



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS  
CERTIFICADOS DE ENERGÍA LIMPIA SOBRE LAS  
INVERSIONES EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**P R E S E N T A :**

**OSCAR CRUZ VÁZQUEZ**



**DIRECTOR DE TESINA:  
MTRO. MIGUEL GONZALEZ IBARRA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX**

**Agosto, 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Contenido

Capítulo 1. Marco Teórico .....	6
1.1 Planteamiento del problema .....	6
1.2 Justificación .....	6
1.3 Objetivo general .....	7
1.4 Objetivos específicos .....	7
Capítulo 2. El Cambio Climático y su relación con la Industria Eléctrica .....	8
2.1. Cambios, causas e impactos observados del Cambio Climático. ....	8
2.2. La Industria Eléctrica. ....	10
2.2.1 La Generación de electricidad .....	12
2.2.2 La Trasmisión y Distribución de electricidad .....	13
2.2.3 Comercialización, planeación, abastecimiento y control en la Industria Eléctrica .....	14
2.3 Actualidad y panorama internacional de la Industria Eléctrica .....	15
Capítulo 3. La Industria Eléctrica en México y su Desarrollo Sustentable. ....	21
3.1.- Antecedentes de la Industria Eléctrica en México .....	21
3.2.- La reforma energética. ....	26
3.2.1.- Análisis del subsector de electricidad de la Reforma Energética .....	28
3.3.-Infraestructura actual del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) .....	30
3.3.1.- Avances y resultados de la reforma energética en materia de electricidad .....	30
3.3.2.- Nueva política energética en materia de electricidad .....	31
3.3.3.- Infraestructura actual del Sistema Eléctrico Nacional .....	33
3.3.4.- Demanda y consumo de energía eléctrica 2019-2033 .....	34
3.3.5. Generación distribuida en México .....	35
3.4.- El Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica en México .....	36
3.4.1 Marco Jurídico del DSIE en México .....	37
3.4.2 Metas, políticas y líneas de acción del DSIE en México .....	39
3.4 Avance de Energías Limpias al 2018 .....	40
Capítulo 4. Políticas energéticas para el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica .....	44
4.1 La era del apoyo a las Energías Limpias .....	44
4.2 Barreras restantes para el DSIE .....	45
4.3 Políticas públicas en el sector eléctrico .....	47
4.3.1 Políticas regulatorias .....	49
4.3.2 Políticas no regulatorias .....	51

Capítulo 5. Los Certificados de Energía Limpia (CEL) .....	53
5.1 Diseño de los Certificados de Energía Limpia .....	53
5.1.1 El mercado de los Certificados de Energía Limpia.....	54
5.2 La experiencia internacional .....	58
5.2.1 Rumania .....	58
5.2.2 India .....	60
5.2.3 Reino Unido.....	61
5.2.4 Mercado de Australia .....	63
5.2.5 Mercado de California .....	64
Capítulo 6. Los CEL en México .....	66
6.1 Mercado eléctrico en México .....	66
6.1.1 Estructura del MEM.....	67
6.1.2 Funcionamiento del Mercado de Energía de Corto Plazo .....	69
6.1.3 Subastas de Largo y Mediano Plazo .....	70
6.2 Diseño de los CEL en México.....	71
6.2.1 La oferta del CEL en México .....	71
6.2.2 La demanda de CEL en México.....	72
6.2.3 El funcionamiento del mercado de CEL en México .....	73
6.3 Impacto de los CEL en México.....	75
Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones .....	80
Bibliografía .....	84

## Índice de Gráficas.

Gráfica 1: Generación de Energía Eléctrica mundial por combustible - 2016.....	11
Gráfica 2: Emisiones globales de CO2 por sector, 2016.....	16
Gráfica 3: Consumo de energía eléctrica mundial.....	17
Gráfica 4: Demanda de Electricidad por Región y Escenario, 2040 .....	18
Gráfica 5: Tarifas eléctricas industriales de México, OCDE y EU periodo 1999-2012.....	24
Gráfica 6: Tarifas eléctricas residenciales de México, OCDE y EU periodo 1990-2012 .....	25
Gráfica 7: Comparación de tarifas eléctricas residenciales en México.....	25
Gráfica 8: Porcentajes mínimos de participación de Energías Limpias.....	39
Gráfica 9: Porcentaje de generación bruta de electricidad por fuente, 2011.....	41

Gráfica 10: Porcentaje de Capacidad Instalada de Electricidad por fuente, 2018. ....	42
Gráfica 11: Comparativo de la capacidad instalada de electricidad, primer semestre de 2017 y 2018 .....	42
Gráfica 12: Comparativo de la generación bruta de electricidad, primer semestre de 2017 y 2018	43
Gráfica 13: Número de países con regulaciones en el sector eléctrico. ....	48
Gráfica 14: Evolución del precio de venta de los CEL en Rumania, 2005-2010.....	59
Gráfica 15: - Electricidad renovable Reino Unido como % de la producción total de electricidad.	62
Gráfica 16: Promedio de las tasas de crecimiento en la generación de electricidad, California 2010- 2017 .....	64
Gráfica 17: Requisitos de CEL para el periodo 2018-2022 .....	73
Gráfica 18: Porcentaje aproximado de CEL adjudicados en las subastas por tecnología .....	<b>!Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Estructura geográfica del SEN .....	33
--	----

