induzcan una reacción en cadena generando energía. La energía es aprovechada por un refrigerante (agua o sodio líquido), que al absorber el calor dentro del reactor y produce vapor de agua en un sistema secundario impulsando las turbinas generando energía eléctrica. Esta tecnología se considera como limpia por la ausencia de combustión, emitiendo en promedio 65 kg de CO₂/MWh, considerando las emisiones indirectas del proceso, como la construcción, transporte de combustible, fabricación del equipo, etc. En México, existe una central nucleoelectrica ubicada en el estado de Veracruz, cuya capacidad es de 1,608 MW, y que en el 2016, su generación representó el 3% a nivel nacional equivalente a 10,567 GWh.⁷

La tecnología eólica ha tenido un rápido desarrollo tecnológico permitiendo la disminución de costos para su empleo y la capacidad de los aerogeneradores para producir hasta 10 MW por unidad (aplicación “offshore” o marina). Esta tecnología

trabaja mediante el aprovechamiento de la energía cinética del viento que impulsa a los aerogeneradores a una velocidad de 3 – 4 m/s, alcanzando su producción máxima a una velocidad de 13 – 14 m/s, generando energía mecánica produciendo energía eléctrica. A nivel nacional, se generó el 3% de electricidad durante el 2016, con un total de 10,463 GWh de energía, con una capacidad instalada de 3,735 MW en 41 centrales eólicas.⁷

La entrada en vigor de la Ley de Energía Geotérmica ha permitido el desarrollo y aprovechamiento de los recursos geotérmicos a través de la exploración y explotación de yacimientos geotérmicos, posicionando a México dentro de los primeros 5 países con mayor capacidad instalada a nivel mundial. Trabaja por el aprovechamiento del vapor obtenido del subsuelo, empleando el mismo principio que una central convencional, utilizando el vapor obtenido (previamente tratado por un separador de humedad), para transformar la energía mecánica transmitida al generador y producir electricidad. Normalmente es utilizada para la generación de carga base al no verse afectada por cambios climatológicos o estacionales, a diferencia de otras energías renovables intermitentes. México cuenta con 8 centrales geotermoeléctricas con una capacidad de 909 MW, y cuya generación representó el 1.9% de la electricidad del país, equivalente a 6,148 GWh en el 2016.⁷

La tecnología de una planta solar consiste en el aprovechamiento de la energía proveniente del sol. Puede aprovecharse la luz solar mediante un dispositivo semiconductor, como las celdas fotovoltaicas, que utilizan los fotones provenientes de los rayos solares para generar energía eléctrica de manera continua y en una

dirección específica, mediante el intercambio de electrones a los materiales utilizados en las celdas, como es sílice, fósforo y oro. Por otro lado, los proyectos termosolares pueden aprovechar la energía solar concentrando la luz en un receptor para calentar agua u otros fluidos y obtener vapor, que será utilizado para impulsar un generador y producir electricidad. México cuenta con 17 centrales fotovoltaicas en operación con una capacidad de 145 MW, y contribuyó a la generación de 160 GWh durante el 2016. Actualmente, se encuentra en construcción el primer proyecto termosolar en Sonora, la cual tendrá una capacidad de 14 MW, que entrará en operación durante el 2017.⁷

La cogeneración eficiente se define como la generación de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica o combustible secundaria no aprovechada en el proceso. Esto conlleva a un ahorro de combustible y mayor eficiencia al reducir pérdidas de transporte de electricidad por el aprovechamiento simultáneo de energía. Así mismo, para poderse considerar como energía limpia, debe cumplir con la regulación expedida por la CRE con base en la Ley de la Transición Energética, que estipula bajo estándares internacionales que la tasa de emisiones de carbono no debe ser mayor a 100 kg/MWh producido. Actualmente, existen 22 centrales eléctricas acreditadas por la CRE, las cuales representan el 1.4% de la capacidad instalada con 1,036 MW, y generaron un total de 5,053 GWh durante el periodo del 2016, representando el 1.6% a nivel nacional. La producción de energía eléctrica mediante esta tecnología es predecible y garantizada, con ventaja sobre otras tecnologías limpias, con capacidad de cubrir demanda pico.⁷

Los frenos regenerativos son una tecnología que concentra el aprovechamiento de la energía cinética en energía eléctrica al reconectar los motores eléctricos de tracción como generadores. Sólo existe un permisionario en México, el Ferrocarril Suburbano que conecta la Ciudad de México con el Estado de México, cuya central está compuesta por 10 trenes de composición doble, equipados con frenos regenerativos que operan simultáneamente con una capacidad de generación de 0.6608 MW cada uno, con un total de 4 GWh producidos en los periodos 2015 y 2016, respectivamente.⁷

La bioenergía es aquella derivada de la conversión de la biomasa, definida como el compuesto orgánico resultado de las actividades agrícola, pecuaria, silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, residencial, comercial, industrial, de microorganismos y enzimas; la cual puede ser utilizada directamente como combustible o transformada en líquidos y gases (biogás), aprovechada para la generación de energía eléctrica a través de un método convencional o de cogeneración eficiente. México cuenta con 75 plantas generadoras bajo esta tecnología, principalmente por el aprovechamiento de los residuos de los ingenios azucareros y el procesamiento de residuos sólidos urbanos. Representa el 1.2% de la capacidad instalada con 889 MW, y que en el 2016, tuvo una producción total de 1,471 GWh equivalente al 0.46% nacional.⁷

De acuerdo a la consultora PWC identificó que la bioenergía en México tiene un Potencial Disponible de 1,500 MW, considerando rellenos sanitarios municipales, residuos agrícolas y ganaderos, y la biomasa forestal.¹⁶

Se estima que en la industria de producción de leche en bovinos (especializada y semiespecializada), cuenta con el 20% de la población animal nacional aproximadamente. En términos de biomasa lo anterior representa 625,241.4 sólidos volátiles al año incluidos en el estiércol y susceptibles a transformación biológica para la producción de biogás de 150,060,575.9 m³ CH₄ al año; obtenidos a partir de la digestión anaerobia de la biomasa residual con capacidad de generar 5,722.52 TJ/a. Hidalgo cuenta con un potencial energético de la biomasa residual pecuaria a nivel estatal de 103,846 TJ/a¹⁷, y que con su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica, representará beneficios económicos para el estado con un crecimiento social mediante la generación de empleos disminuyendo las emisiones de GEI en las metas propias y nacionales.

3.2.2.4 Oferta Nacional de Energía Eléctrica

La generación de energía eléctrica ofertada dependerá del esquema en el que se encuentre legislada la central eléctrica referida. Hasta el 2016 (Cuadro 5), se registraron un total de 766 centrales eléctricas con permiso para generar electricidad, de las cuales 517 funcionan bajo el uso de tecnologías convencionales y las 249 restantes utilizan tecnologías limpias para la generación.⁷

Cuadro 5. Centrales Eléctricas por tecnología y esquema de generación en el año 2016.⁷

Tecnología	AUT	COG	GEN - CFE	CFE	EXP	PIE	P.P.	GEN	U.P.C.
Convencional									
Ciclo Combinado	16	6	18		4	24		3	
Termoeléctrica Convencional	10	19	20						11
Carboeléctrica			3						
Turbogás	40	28	54	2				4	
Comb. Interna	216	11	7	3	1			13	2
Lecho fluidizado	2								
Limpia									
Hidroeléctrica	19		60				1	5	
Eólica	29		3		1	6	2		
Geotérmica	1		7						
Solar	8		2				6	1	
Bioenergía	35	14	-				1	4	21
Nucleoeléctrica			1						
Cogeneración Eficiente		22							
Total	376	100	175	5	6	30	10	30	34

Se ofertaron un total de 1,262 GWh durante el año 2016 bajo el esquema de generador (Cuadro 6), donde los participantes pueden vender la electricidad producida en el MEM para los diferentes centros de carga participantes. Existen registrados, hasta mayo del 2017, 388 permisos para la generación de electricidad bajo el esquema de generador, con una capacidad autorizada de 63,614.98 MW.¹⁶

Los demás esquemas para la generación ofertan directamente a CFE la energía producida, ya sea como Productores Independientes o Pequeñas Producciones.

Cuadro 6. Centrales Eléctricas y Generación por modalidad en el año 2016⁷

Modalidad	No. Centrales	Generación total (GWh)	Participación (%)
Autoabastecimiento	376	29,650	9.3
Cogeneración	100	17,489	5.5
Generación – CFE	175	174,228	54.6
CFE	5	490	0.2
Exportación	6	6,312	2
Producción Independiente	30	88,675	27.8
Pequeña Producción	10	115	0
Generador	30	1,262	0.4
Usos Propios Continuos	34	1,049	0.3
FIRCO y Generación Directa	-	93	0
Total	766	319,364	100

Las centrales eléctricas bajo los esquemas de autoabastecimiento y cogeneración, tienen la versatilidad de poner a disposición de CFE los excesos de producción que obtengan en la generación de electricidad. La legislación de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica en su Artículo 36 – Bis, establece los criterios para la adquisición de los excedentes de producción con base en la planeación del SEN y las necesidades determinadas por CFE y la Secretaría de Energía en materia de crecimiento y sustitución de la capacidad de generación del sistema.⁷

3.2.2.5 Consumo y Demanda de Energía Eléctrica

3.2.2.5.1 Consumo

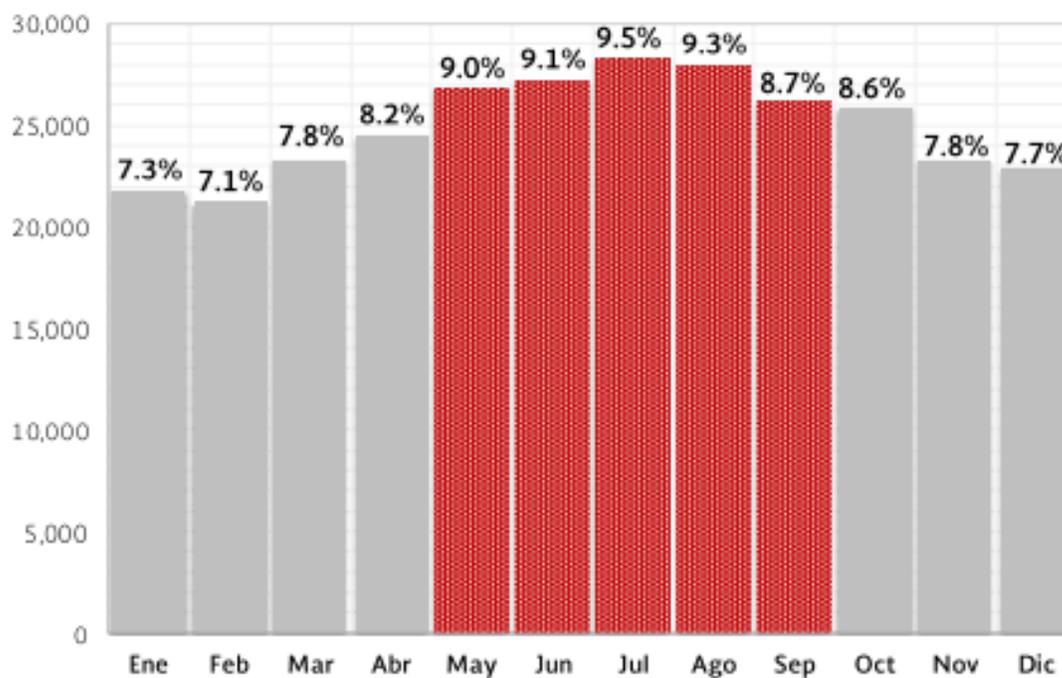
El consumo bruto se integra por las ventas de energía eléctrica a través del suministro básico, suministro calificado, suministro de último recurso, autoabastecimiento remoto, importación, pérdidas de electricidad, los usos propios de los transportistas, distribuidores y generadores. Durante el 2016, se registró un consumo bruto de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional de 298,792 GWh, 3.7% mayor que el registrado el año anterior.⁷

Durante los meses de mayo a septiembre se concentra el 46% del consumo (Figura 2), mientras que el resto de los meses registran el 54% faltante. La región con el mayor crecimiento en su consumo bruto de energía eléctrica, durante el año 2016, fue la región Central. Registró un consumo bruto total de 59,103 GWh, con una diferencia de 5,454 GWh más que el registrado en el año 2015, equivalente a una TCA del 10.2%. Mientras que la región Occidental tiene el mayor consumo nacional con un total de 63,407 GWh, equivalente al 21% a nivel nacional, aún cuando registró una TCA negativa (Cuadro 7).⁷

Cuadro 7. Consumo de Electricidad (GWh) por Región de Control en los años 2015 y 2016.⁷

Región de Control	Consumo 2015	Consumo 2016	Distribución	TCA (%)
Central	53,649	59,103	20%	10.2%
Oriental	46,587	47,642	16%	2.3%
Occidental	65,220	63,407	21%	-2.8%
Noroeste	21,642	23,389	8%	8.1%
Norte	23,734	24,698	8%	4.1%
Noreste	50,114	52,297	18%	4.4%
Peninsular	11,610	12,129	4.6%	4.5%
SIN	272,557	289,662	95%	3.7%
Baja California	13,122	13,438	4%	2.4%
B.C.S.	2,400	2,541	0.9%	5.9%
Mulegé	146	151	0.1%	3.4%
SEN	288,225	298,792	100%	3.7%

Figura 2. Gráfico de Consumo Bruto Mensual del SEN 2016 (GWh).⁷



3.2.2.5.2 Demanda

La Demanda Máxima Bruta registrada durante el año 2016 fue de 43,448 MW/h del SEN, obtenido del registro de la Demanda Máxima Coincidente (DMC). La DMC es la demanda máxima registrada en un mes a partir de un conjunto de sistemas en combinación, calculada como si fueran un sistema único (con la característica de que algunos valores máximos regionales que no coincidan). La DMC se registró en el mes de julio, registrando un total del SEN de 43,448 MW/h. Esta demanda se concentra principalmente durante los meses de mayo a septiembre, donde las condiciones climatológicas (altas temperaturas registradas en verano, principalmente en las regiones Norte y Occidental) y el incremento en la carga agrícola son los principales factores causantes de la misma. A diferencia de las nueve regiones de control, la región Central presenta su máxima demanda durante la temporada invernal en época de fiestas decembrinas, esto debido al uso de sistemas de iluminación decorativos en zonas residenciales y comerciales.