## Índice de Tablas.

Tabla 1: Principales unidades de medida en el sector eléctrico.....	12
Tabla 2: Tipos de transmisión y distribución de energía.....	14
Tabla 3: Generación eléctrica mundial por fuente y escenario 2014 vs 2040 (en TWh y %) .....	20
Tabla 4: Principales elementos en materia de energía del Plan Nacional de Desarrollo y del Programa Sectorial de Energía. ....	27
Tabla 5: Leyes secundarias involucradas en la Reforma Energética.....	27
Tabla 6: Marco jurídico de la Transición Energética. ....	38
Tabla 7: Metas de Capacidad Instalada y Generación de Energía Limpia del sector eléctrico. ....	41
Tabla 8: Oferta de Certificados de Energía Limpia a abril 2019 .....	75
Tabla 9: CEL adjudicados en las Subastas de Largo Plazo .....	76
Tabla 10: Número aproximado de CEL adjudicados en las Subastas de Largo Plazo por tecnología. .....	77
Tabla 11: Ingresos aproximados por la venta de CEL de las Subastas de Largo Plazo (USD) .....	78
Tabla 12: Plantas de Generación de Energía Eléctrica con CEL .....	78

A Dios, por el milagro de la vida.

A mis padres Carolina y Oscar, por su amor, trabajo y sacrificio que me han permitido llegar a cumplir un sueño más.

Al Mtro. Miguel González Ibarra, por su dedicación a la enseñanza de la economía.

# Capítulo 1. Marco Teórico

## 1.1 Planteamiento del problema

Hoy en día, México tiene una Matriz Energética<sup>1</sup> que depende en gran medida de los combustibles fósiles. Esta situación implica que la Industria Eléctrica sea responsable de la emisión de una gran cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y sus consecuencias al medio ambiente. Por lo tanto, la Industria Eléctrica debe transitar hacia su descarbonización para disminuir la emisión de GEI. Para realizar dicha descarbonización se vuelve indispensable aumentar el despliegue de Centrales Eléctricas Limpias y toda la infraestructura necesaria para su integración.

El problema reside en que aumentar el despliegue de nuevas Centrales Eléctricas Limpias y la infraestructura necesaria conlleva mayores gastos de inversión si se compara con un despliegue de tecnologías de generación de electricidad basadas en combustibles fósiles. Ante esta situación, los gobiernos del mundo han implementado diversas políticas públicas para fomentar el despliegue de las Energías Limpias en la Matriz Energética. Una de estas políticas se basa en implementar objetivos de consumo o producción de Electricidad Limpia que deben ser cumplidos por diversos sujetos obligados, lo cual busca socializar los esfuerzos para disminuir la emisión de GEI. Estos objetivos comúnmente se implementan junto con un instrumento denominado Certificados de Energía Limpia (CEL), el cual es un apoyo al seguimiento de los objetivos en materia de Electricidad Limpia. Una de las características de los CEL es que proporcionan un ingreso extra a las Centrales Eléctricas Limpias, con lo cual se busca cerrar la brecha entre las tecnologías de Energía Limpia y las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

Es por esto que resulta relevante realizar un estudio sobre los CEL como política pública para disminuir los efectos del cambio climático y conocer las implicaciones que se tienen sobre los participantes y las inversiones de la Industria Eléctrica.

## 1.2 Justificación

Recientemente los efectos del Cambio Climático se han vuelto cada vez más notorios. Estudios han confirmado la relación entre la emisión de GEI con el calentamiento global, lo que ha ocasionado

---

<sup>1</sup> La Matriz Energética se refiere a una representación cuantitativa de la totalidad de energía que utiliza un país, e indica la incidencia relativa de las fuentes de las que procede cada tipo de energía: nuclear, hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotérmica o combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón.

repercusiones en todos los sistemas sociales y económicos del mundo. Por esta situación, la búsqueda por disminuir la Emisión de GEI toma cada vez más relevancia para todas las sociedades. La Industria Eléctrica es responsable de gran parte de las emisiones totales de GEI, por lo que buscar su Desarrollo Sustentable se vuelve necesario. Dentro de los esfuerzos que se han desarrollado para buscar el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica, en México y en el mundo, se encuentra la implementación de los CEL.

Los CEL es un instrumento financiero de la política energética que busca aumentar el despliegue de nuevas plantas de generación de Energía Limpia, lo que contribuirá a tener una Matriz Energética más diversificada y menos dependiente de los combustibles fósiles. Por esta razón se ha considerado trascendente investigar la implementación de los CEL, sus beneficios económicos y sociales y los retos de su implementación en México y en el mundo.

### 1.3 Objetivo general

El objetivo del presente trabajo de investigación es analizar los beneficios económicos de los CEL y los retos de su implementación en México con la intención de incrementar el despliegue de nuevas Centrales Eléctricas Limpias.

### 1.4 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente trabajo de investigación son:

- 1 Desarrollar el concepto del Cambio Climático y su relación con la Industria Eléctrica.
- 2 Resumir la historia de la Industria Eléctrica en México.
- 3 Explicar la Reforma Energética en México.
- 4 Explicar el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica en México
- 5 Describir las políticas públicas para el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica.
- 6 Identificar los factores que permiten a los CEL promover el despliegue de nuevas Centrales Eléctricas Limpias.
- 7 Detallar la experiencia internacional de los CEL.
- 8 Analizar el diseño y el avance de los CEL en México.

## Capítulo 2. El Cambio Climático y su relación con la Industria Eléctrica

Hoy en día, el Cambio Climático es uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan los gobiernos de todo el mundo debido a las amenazas que genera para su desarrollo social y económico. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) define al Cambio Climático como: “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (Organización de las Naciones Unidas, 1992, pág. 3).

De acuerdo con las Naciones Unidas, la industrialización a gran escala de las actividades productivas del ser humano ha incrementado de manera significativa las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) hacia la atmosfera, lo cual ha traído las siguientes consecuencias (Naciones Unidas, 2018):

- La concentración de GEI en la atmosfera terrestre está directamente relacionada con la temperatura media mundial de la Tierra;
- La concentración de GEI ha ido aumentando progresivamente desde la Revolución Industrial y, con ella, la temperatura mundial;
- El GEI más abundante y que representa alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI, es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), resultado de la quema de combustibles fósiles.

### 2.1. Cambios, causas e impactos observados del Cambio Climático.

El informe sobre el Cambio Climático 2014 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles), señala que las emisiones antropógenas<sup>2</sup> de GEI son la causa dominante del calentamiento global observado a partir de la segunda mitad del siglo XX. De igual forma señala que estas emisiones han seguido aumentando entre 1970 y 2010, con mayores incrementos absolutos entre el año 2000 y 2010 a pesar del creciente número de políticas de mitigación del Cambio Climático (IPCC, 2014, pág. 5).

---

<sup>2</sup> Emisiones de Gases de Efecto Invernadero causadas por actividades humanas. Esas actividades comprenden la combustión de combustibles fósiles, la deforestación, los cambios de uso de la tierra, la producción ganadera, la fertilización, la gestión de desechos y los procesos industriales. Fuente: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/AR5\\_WGII\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/AR5_WGII_glossary_ES.pdf).

Algunos factores específicos de los cuales dependen las emisiones antropógenas son: el tamaño de la población, la actividad económica, el estilo de vida, el uso de la energía, los patrones de uso de suelo, la tecnología y la política climática.

El IPCC señala al crecimiento económico y al crecimiento demográfico como las principales causas del aumento de emisiones de GEI a nivel mundial debido a la gran dependencia que se tiene de los combustibles fósiles. Como referencia, señala que el 78% del aumento total de emisiones de GEI durante el periodo 1970 - 2010 proceden de la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales (IPCC, 2014, pág. 5).

A continuación, se enlistan los impactos del Cambio Climático más sobresalientes en los sistemas naturales y humanos de acuerdo con el (IPCC, 2014):

- Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores.
- Los sistemas hidrológicos han presentado serias alteraciones debido a las cambiantes precipitaciones y el derretimiento de los polos.
- Numerosas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificado sus áreas de distribución geográfica, sus actividades estacionales, sus pautas migratorias, su cuantía y sus interacciones.
- Los cultivos han comenzado a presentar rendimientos negativos.
- El número de días fríos han disminuido, mientras que los días cálidos son más frecuentes a escala global.
- Se ha duplicado la probabilidad de ocurrencia de olas de calor en algunas localidades, lo que repercute en el incremento de la intensidad de las temperaturas extremas diarias.
- Han aumentado las regiones en las que el número de precipitaciones intensas son más habituales.

Es importante señalar que estos impactos no son fijos e invariables en el tiempo, al contrario, el continuo aumento de GEI causará un mayor calentamiento y por lo tanto mayores cambios en los sistemas naturales y humanos. Estos impactos tienen repercusiones directas al desarrollo de los países generando costos sociales y económicos. Para contener de manera efectiva estos costos sociales y económicos es necesario reducir de forma constante las emisiones antropógenas de GEI, lo cual contendrá el Cambio Climático y los riesgos que conlleva.

Se ha evidenciado que el Cambio Climático agravará los impactos existentes y generará nuevos impactos para los sistemas naturales y humanos. Los impactos serán mayores en aquellas comunidades con bajos recursos materiales y económicos debido a la lenta adaptación y respuesta que se tendrá.

A continuación, se enumeran los riesgos futuros más significativos a los que están expuestas las regiones de acuerdo con el (IPCC, 2014, págs. 61-63):

- La extinción de numerosas especies debido a su falta de adaptación al cambio de sus ecosistemas.
- Se tendrá una menor seguridad alimentaria.
- Disminuirá la disponibilidad de agua potable, tanto superficial como subterránea, intensificando la competencia por el agua entre los actores sociales.
- Incrementarán los daños a la salud humana.
- Mayores riesgos en las zonas urbanas y rurales debido al aumento de tormentas y precipitaciones extremas, inundaciones continentales y costeras, deslizamientos de tierra, contaminación del aire, las sequías, la escasez de agua, la elevación del nivel del mar y las mareas meteorológicas.
- El crecimiento económico se alentará, incrementará la dificultad de reducir la pobreza, se tendrán nuevas zonas de hambruna.
- Aumentará el número de personas desplazadas, como los recursos serán menores será más complicado realizar migraciones planificadas.