En el Cuadro 8 podemos observar la Demanda Máxima Bruta en las diferentes regiones del SEN, donde es importante resaltar la alta demanda en las regiones Occidente, Oriente, Central y Noreste; que debido a las variaciones estacionales y crecimiento demográfico, representan un potencial importante para la venta de electricidad para usuarios calificados y Suministradores de Servicio.

Cuadro 8. Demanda Máxima Bruta por Región de Control en el año 2016.⁷

Región de Control	Demanda Máxima Bruta 2016 (MWh)
Central	8,567
Oriental	7,128
Occidental	9,351
Noroeste	4,350
Norte	4,258
Noreste	8,710
Peninsular	1,893
SIN	40,893
Baja California	2,621
Baja California Sur	442
Mulegé	28
SEN	43,448

3.2.2.5.3 Pronóstico de consumo y demanda

El pronóstico inicia con el balance energético del año anterior para las regiones de control y el sistema, analizando el consumo final, usos propios, pérdidas totales de electricidad, intercambios internacionales y consumo bruto. Posteriormente, se realiza un estudio regional del consumo final, equivalente a las ventas totales y el autoabastecimiento remoto, y se analiza la evolución de cada región, para brindar el pronóstico regional en consumo final de energía eléctrica por sector. Después, se analiza el escenario de crecimiento macroeconómico más probable que incluye factores como elementos determinantes para la elaboración de los pronósticos de demanda y consumo de energía eléctrica:

- a) Crecimiento económico
- b) Crecimiento poblacional
- c) Estacionalidad o factores climatológicos
- d) Precios de la electricidad
- e) Precio de combustibles
- f) Pérdidas de energía eléctrica
- g) Eficiencia energética
- h) Estructura de consumo final eléctrico

Este último inciso, se segmenta dependiendo del suministro de energía, ya sea un suministro básico, calificado, de último recurso o autoabastecimiento remoto. Estos suministros se segregan dependiendo de su consumidor final, ya sea residencial, comercial, servicios, empresa mediana, gran industria y agrícola.

En los Cuadros 9 y 10, podemos observar que las regiones con mayor demanda y consumo, Central, Occidente, Oriente y Noreste, tendrán así mismo, un crecimiento promedio elevado confirmando su potencial para la compraventa de electricidad para nuevos proyectos generadores.

Cuadro 9. Crecimiento Medio Anual de Consumo Regional 2017-2031 en Escenario de Planeación.⁷

Regiones de Control	CMA de Consumo Regional
Central	2.1%
Oriental	2.7%
Occidental	3.2%
Noroeste	3.2%
Norte	2.9%
Noreste	3.1%
Peninsular	3.8%
SIN	2.9%
Baja California	2.8%
Baja California Sur	3.8%
Mulegé	4%
SEN	2.9%

Cuadro 10. Crecimiento Medio Anual de Demanda Máxima Integrada 2017-2031 en Escenario de Planeación.⁷

Región de Control	CMA de Demanda Máxima Regional
Central	2%
Oriental	2.8%
Occidental	3.3%
Noroeste	3.3%
Norte	3%
Noreste	3.1%
Peninsular	3.8%
SIN	3%
Baja California	2.8%
Baja California Sur	3.9%
Mulegé	3.7%

3.3 Análisis de la competencia

3.3.1 Competencia directa

En México, hasta el año 2016, se encuentran en operación 766 centrales eléctricas, de las cuales 517 utilizan tecnologías convencionales para la generación, mientras que las restantes 249 generan electricidad a partir de tecnologías limpias. Sin embargo, sólo se encuentran 30 centrales bajo el esquema de Generador, es decir, con permiso para la compraventa de electricidad a través del MEM o realizar contratos bilaterales con Usuarios Calificados y Suministradores de Servicio. Estas centrales eléctricas generaron un total de 1,262 GWh durante el año 2016, con una participación del 0.4% de la generación nacional. Existen 10 centrales eléctricas bajo el esquema de Generador que utilizan tecnologías limpias, 5 centrales hidroeléctricas, 4 de bioenergía y 1 central fotovoltaica presentadas en el Cuadro 11.⁷

Cuadro 11. Centrales Eléctricas Generadoras a partir de Tecnologías Limpias en el año 2016.⁷

Nombre	Tecnología	Estado	Cap. Instalada
Energreen Energía PI S.A. de C.V.	Bioenergía	MEX	1 MW
Ingenio Lázaro Cárdenas S.A. de C.V.	Bioenergía	MICH	6 MW
Ingenio San Francisco Ameca S.A. de C.V.	Bioenergía	JAL	8 MW
Renova Atlatec S.A. de C.V.	Bioenergía	JAL	11 MW
Generadora Fénix S.A. de C.V., "Alameda"	Hidroeléctrica	MEX	7 MW
Generadora Fénix S.A. de C.V., "Lerma"	Hidroeléctrica	MICH	57 MW
Generadora Fénix S.A. de C.V., "Necaxa"	Hidroeléctrica	PUE	109 MW
Generadora Fénix S.A. de C.V., "Patla"	Hidroeléctrica	PUE	45 MW
Generadora Fénix S.A. de C.V., "Tepexic"	Hidroeléctrica	PUE	45 MW
Productora Yoreme S. de P.R. de R.L.	Fotovoltaica	SON	1 MW

Como antes se había mencionado, la generación de electricidad a partir de tecnologías limpias normalmente presenta costos de producción de menor costo en comparación a las tecnologías convencionales, ofreciendo energía a menor costo para participantes del MEM. Además, la generación de electricidad limpia permite cumplir con las metas nacionales de transición energética y la adquisición obligatoria de CEL con el porcentaje correspondiente al consumo de centros de carga para el año en curso. Dentro de su participación en el MEM, los generadores de energía limpia tienen la ventaja de ser despachados por CFE en primera instancia debido a sus bajos costos de producción y la tecnología empleada. Es por ello, que un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de biocombustible (biogás), tendrá los beneficios que tienen las centrales

eléctricas de uso de tecnología limpia con bajos costos de producción y ventaja para el despacho de energía en el MEM; así como la creciente demanda de energía limpia para cumplir con los compromisos del país y del sector energético en materia de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

3.3.2 Competencia Potencial

La apertura del MEM ha abierto una gama amplia de competencia para los generadores de energía, propiciando la inversión privada en el sector. Así mismo, las autoridades competentes aseguran la entrada de nuevos participantes al mercado eléctrico, siempre que cumplan con los requisitos de interconexión para centrales eléctricas y centros de carga.

Cabe mencionar que la integración del SEN completo y las interconexiones transfronterizas, en conjunto con la creciente demanda en las regiones de alto consumo, abrirán a futuro mayores y mejores oportunidades para las centrales eléctricas generadoras.

Todos estos factores han propiciado un total de 520 nuevos proyectos probados, y 1,104 proyectos probables de generación a partir de tecnologías limpias¹⁸ (se desconocen los esquemas de producción de los proyectos antes mencionados), lo que representa una amenaza a futuro para cualquier proyecto de generación de energía limpia.

Acerca de la generación de electricidad a partir del aprovechamiento de la biomasa, hay un total de 34 proyectos probados con una capacidad instalable de 522,084 MW y un potencial de generación de 3,326.438 GWh anuales; en los que cabe destacar 11 proyectos bajo el esquema de Generador con 3 centrales eléctricas con otorgamiento de CEL.¹⁸

3.4 Análisis de mercado

3.4.1 Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A

El Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A. (C.A.I.T.S.A), se encuentra localizado en Poniente 2, Ciudad Industrial, CP 43800, en el municipio de Tizayuca, Hidalgo. También conocida como la Cuenca lechera de Tizayuca, cuenta con una extensión de 220 hectáreas distribuidas entre establos, áreas de recría e infraestructuras con diferentes propósitos.

En virtud al crecimiento demográfico en los años de 1940 y 1980 en el país, principalmente en el área Metropolitana (ahora Ciudad de México), las zonas rurales dedicadas a la agricultura y ganadería se vieron inmersas en la mancha urbana creciente. En el año de 1960, la Secretaría de Salubridad y Asistencia Pública del Distrito Federal reporta un incremento de personas infectadas con enfermedades, tales como brucelosis, leptospirosis, y tuberculosis, relacionado a la presencia de unidades de producción ganadera dentro de la zona urbana.

Durante el gobierno de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976), se inicia la descentralización de las cuencas lecheras hacia zonas aledañas.¹⁹

En el año de 1975 comienza la construcción del Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A. con una extensión de 126 establos con capacidad para 25,000 vacas y un área de recría para albergar a 12,000 animales; así mismo, formarían parte de la infraestructura una planta pasteurizadora, una planta de alimento concentrado, una procesadora de estiércol, una unidad habitacional con una central de servicios médicos veterinarios.¹⁹

Con base en información proporcionada por la Asociación Ganadera de Tizayuca, hay aproximadamente 18,000 cabezas de ganado, estimando una producción diaria de 944 toneladas de estiércol fresco, considerando que existen aproximadamente 13,000 bovinos adultos y una vaca lechera en lactancia con una producción promedio de 30 kg de leche al día produce alrededor de 68 kg de estiércol fresco al día; así como 5,000 becerras que producen un promedio de 12 kg de estiércol al día.⁴ Se estima que a partir de la materia seca del estiércol se puede generar un total de 26.651 MWh.

La creciente población en la región urbana del municipio de Tizayuca, impulsa al desarrollo de tecnologías sustentables para satisfacer las necesidades y garantizar una mejor calidad de vida. El gobierno del estado de Hidalgo actualmente cuenta con programas para el Fomento a las Inversiones brindando atención personalizada a potenciales inversionistas con asesorías de temas de alta especialización para la construcción de subestaciones eléctricas, realización

de estudios de impacto ambiental, entre otros, además de evaluar los beneficios para el desarrollo económico y creación de empleos.²⁰

Por su estrecha relación con el área Metropolitana, el municipio de Tizayuca goza de una localización estratégica para el desarrollo industrial, contando con diferentes vías y carreteras que facilitan el acceso a la región. Esto ha permitido la construcción de diferentes parques industriales nacionales e internacionales. Estos proyectos impulsan al desarrollo industrial y económico de la región, brindando la creación de nuevos empleos y edificaciones con beneficios a la población del estado de Hidalgo. La implementación de nuevas tecnologías por parte de la inversión privada en conjunto con el gobierno del estado, permite que exista un desarrollo en materia social, garantizando más y mejores servicios, oportunidades de empleo y disminución de la contaminación del ambiente, otorgando una oportunidad para mejorar la calidad de vida de la población.¹

3.4.2 Definición del mercado

La electricidad representa un energético clave para el desarrollo económico y social del país, siendo el segundo energético más utilizado. Es por ello, que el desarrollo tecnológico y la implementación de métodos para incrementar la eficiencia de su generación sustentable es imprescindible para impulsar el desarrollo económico y social de México, así como la protección del ambiente en su proceso. La transición energética hacia tecnologías limpias incrementa la demanda para el cumplimiento de porcentajes obligatorios de adquisición en centros de carga y suministradores de servicio, así como la demanda presente por

sus precios bajos respecto a las tecnologías convencionales. Así mismo, la región en donde se llevará a cabo el proyecto “Energía-XP”, la región Central, presenta un pronóstico favorable en el crecimiento promedio de su demanda, siendo por lo tanto, una región potencial para centrales eléctricas bajo el esquema de generador en el MEM.

3.4.3 Tamaño del mercado

A partir de la apertura a la inversión privada en el sector energético, se ha impulsado a la posibilidad de generar electricidad con tecnologías vanguardistas enfocadas a la reducción de contaminantes para alcanzar una producción sustentable. Es por ello que la Reforma Energética, en conjunto con las autoridades competentes, garantizan el libre acceso no indebidamente discriminatorio a todos los proyectos de generación en sus diferentes esquemas, con el objetivo de incrementar la competitividad y la variedad de tecnologías empleadas para la generación de electricidad.

El Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca S.A., localizado en el estado de Hidalgo, concentra una importante población de ganado bovino productor de leche, por lo que representa un lugar estratégico para la implementación de proyectos de sustentabilidad. Cuenta con aproximadamente 18,000 cabezas de ganado y una generación aproximada de 944 toneladas de estiércol, donde el manejo de residuos del ganado es inadecuado. Se calcula que a nivel nacional existen 181 fuentes de unidades de producción de bovinos lecheros con

producciones especializadas y semi-especializadas con potencial de aprovechamiento de la biomasa residual de un aproximado de 625,241.4 ton de sólidos volátiles al año, susceptibles a transformación biológica para la producción de biogás a partir de la digestión anaerobia y transformada en 150,060,575.9 m³ de metano al año. Así mismo, cabe mencionar que el estado de Hidalgo cuenta con un potencial energético de la biomasa residual pecuaria de 103,846 TJ/a, con un potencial para la generación de electricidad de 671 GWh/a por el aprovechamiento de biomasa.¹⁷

3.4.4 Necesidades del mercado

La creciente demanda de electricidad a nivel nacional en conjunto con el crecimiento demográfico, permiten la entrada de proyectos de generación sustentable por medio de implementación de tecnologías limpias. El desabasto de electricidad presenta una oportunidad para la inversión privada en proyectos de generación limpia en un mercado competitivo, donde goza de ventajas sobre las tecnologías convencionales en materia de costos de producción bajos y certificados de energía limpia con valor monetario. Así mismo, contribuye a la transición energética para la disminución de contaminantes en la generación de electricidad e impulso a la producción pecuaria sustentable.