## 2.2. La Industria Eléctrica.

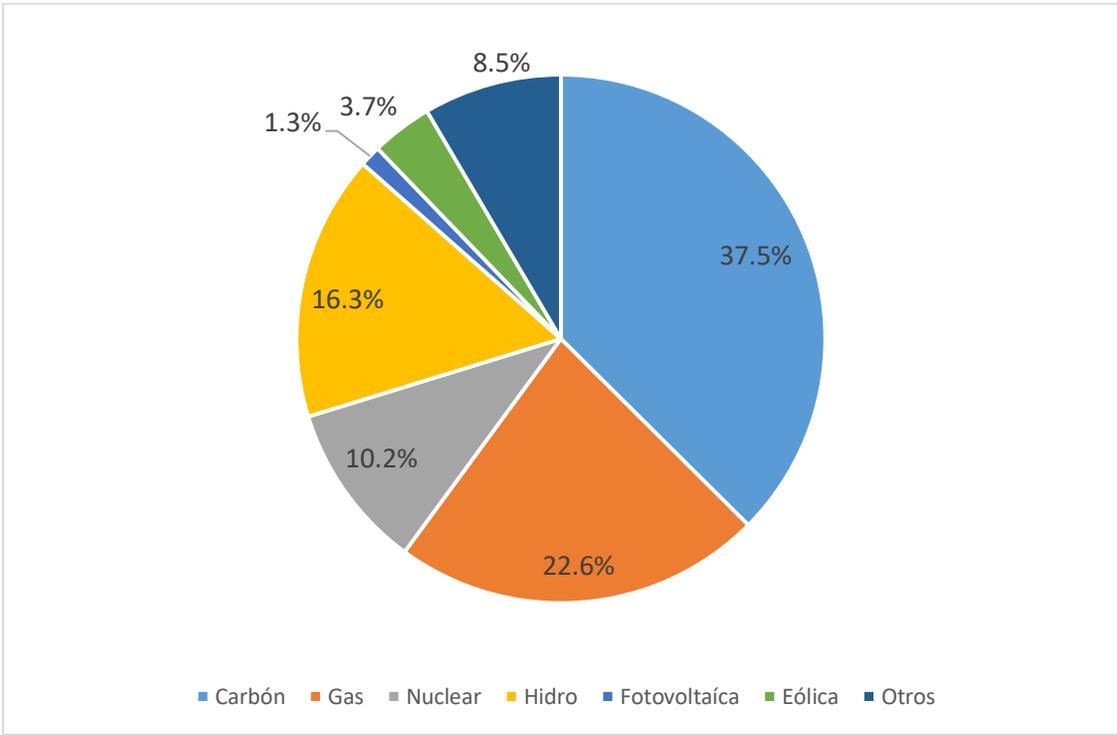
La Industria Eléctrica es la encargada de proporcionar energía eléctrica a todos los demandantes del mercado. Es una industria de suma importancia debido a que gran parte del aparato productivo de un país utiliza la electricidad como un insumo principal, además de que es un servicio que es consumido directamente por la población como un bien final, muestra de ello es la gran cantidad de bienes de consumo que utilizamos habitualmente y que necesitan energía eléctrica para su funcionamiento.

El desarrollo de la Industria Eléctrica está establecido en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU, el objetivo número 7 establece: Energía asequible y no contaminante para todos. Su importancia radica en que un sistema energético bien establecido apoya todos los

sectores: desde las empresas, la medicina, la educación, la agricultura, la infraestructura, las comunicaciones y la alta tecnología (ONU, 2015, pág. 1).

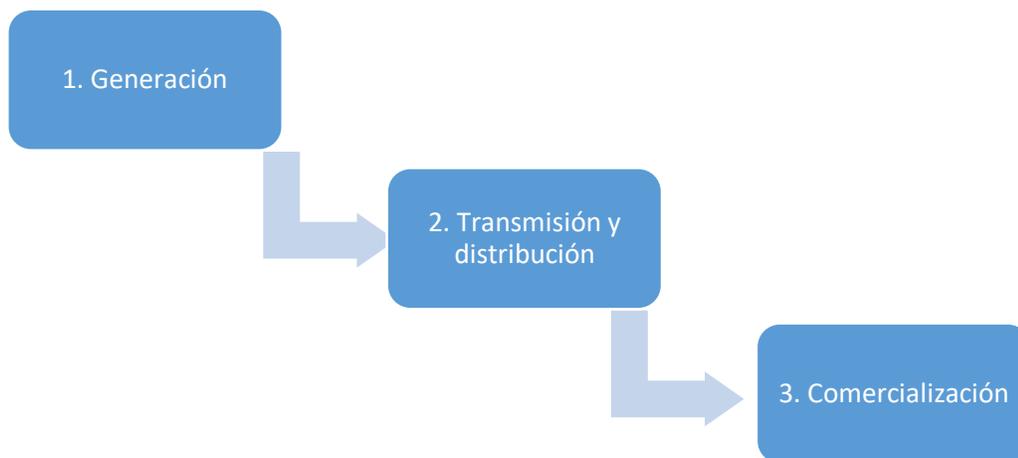
La energía eléctrica es generada a partir de Energía Primaria. La Energía Primaria es aquella que está disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada ( Fondo de Sustentabilidad Energética SENER-CONACYT, s.f.). Esta energía puede obtenerse de combustibles fósiles tales como el petróleo, el carbón mineral o el gas natural, o puede ser de naturaleza renovable como energía generada por el viento, el agua o la radiación del sol.