3.4.5 Segmento blanco del mercado

Los Usuarios Calificados con centros de carga registrados son el principal sector potencial para la venta de energía eléctrica limpia a partir del aprovechamiento de la biomasa proveniente de residuos pecuarios donde se asegura una producción continua a bajo costo que contribuye a su vez con el cumplimiento del porcentaje obligatorio de adquisición de energía limpia establecido por las autoridades correspondientes.

La Comisión Federal de Electricidad, en su papel de SSB, tiene la obligación de proveer de electricidad a los diferentes sectores de México. Su actual producción no cubre la demanda que, en conjunto con el porcentaje obligatorio de adquisición, lo convierte en un usuario potencial de energía limpia. La central eléctrica generadora tiene la opción de producir bajo el esquema de Productor Independiente de Electricidad, donde la electricidad generada es exclusiva para usos de la CFE; sin embargo, también existe la posibilidad de entrar a subastas de largo o mediano plazo, bajo el esquema de generador, y establecer un contrato fijo de acuerdo a los intereses de ambas partes.

3.4.6 Tamaño del segmento blanco del mercado

Hasta el mes de abril del año 2017, se cuenta con el registro de 68 Usuarios Calificados con centros de carga ante la CRE, que actúan como clientes potenciales para la realización de contratos de compraventa de energía eléctrica

limpia debido a los porcentajes obligatorios de adquisición. Así mismo, la CFE, en conjunto con los PIE, no son capaces de cubrir la demanda máxima integrada e instantánea registrada en meses de alto consumo nacional, por lo que representan una oportunidad para la venta de energía limpia por medio de subastas de mediano y largo plazo.

3.5 Estudio de Mercadotecnia

3.5.1 Producto

Las energías renovables han tomado un mejor posicionamiento en el mercado energético en medida que la tecnología sigue avanzando haciéndolas más eficientes y, por consiguiente, más rentables económicamente. El inminente cambio climático ha promovido que los países tomen un camino sustentable en materia energética, beneficiando e impulsando la economía nacional y el desarrollo social con el cuidado al ambiente. Todos estos factores posicionan a las energías renovables como el futuro energético ideal para permitir que las siguientes generaciones cuenten con mejores recursos para su desarrollo y crecimiento. Es por ello, que la generación de energía eléctrica a partir del uso del biogás obtenido a partir del aprovechamiento de la biomasa de bovinos productores de leche, brinda una oportunidad para la correcta disposición de las excretas de los animales y una gama más amplia para la producción de energías renovables.

Al disponer los residuos orgánicos o biomasa en un reactor anaerobio, se obtiene biogás, conformado principalmente por metano. Mediante la obtención del biogás, este puede ser utilizado como biocombustible para la generación de energía eléctrica limpia. Con la generación de electricidad limpia, la central eléctrica puede obtener CEL y otros productos asociados con valor monetario, como es la Potencia antes descrita. Estos productos asociados se comercializan en mercados separados dentro del MEM, que podrán ser dispuestos para su venta a usuarios calificados y Suministradores de Servicio, ya sea mediante contratos de largo o mediano plazo, o en los mercados de corto plazo.

3.5.2 Precio

El precio de la energía eléctrica ofertada en los diferentes tipos de mercados del MEM son establecidos según lo estipulado en la LIE, donde se define el Precio Marginal Local (PML) como el precio de la energía eléctrica en un nodo determinado del SEN para un periodo definido, calculando la conformidad con las Reglas del Mercado aplicable a las transacciones de energía eléctrica realizadas en el MEM.²¹

El CENACE recibe las ofertas de compra y venta de energía eléctrica junto con los Productos Asociados dentro del MEM, que reflejan los componentes de energía, congestión y pérdidas. Una vez recibidas las ofertas de compra y venta, el CENACE lleva a cabo un despacho de las Unidades de Centrales Eléctricas para cada uno de los mercados. El resultado de este despacho, obtiene el PML de la

energía de cada NodoP y NodoP Distribuido (zonas de carga) del SEN, en los diferentes Sistemas (SIN, Baja California y Baja California Sur).²¹

El NodoP o nodo de fijación de precios, corresponde a uno o varios nodos de conectividad de la red, donde se modela la inyección (generación) o retiro físico de la energía y para el cual un PML se determinan para las liquidaciones financieras del MEM.⁸

Actualmente, se tiene registro de 2,411 nodos distribuidos en todo México, y 28 dentro del estado de Hidalgo. Existe un NodoP en la localidad de Tizayuca, cuyas características serán descritas a continuación en el Cuadro 12.²²

Cuadro 12. Nodo de Fijación de Precios en la localidad de Tizayuca, Hidalgo. ²²

Sistema	Sistema Interconectado Nacional
Centro de Control Regional	Central
Zona de Carga	Centro Oriente
Clave	01 TIZ-230
Nombre	Tizayuca
Nivel de Tensión	230 kV
Tipo de Carga	Directamente e Indirectamente Modelada
Tipo de Generación	No aplica / Indirectamente Modelada
Zona de Operación de Transmisión	Pachuca
Gerencia Regional de Transmisión	Central
Zona de Distribución	Pachuca
Gerencia Divisional de Distribución	Centro Oriente
Estado	Hidalgo
Localidad	Tizayuca
Región de Trans	Central

A continuación (Cuadro 13), se presentan los PML en el Mercado de Tiempo Real calculados por el CENACE. El cuadro indica el PML registrado en el nodo antes mencionado (01 TIZ-230) durante el periodo del 19 al 25 de Octubre del 2017, con el objetivo de identificar el PML promedio registrado junto con la hora que se registró el menor precio durante el día.²¹

Cuadro 13. Precios Marginales Locales en el MTR en el NodoP 01

TIZ-230 ²¹

Fecha	Día	Precio prom (\$/MWh)	Hora mín	Precio (\$/MWh)	Hora máx	Precio (\$/MWh)
19/10/17	Jueves	\$1,213.74	5 hrs	\$866.33	19 hrs	\$1,504.35
20/10/17	Viernes	\$1,212.13	2 hrs	\$954.34	19 hrs	\$1,387.64
21/10/17	Sábado	\$1,193.98	5 hrs	\$954.97	21 hrs	\$1,435.27
22/10/17	Domingo	\$902.25	16 hrs	\$817.29	21 hrs	\$1,200.78
23/10/17	Lunes	\$1,165.07	4 hrs	\$736.59	21 hrs	\$1,442.26
24/10/17	Martes	\$1,122.26	5 hrs	\$928.71	21 hrs	\$1,328.00
25/10/17	Miércoles	\$1,136.77	5 hrs	\$876.65	16 hrs	\$1,422.21

El precio es establecido todos los días en los diferentes mercados por el CENACE a través de los registros enviados por generadores y usuarios calificados. Los proyectos que utilizan tecnologías limpias tienen la ventaja de contar con un costo de producción más bajo que centrales que trabajan con combustibles fósiles, los cuales incrementan el precio de oferta para el mercado en general; además de contar con la ventaja de ser despachadas primero por la CFE.

En el cuadro anterior, podemos observar el precio promedio registrado durante los diferentes días de la semana, con un comportamiento similar, así como la hora del día donde el precio es menor en comparación con el precio máximo registrado durante el día.