*Gráfica 1: Generación de Energía Eléctrica mundial por combustible - 2016*



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE)-  
<https://webstore.iea.org/electricity-information-2018>

La cadena de valor de la Industria Eléctrica se divide en tres fases principales:



Y tres fases complementarias, sin dejar de ser indispensables:



La Tabla 1 apoyará al entendimiento de la industria distinguiendo las principales unidades utilizadas para medir la cantidad de electricidad que se produce y distribuye.

*Tabla 1: Principales unidades de medida en el sector eléctrico*

Cantidad	Unidad	Abreviatura
Potencia	Mega-Watts	MW
Voltaje (Tensión)	Volt	V
Energía	Mega-Watts-hora	MWh

Fuente: elaboración propia con datos de edX -

<https://courses.edx.org/courses/coursev1:TecdeMonterreyX+LNIE1ed1+2T2017/course/>

### 2.2.1 La Generación de electricidad

La generación es la fase en donde la Energía Primaria es transformada en electricidad. Esta fase se realiza en las Centrales de Generación Eléctrica o simplemente Centrales Eléctricas, las cuales deben estar planificadas y ubicadas cerca de donde el recurso primario sea más accesible y abundante.

Como podemos observar en la Gráfica 1 aproximadamente el 60.1% de la electricidad mundial es generada a partir de carbón y gas.

Por lo regular, la energía eléctrica se obtiene a partir de la energía mecánica obtenida por medio de un mecanismo de conversión electromecánica conocido como generador, el cual utiliza Energía Primaria como principal insumo. Existen limitaciones físicas y técnicas que impiden que el cien por ciento de la Energía Primaria se convierta en electricidad. Se denomina *eficiencia* al cociente de dividir la energía útil, que es entregada por la Central Eléctrica, entre la Energía Primaria que es suministrada a éste. La eficiencia es de gran relevancia para dimensionar cuál es la mejor tecnología para producir energía eléctrica. Actualmente la tecnología con mayor eficiencia es el ciclo combinado<sup>3</sup>, las cuales tienen una eficiencia de conversión de aproximadamente 55% (Terrés, 2017).

Existen dos formas de generación de energía eléctrica, por medio de fuentes primarias fósiles o renovables. La energía eléctrica obtenida a partir de combustibles fósiles da lugar a una mayor emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. La electricidad generada a partir de fuentes renovables es aquella que permiten obtener electricidad sin generar emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual implica un menor impacto ambiental.

### 2.2.2 La Trasmisión y Distribución de electricidad

La electricidad obtenida en las Centrales de Generación llega a las diferentes localidades y usuarios por medio de las Redes de Transmisión y las Redes de Distribución.

La Transmisión abastece de energía a grandes consumidores de electricidad y a la fase de Distribución. La electricidad es transportada de las Centrales de Generación a los centros de consumo en alta tensión utilizando las Redes de Transmisión. Estas redes cuentan con capacidad de transmitir potencia a grandes voltajes. El cambio de alta tensión de las Redes de Transmisión a media tensión se lleva a cabo en las subestaciones de transformación

A diferencia de la Transmisión, la Distribución es para transportar electricidad a media tensión y para distancias del orden de uno a veinte kilómetros. La Distribución entrega el fluido eléctrico a usuarios medianos en media tensión y a usuarios pequeños en baja tensión. La reducción de media

---

<sup>3</sup> Una Central Térmica de Ciclo Combinado es una planta de producción energía eléctrica basada en dos máquinas térmicas, con dos ciclos térmicos diferentes: turbina de gas y turbina de vapor. El calor no utilizado por uno de los ciclos (la turbina de gas) se emplea como fuente de calor del otro (el ciclo agua-vapor que alimenta la turbina de vapor). De esta forma los gases calientes de escape del ciclo de turbina de gas entregan la energía necesaria para el funcionamiento del ciclo de vapor acoplado. **Fuente:** <http://www.cicloscombinados.com/cicloscombinados.html>

a baja tensión se lleva a cabo en los transformadores ubicados en los postes de la Red de Distribución o dentro de las instalaciones de los usuarios.

A continuación, se detalla la forma en que se transporta la energía desde la generación hasta la entrega a los usuarios finales y como se reduce el voltaje de ésta:

*Tabla 2: Tipos de transmisión y distribución de energía.*

Transmisión		Distribución	
<b>Alta tensión</b> (nivel transmisión)	<b>Alta tensión</b> (nivel sub-transmisión)	<b>Media tensión</b>	<b>Baja tensión</b>
230 kV	69 kV	13.8 kV	< 1,000 V
400 kV	85 kV	23 kV	
	115 kV	34.5 kV	
	138 kV		
	161 kV		

**Fuente:** elaboración propia con datos de edX -

<https://courses.edx.org/courses/coursev1:TecdeMonterreyX+LNIE1ed1+2T2017/course/>

### 2.2.3 Comercialización, planeación, abastecimiento y control en la Industria Eléctrica

La comercialización es la acción de generar las condiciones necesarias para la venta de un servicio o producto. En la Industria Eléctrica es la fase final de la cadena de valor, consiste en la entrega de servicio eléctrico al consumidor final y comúnmente se divide en la distribución y suministrador de electricidad. Generalmente el distribuidor es el responsable de realizar la entrega física de la electricidad, mientras que el suministrador es quien factura y cobra por el servicio eléctrico. Dependiendo de cada mercado eléctrico, estas actividades pueden ser realizadas por una misma empresa o pueden dividirse y existir varias empresas especializadas en la distribución y suministro.

La planeación de la Industria Eléctrica tiene que ver con el ordenamiento y construcción de nuevas Redes de Transmisión y Distribución, así como el asentamiento de las subestaciones de transformación y las Centrales Eléctricas. Generalmente está a cargo de los gobiernos nacionales debido a su carácter estratégico.

El abastecimiento consiste en proveer de insumos a toda la cadena productiva del sector eléctrico. El abastecimiento de insumos primarios es de gran amplitud, abarca: los combustibles, refacciones, materiales de construcción, y todo lo necesario para su funcionamiento. Destacan por su

importancia el acceso a las Energías Primarias, en especial los combustibles fósiles debido a que son la mayor fuente primaria de energía para la generación de electricidad (Grafica 1). La seguridad energética de un país depende en gran medida su capacidad para acceder a los insumos primarios necesarios. Para tener una mayor seguridad energética, es recomendable que la Industria Eléctrica utilice insumos disponibles localmente para disminuir su dependencia de las importaciones.

Finalmente, el control u operación consiste en establecer qué centrales de generación entregan electricidad y cuales deben de disminuir su suministro de energía eléctrica con base a la demanda de electricidad y saturación de la red eléctrica. El control de los sistemas eléctricos y el despacho de energía eléctrica a las redes está a cargo de organismos públicos. Si el mercado eléctrico en cuestión está liberalizado y permite la participación de múltiples empresas de generación, es común dar acceso abierto no discriminatorio a las redes de transmisión para generar condiciones de competencia.

### 2.3 Actualidad y panorama internacional de la Industria Eléctrica

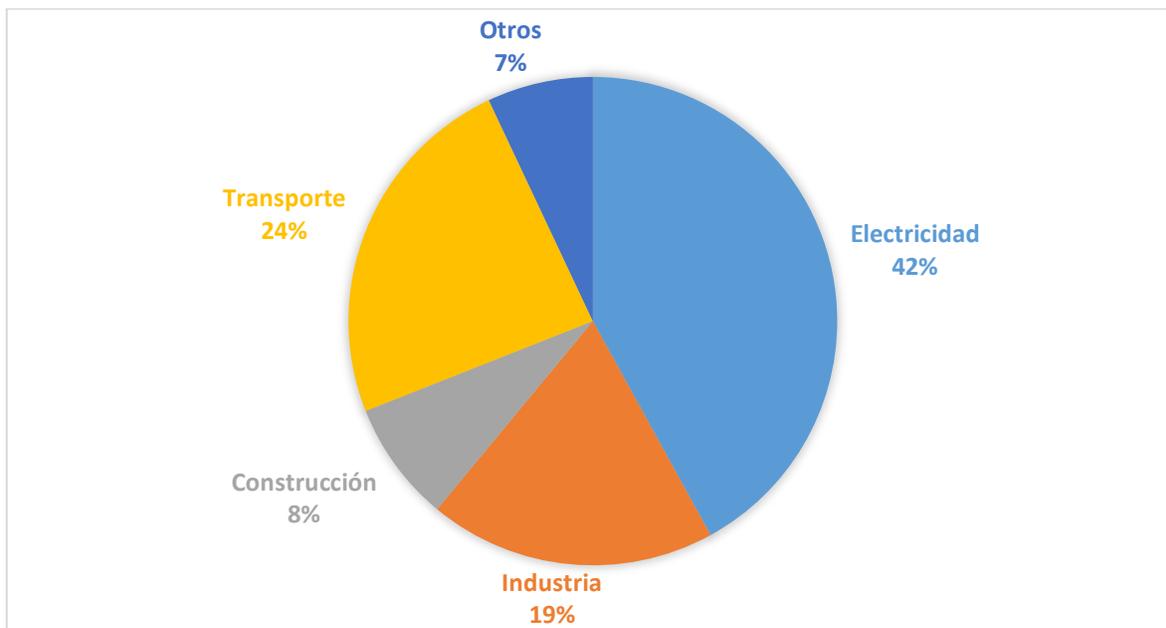
Hoy en día, la Industria Eléctrica está transitando por una transformación en todo el mundo. Esta transformación consiste en cambiar de una industria basada en combustibles fósiles a una que aproveche las Energías Renovables y reduzca la emisión de GEI, a este proceso se le conoce como el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica (DSIE) o Transición Energética de la Industria Eléctrica. El DSIE está enmarcado en buscar el desarrollo de la industria para que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las siguientes generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

En la sección 1.2.1 mencionamos que existen dos formas de generación de energía eléctrica, por medio de fuentes primarias fósiles o renovables. Sin embargo, existen tecnologías de generación eléctrica que no utilizan fuentes primarias renovables concretamente pero que emiten un número reducido de GEI, por ejemplo, la cogeneración eficiente y aquellas centrales con procesos de captura de CO<sub>2</sub>. En algunos países, la electricidad producida a partir de estas tecnologías está incluida en sus esquemas de apoyo para reducir la emisión de GEI y utilizan el término Energías Limpias para referirse a la Energía Primaria utilizada en estas tecnologías. La electricidad producida a partir de Energías Limpias se le conocerá para el presente trabajo como Electricidad Limpia y a los generadores como Centrales Eléctricas Limpias.