3.5.3 Distribución

El estado del Hidalgo cuenta con una extensión de 1,350 km de longitud de líneas de transmisión de entre 230 y 400 kV. Mientras que la Región Control a la que pertenece el estado, la zona Central, cuenta con una capacidad de 11,400 MW registrados durante el 2016, con una tasa de crecimiento anual del 2.7%.⁷

3.6 Conclusión del Estudio de Mercado

Realizado el análisis de la información acerca del Estudio de Mercado que se elaboró para evaluar la viabilidad en la implementación del proyecto de “Energía-XP” para la producción y venta de energía eléctrica a partir de biocombustible obtenido de un reactor anaerobio en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A., en Hidalgo, México, podemos concluir que es viable. Entre los factores que permiten su viabilidad se encuentran principalmente los cambios en la industria energética a partir de la Reforma Energética, por la cual la Comisión Federal de Electricidad pasó a ser una empresa del estado con la posibilidad de realizar subastas de mediano y largo plazo para la compraventa de electricidad, terminando con el monopolio que existía abriendo el mercado a la inversión privada. En la apertura del Mercado Eléctrico Mayorista, se asegura el libre acceso y no indebidamente discriminatorio a diferentes proyectos con el objetivo de hacer un mercado competitivo con mayor eficiencia, incrementando la variedad de tecnologías empleadas para la generación de electricidad abriendo la posibilidad a proyectos sustentables.

Con la ejecución de la Reforma Energética se inicia una transición energética hacia la generación de electricidad limpia para la preservación del ambiente; así como la implementación de porcentajes obligatorios de adquisición de energía limpia para centros de carga y suministradores de servicios. Esto atribuye a la entrada de proyectos sustentables que gozan de ventajas sobre generadores con tecnologías convencionales, como es el de un costo de producción más bajo, prioridad en el despacho energético y el otorgamiento de certificados de energía limpia junto con otros productos asociados con valor monetario.

La electricidad es la segunda energía más empleada en México y su demanda incrementa en relación con el crecimiento demográfico. Actualmente, la CFE está encargada de suministrar de servicio a todo el país; sin embargo, en conjunto con los Productores Independientes de Electricidad, no es capaz de cubrir la demanda. La creciente demanda y la poca energía ofertada, presenta la oportunidad para la entrada de nuevos proyectos de generación.

En conclusión se determina la viabilidad del estudio de mercado para el proyecto “Energía-XP” en el C.A.I.T.S.A, mediante su participación como central generadora en el Mercado Eléctrico Mayorista con la posibilidad de establecer contratos directos para la compraventa de energía eléctrica limpia, entre otros productos asociados a la generación, como los certificados de energía limpia. Así mismo, existe la posibilidad de participar en las subastas de mediano y largo plazo de la CFE

La implementación de un reactor anaerobio en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A permitirá realizar un manejo adecuado de los residuos de bovinos productores de leche, disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes del suelo y cuerpos de agua subterráneos, aprovechando los residuos para la obtención de biogás con el objetivo de generar energía eléctrica limpia, impulsando al sector pecuario y energético a procesos sustentables con responsabilidad social y ambiental.

REVISIÓN SISTEMÁTICA

Para la realización del Estudio de Mercado para la producción y venta de energía eléctrica a partir de biocombustible obtenido de un reactor anaerobio en el C.A.I.T.S.A, se inició con la revisión de diversas publicaciones sobre los métodos para la disposición de residuos provenientes de los sistemas productivos en el área pecuaria, así como el impacto ambiental que este conlleva (Olea, 2011). Así mismo, se revisaron publicaciones acerca del desarrollo sustentable en comunidades en países en desarrollo y el impacto favorable en áreas sociales, económicas y ambientales (Astill, 2016).

Posteriormente, se evaluó el C.A.I.T.S.A. para la obtención de datos como el número de cabezas de ganado existentes. Con base en el número de cabezas de gano, se estimó las toneladas diarias de estiércol producidas para vacas con un peso y producción promedio similar a la del manual publicado por el gobierno de España (BESEL, 2007). Se revisó el sitio de internet sobre la información del municipio y su potencial para la implementación de proyectos industriales de vanguardia. (SIIEH – Carpeta Municipal Tizayuca, 2015). Para la determinación sobre su potencial para la implementación de proyectos sustentables, se evaluó el apoyo legal y económico del municipio de Tizayuca para la implementación de proyectos para el desarrollo económico; su ubicación estratégica con importantes vías de comunicación; su actividad económica está basada en actividades industriales y agropecuarias; y mano de obra de bajo costo.

Para la entrada al mercado energético nacional se realizó un análisis de la Reforma Energética entrada en vigor en diciembre del 2013 publicada en el Diario Oficial de la Federación, donde se abre el mercado para la inversión privada y tiene como objetivo reducir la emisión de GEI de los procesos de producción energética. De igual manera, se realizó una revisión de las leyes relacionadas que respaldan y favorecen la transición energética del país hacia el uso de tecnologías limpias. En la revisión de las Bases del Mercado, se obtuvo el conocimiento del funcionamiento y estructura del mercado eléctrico; se analizó la entrada del proyecto como generador de energía eléctrica limpia mediante el aprovechamiento de biomasa, donde se detalla la libre entrada al Mercado Eléctrico Mayorista de nuevos proyectos, como generador y usuario calificado para realizar contratos de compraventa de energía eléctrica; así como los criterios de interconexión para Centrales Eléctricas nuevas.

Se tomó el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional como la fuente de información para la obtención de datos sobre generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, demanda, consumo, centrales eléctricas en funcionamiento y proyectadas, así como su capacidad en infraestructura y sus interconexiones transfronterizas. En el tema de las interconexiones transfronterizas con Centroamérica, se hizo la revisión del análisis sobre el Sistema de Interconexión Eléctricas de los Países de América Central, la integración de México dentro del Mercado Eléctrico y la estimación de la demanda en dicho sistema. Para el estudio de clientes potenciales, en el tema de la Comisión Federal de Electricidad, se tomaron los datos registrados en el Sistema

de Información Energética sobre la generación bruta de electricidad por centrales propias de CFE y Productores Independientes. Con los datos registrados en los meses de alta demanda determinados en el PRODESEN, se hizo la comparación de generación por CFE y PIE y no se cubre la demanda máxima mensual registrada, siendo entonces un cliente potencial.

Para el Análisis de la Competencia se utilizó la base de datos del Inventario Nacional de Energías Renovables para conocer las centrales eléctricas, en funcionamiento o proyectadas, que utilicen tecnologías limpias, su producción, capacidad y ubicación en el país. Igualmente, se utilizó el Atlas de Biomasa para conocer el potencial de la tecnología y su uso en el estado en el área pecuaria específicamente para bovinos productores de leche.

En el análisis del precio se tomó el Precio Marginal Local del NudoP correspondiente a la ubicación del proyecto, y se obtuvo un precio promedio (\$/MWh) durante el día junto con los precios mínimos y máximos con la hora correspondiente registrada

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A partir de la información analizada se concluye que el Estudio de Mercado que se elaboró para el proyecto “Energía-XP” en la producción y venta de energía eléctrica a partir de biocombustible obtenido de un reactor anaerobio en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A., en Hidalgo, México es viable.

De acuerdo con la consulta de la literatura referida, la Reforma Energética implementada por el gobierno federal, abrió al sector energético del país a la inversión privada, con el objetivo de mejorar la eficiencia de producción con nuevas tecnologías y la generación de energía limpia para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Así mismo, se garantiza el libre acceso y no indebidamente discriminatorio para la entrada de participantes, ya sean generadores o usuarios calificados, al Mercado Eléctrico Mayorista, siempre y cuando se cumplan criterios para la interconexión al Sistema Eléctrico Nacional.

El MEM es la plataforma donde se realiza la compraventa de energía eléctrica mediante contratos de corto, mediano y largo plazo. Igualmente, se realizan las transacciones de Productos Asociados a la producción de electricidad. Los Certificados de Energía Limpia son productos asociados que se otorgan a los generadores que utilicen tecnologías limpias que tenga una emisión menor de 100 kg de CO₂ equivalente, y tendrán un valor determinado por las autoridades competentes con base en el estudio del Mercado de CEL. Los certificados tienen el objetivo de impulsar la generación de energía limpia con un beneficio monetario y establecer las metas de energía limpia nacional como compromisos individuales

para los generadores. Es por ello que se establecieron porcentajes mínimos obligatorios de adquisición de CEL con base en la producción o consumo de la central eléctrica.

Conforme a los clientes potenciales para el proyecto, se identificaron 68 Usuarios Calificados registrados como centros de carga mayores a 1 MW hasta el mes de Abril 2017. Por otro lado, la Comisión Federal de Electricidad es ahora una empresa productiva del estado, actuando como participante en el MEM como Suministrador de Servicio Básico, encargado de brindar servicio a todo el país. Durante el año 2016, la CFE y sus PIE generaron más de la mitad de electricidad a nivel nacional; sin embargo, la demanda máxima integrada e instantánea registrada en el año (Cuadro 2) no es cubierta por la generación mensual de las centrales de la CFE y los PIE (Cuadro 3), haciéndolo un cliente potencial. Así mismo, en la revisión de las interconexiones transfronterizas, particularmente la establecida con los países centroamericanos, donde se planea la integración de México al Mercado Eléctrico Regional establecido con los países de Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá. En la literatura consultada se analizaron los beneficios y proyecciones del sistema, la integración de México y la demanda proyectada para el periodo 2017-2025 en el SIEPAC (Cuadro 4).

En el análisis de la oferta, demanda y consumo, se obtuvieron los datos sobre las centrales de generación de energía eléctrica a partir de tecnologías convencionales y limpias, el consumo con la demanda actual y proyectada por región de control. Actualmente existen 766 centrales eléctricas generadoras en

diferentes modalidades que utilizan tecnologías convencionales o limpias. En total se generaron 319,364 GWh durante el año 2016; la producción de 30 centrales en la modalidad de generador tuvo un total de 1,262 GWh con una participación del 0.4% (Cuadro 6). Existe un total de 249 centrales eléctricas que utilizan tecnologías limpias, 10 de las cuales se encuentran bajo la modalidad de generadores. Hay 75 centrales que utilizan como tecnología limpia la bioenergía, destacando 4 centrales bajo la modalidad de generadores. (Cuadro 5).

El consumo nacional de electricidad tiene una TCA del 3.7%. Referente al consumo en la zona Centro, donde el proyecto se llevará a cabo, su consumo durante el año 2016 fue de 59,103 GWh con una participación del 20% a nivel nacional, y una TCA del 10.2% con un incremento de 5,454 GWh en comparación con la consumida durante el 2015. (Cuadro 7). La demanda fue analizada conforme a la Demanda Máxima Bruta registrada durante el 2016, donde se obtuvieron los datos de la demanda máxima bruta nacional con 43,488 MWh, y la región Central con 8,567 MWh, siendo la tercera región con mayor demanda registrada en el SIN (Cuadro 8). Con los datos obtenidos podemos concluir que la región control donde se ubicará el proyecto tiene una TCA creciente de consumo y demanda, haciéndola una región viable para la compraventa de energía eléctrica.

El análisis de competencia consistió en la identificación de las 10 centrales eléctricas que utilizan tecnología limpia en su producción bajo la modalidad de Generador. Existen 5 centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada de 263 MW propiedad de la misma empresa "Generadora Fénix" ubicada en los estados de Michoacán y Puebla. Cuatro centrales de bioenergía tienen una capacidad

instalada total de 26 MW distribuidas en los estados de Jalisco y Michoacán. Y hay una central fotovoltaica con una capacidad de 1 MW localizada en Sonora. Debido a la apertura del mercado y las ventajas que tienen las centrales eléctricas limpias, existen 520 proyectos nuevos aprobados para la generación de energía limpia y 1,104 probables. Existen 34 proyectos probados que aprovechan la biomasa como combustible para su producción con un potencial de generación de 3,326.438 GWh anuales; 11 centrales se encuentran bajo la modalidad de generador y sólo a 3 centrales se les ha otorgado CEL. En conclusión, la apertura del mercado permite la entrada de proyectos de diferentes capacidades, el proyecto tiene la ventaja sobre las centrales de tecnología limpia por la continuidad de su producción y que se ve alterada en menor proporción por el estado del tiempo, además de que existen pocas centrales de bioenergía bajo la modalidad de generadores, aprovechando la inclusión de una gama más amplia de energías limpias para el consumidor final.

Referente al análisis del mercado donde se describe la oportunidad de la implementación del proyecto en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A. con el objetivo de mejorar la disposición de residuos derivados de la producción de bovinos de leche mediante la implementación de un reactor anaerobio, favoreciendo la reducción en la emisión de GEI y contaminantes de cuerpos de agua subterráneos. El producto propuesto en el proyecto consiste en el uso del biogás obtenido de la fermentación de los residuos para la generación de energía eléctrica limpia. Se estableció el precio del producto mediante la revisión de los PML del MTR referente al NodoP registrado para la región de Tizayuca, Hidalgo.

Se obtuvieron los datos de una semana del 19 al 25 de Octubre del 2017, donde se analizó el precio promedio por MWh registrado en el día, y la hora y el precio donde se registraron los precios más bajos y altos. El precio promedio por MWh semanal obtenido fue de \$1,135.17, registrando la hora más baja regularmente a las 5 horas y la hora con el precio más alta a las 21 hrs (Cuadro 13). La distribución del producto se realizará a través de los 1,350 km de longitud de líneas de transmisión de entre 230 y 400 kV en el estado del Hidalgo.

En conclusión se determina la viabilidad del Estudio de Mercado para la implementación del proyecto “Energía-XP” para la producción y venta de energía eléctrica a partir de biocombustible obtenido a partir de un reactor anaerobio en el Complejo Agropecuario Industrial Tizayuca S.A.

GLOSARIO

AUT – Autoabastecimiento

BID – Banco Interamericano del Desarrollo

C.A.I.T.S.A – Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca S.A.