La transformación de la Industria Eléctrica puede rastrearse a partir del año 1973, cuando el mundo experimento la primera crisis de precios del petróleo y su encarecimiento incentivo el desarrollo de

nuevas tecnologías que aprovecharan las fuentes primarias renovables como la irradiación solar, el viento o la bioenergía. Sin embargo, hoy en día, el principal motivo para el DSIE es debido al papel preponderante de la Industria Eléctrica en la emisión de GEI y la necesidad de su disminución.

*Gráfica 2: Emisiones globales de CO2 por sector, 2016*



**Fuente:** Elaboración propia a partir del “CO2 emissions from fuel combustion; Overview 2018” (IEA, 2018, pág. 6).

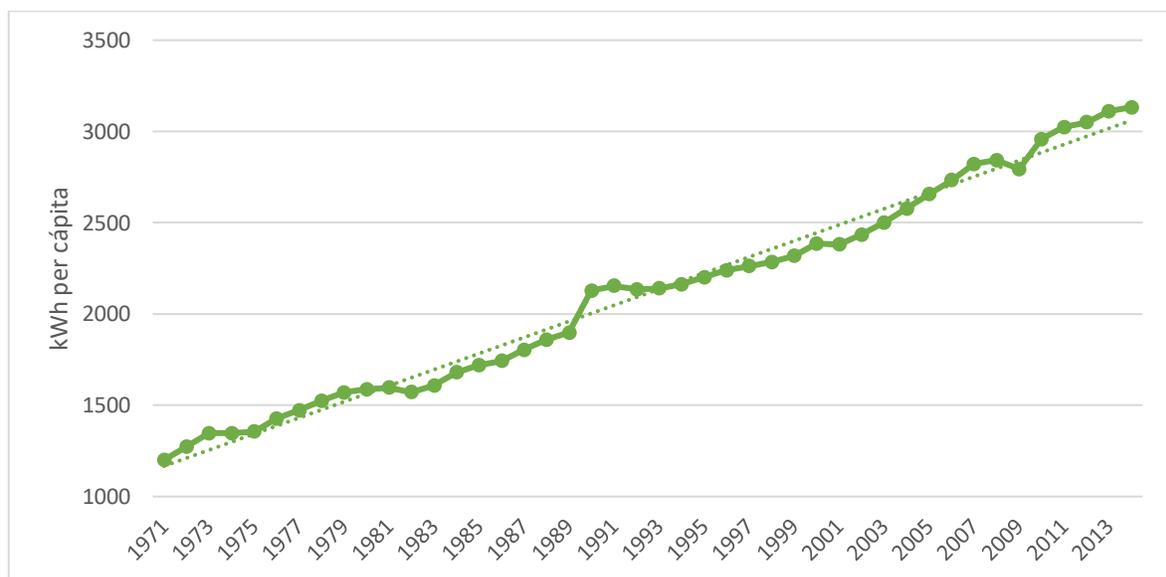
En la Gráfica 2 se puede observar las emisiones globales de CO2 por sector y, por lo tanto, su impacto relativo en el Cambio Climático (el CO2 es uno de los principales componentes de los GEI). El sector electricidad es el sector que más emite CO2 con un 42% del total, le sigue el sector transporte con un 24% del total. Se observa que el sector electricidad es por mucho el sector que mayor participación tiene en la emisión de CO2, razón por la cual se hace evidente la necesidad de su transición hacia fuentes renovables y así disminuir los impactos del Cambio Climático derivados de la emisión de GEI.

Para lograr lo anterior, las partes de la Convención Marco de la ONU sobre el Cambio Climático (CMNUCC) acordaron el objetivo de mantener el aumento de la temperatura global en dos grados centígrados por encima de los niveles preindustriales, así como considerar la disminución de esa meta a uno punto cinco grados en el futuro cercano (World Energy Council, 2014, pág. 2) . Para lograr este objetivo es necesario aumentar la participación de las Energías Renovables en la Matriz Energética mundial, de 25% en 2017 a 86% en 2050 (IRENA, 2019, pág. 10). Esta transformación del

sector eléctrico es visto en la literatura como una solución a los efectos del Cambio Climático y lo convierte en el mayor y más efectivo contribuyente en la reducción de GEI.

La transición por la que requiere pasar la industria energética tiene un enorme reto debido al continuo aumento de la demanda de electricidad mundial. En la Gráfica 3 se observa la tendencia creciente del consumo de electricidad, durante el periodo 1971-2014 la tasa de crecimiento promedio anual fue de 2.28%. De acuerdo con la AIE se espera que el crecimiento de electricidad siga aumentando, sobre todo en los países en vía de desarrollo, donde su crecimiento económico y demográfico implica un mayor consumo de productos y servicios.