CRE – Comisión Reguladora de Energía

CENACE – Centro Nacional de Control de Energía

CEL – Certificado de Energía Limpia

CFE – Comisión Federal de Electricidad

COG – Cogeneración

DOF – Diario Oficial de la Federación

EPR – Empresa Propietaria de la Red

EXP – Exportador

FIRCO – Fideicomiso de Riesgo Compartido

FSUE – Fondo de Servicio Universal Eléctrico

GEI – Gas de Efecto Invernadero

Gg – Gigagramos

GEN - Generador

GEN – CFE – Generador de la Comisión Federal de Electricidad

GWh – Gigawatt hora

INEGI – Instituto Nacional de Estadística y Geografía

LIE – Ley de la Industria Eléctrica

MDA – Mercado del Día de Adelanto

MEM – Mercado Eléctrico Mayorista

MHA – Mercado de una hora de Adelanto

MTR – Mercado de Tiempo Real

MWh – Megawatt hora

N.A. – No aplica

PEF – Presupuesto de Egresos de la Federación

PIB – Producto Interno Bruto

PIE – Productor Independiente de Energía

PML – Precio Marginal Local

P.P – Pequeño Productor

PRODESEN – Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional

PWC – Price Waterhouse Coopers

RGD – Red General de Distribución

RNT – Red Nacional de Transmisión

SEN – Sistema Eléctrico Nacional

SENER – Secretaría de Energía

SIEPAC – Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central

SSB – Suministrador de Servicio Básico

SSC – Suministrador de Servicio Calificado

TJ/a – Terajoules al año

U.P.C – Usos Propios Continuos

REFERENCIAS

- ¹ Astill, G. 2016. *Profits from Pollutants: Economic Feasibility of Integrated Anaerobic Digester System*. [PDF, reporte]. [consulta: 9 nov 2016].
- ² Brundtland, G. 1987. *Our common future*. [PDF, reporte]. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> [consulta: 23 sept 2017].
- ³ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. *Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México. [PDF, reporte]. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/mexbur1.pdf> [consulta: 23 sept 2017].
- ⁴ Weiss, W., St- Pierre, N. 2009. *Estrategias de alimentación para disminuir la producción de estiércol de vacas lecheras*. Ohio, E.U.A. [PDF, análisis]. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/191-reduccion_estiercol_32.pdf [consulta: 22 may 2017].
- ⁵ BESEL, S.A. 2007. *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid, España. *Energías Renovables: Energía de la Biomasa*. [PDF, reporte]. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Digestores_Anaerobios_A2007_0d62926d.pdf [consulta: 21 feb 2017].
- ⁶ Olea, R. 2011. Impacto ambiental de los residuos generados en los sistemas de producción animal. En: Hoet, A. Medina, A. *Manual de Salud Pública Veterinaria* [PDF, manual]. Proyecto "Sapuvetnet III: contribuyendo a los objetivos del

desarrollo del Milenio a través del concepto de Una Salud”.

<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/13944/1/Manual%20PDF%20completo.pdf> [consulta: 3 nov 2016].

⁷ Secretaría de Energía. 2017. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017-2031*. México. [PDF, reporte].

<http://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2017/PRODESEN-2017-2031.pdf> [consulta: 17 may 2017].

⁸ Secretaría de Gobernación. 2015. *Bases del Mercado Eléctrico Mayorista*.

México. [Internet, DOF].

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5407715&fecha=08/09/2015

[consulta: 30 abr 2017].

⁹ Centro Nacional de Control de Energía. 2015. *Criterios mediante los que se establecen las características específicas de la infraestructura requerida para la Interconexión de Centrales Eléctricas y Conexión de Centros de Carga*. México.

[Internet,DOF]

<http://www.cenace.gob.mx/Docs/MarcoRegulatorio/Criterios%20de%20Interconexi%C3%B3n%20de%20Centrales%20El%C3%A9ctricas%20y%20Conexi%C3%B3n%20de%20Centros%20de%20Carga%20DOF%202015%2006%2002.pdf>

[consulta: 12 may 2017].

¹⁰ Sistema de Información Energética. 2017. *Generación bruta de energía por tecnología*. [Internet, página web].

<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IIIA1C05>

[consulta: 28 ago 2017]

¹¹ Secretaría de Energía. 2013. *Reforma Energética*. México. [PDF, reporte].

[consulta: 6 dic 2016].

¹² Secretaría de Energía. 2014. *Ley de la Industria Eléctrica*. Ciudad de México.

[PDF, decreto]. <http://cdn.reformaenergetica.gob.mx/2-ley-de-la-industria-electrica.pdf> [consulta: 25 may 2017].

¹³ Secretaría de Gobernación. 2015. *Ley de Transición Energética*. México.

[Internet, DOF].

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015 [consulta 25 may 2017].

¹⁴ Secretaría de Gobernación. 2008. *Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos*. México. [Internet, DOF].

<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf> [consulta: 26 may 2017].

¹⁵ Echeverría, C. 2017. *Integración Eléctrica Centroamericana: Génesis, Beneficios y Prospectiva del Proyecto, Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central*. [PDF, reporte].

<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8237/Integracion-electrica-centroamericana-Genesis-beneficios-y-prospectiva-del-Proyecto-SIEPAC-Sistema-de-Interconexion-Elctrica-de-los-Paises-de-America-Central.PDF> [consulta: 15 jul 2017].

- ¹⁶ Secretaría de Energía. 2016. *Prospectivas de Energías Renovables 2016-2030*. México. [PDF, reporte]. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva de Energ a s Renovables 2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf) [consulta: 20 jul 2017].
- ¹⁷ Secretaría de Energía. 2017. *Atlas Nacional de Biomasa*. México. [Internet, mapa interactivo]. <https://dgel.energia.gob.mx/atlasbiomasa/> [consulta: 22 jul 2017].
- ¹⁸ Secretaría de Energía. 2017. *Inventario Nacional de Energías Renovables*. México. [Internet, mapa interactivo]. <https://dgel.energia.gob.mx/inere/> [consulta: 21 jul 2017].
- ¹⁹ Fabiela, L. 2011. *Producción de bovinos de leche en explotación intensiva*. Reporte de Servicio Social Licenciatura. Tizayuca, Hidalgo. [PDF, reporte]. <http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/biblioteca/tesis/176.pdf> [consulta: 22 ene 2017].
- ²⁰ SIIEH. 2015. Carpeta Municipal Tizayuca. *Información Estadística Básica*. Hidalgo, México. [PDF, reporte]. <http://siieh.hidalgo.gob.mx/PDFS/069%20Tizayuca.pdf> [consulta: 9 nov 2016].
- ²¹ Centro Nacional de Control de Energía. 2017. *Historia de Precios de Energía Marginales Locales*. [Internet, página web]. http://www.cenace.gob.mx/SIM/VISTA/REPORTES/H_RepPreEnergiaSisMEM.aspx?N=8&opc=divCssPreEnergia&site=Precios%20de%20la%20energ%C3%ADa/Precios%20Marginales%20Locales/MTR/Diarios&tipoArch=C&tipoUni=SIN&tipo=Diarios&nombrenodop=Precios%20Marginales%20Locales. [consulta: 29 sept 2017].

²² Centro Nacional de Control de Energía. 2017. *Catálogo de NodosP*. [Internet, página web]. [consulta: 3 oct 2017].