*Gráfica 3: Consumo de energía eléctrica mundial*



Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas del Banco Mundial

En el año 2016 entró en vigor el Acuerdo de París<sup>4</sup> sobre el Cambio Climático, lo que implicó una fuerte señal sobre la determinación de los gobiernos para reducir las emisiones de GEI. Sin embargo, lograr el DSIE todavía se enfrenta a varios retos y a un panorama energético en constante cambio, esto genera que no se pueda predecir un camino específico sobre el desarrollo futuro de la Industria Eléctrica. Ante esta situación, la Agencia internacional de Energía, en su documento *Perspectivas de la energía en el mundo 2016* (WEO-2016 por sus siglas en inglés), presenta tres escenarios diferentes para el año 2040 en función del grado de implementación de políticas públicas que fomenten el

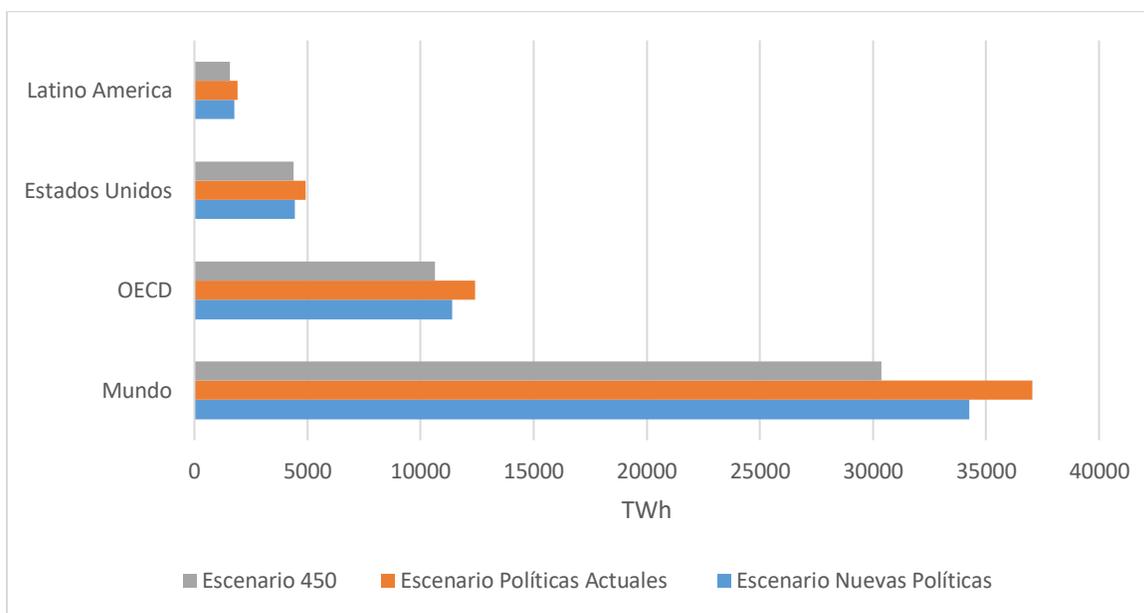
<sup>4</sup> Se refiere al acuerdo firmado en la conferencia de París sobre el clima (COP21), celebrada en diciembre de 2015, para establecer un plan para evitar el Cambio Climático.

despliegue de las Energías Renovables: a) el Escenario de Nuevas Políticas, b) el Escenario de Políticas Actuales y c) el Escenario de descarbonización (Escenario 450).

Para el Escenario de Nuevas Políticas, WEO-2016 toma en cuenta los objetivos para disminuir la emisión de GEI del Acuerdo de París, las políticas que ya han sido implementadas por los gobiernos y su futura actualización para adaptarlas a las nuevas necesidades del DSIE. El Escenario de Políticas Actuales describe un escenario en donde los nuevos objetivos para disminuir la emisión de GEI no son tomados en cuenta por los gobiernos y no existen mejoras en las políticas ya implementadas. El Escenario de Descarbonización tiene el objetivo de limitar el aumento promedio de la temperatura global a 2 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales en 2100 y representa el escenario óptimo para la Transición Energética.

En la Gráfica 4 se indica que la demanda de electricidad en el año 2040 es menor en el Escenario de Descarbonización. Esta situación se presenta debido que para alcanzar el DSIE no basta con descarbonizar el Sector Eléctrico, también es necesario aumentar la eficiencia energética.

*Gráfica 4: Demanda de Electricidad por Región y Escenario en el año 2040*



**Fuente:** Elaboración propia a partir de *World Energy Outlook 2016* (IEA, 2016, pág. 246)

En la Tabla 3, podemos observar que el aumento en la generación de Energías Limpias dentro de la Matriz Energética mundial para el año 2040 está indicado en los tres escenarios del WEO 2016, pasando de 6% en 2014 a 21% en el Escenario Nuevas Políticas, a 15% en el Escenario Políticas Actuales y a 38% en el Escenario de Descarbonización. La generación eléctrica a partir de

combustibles fósiles únicamente disminuye en el Escenario de Descarbonización. Resalta el hecho de que la generación de electricidad a partir de carbón aumente del año 2014 al 2040 en aproximadamente 57% en el Escenario Políticas Actuales, pero dicho aumento únicamente es de 11% en el Escenario Nuevas Políticas.

A pesar del constante cambio en la Industria Eléctrica y que no se tenga una certeza sobre su desarrollo específico, se pueden identificar dos hechos concretos: la demanda de electricidad seguirá creciendo y el despliegue de las Centrales Eléctricas Limpias continuará en expansión. Estos hechos requerirán inversiones en nuevas Centrales Eléctricas Limpias y en toda la infraestructura necesaria para su despliegue en los sistemas eléctricos, por ejemplo, nuevas redes de Transmisión y Distribución y el desarrollo Smart Grids<sup>5</sup>.

Las inversiones mundiales requeridas para la nueva capacidad de Energías Limpias y para adaptar los sistemas eléctricos a los requerimientos de este tipo de energías requerirá un millón de millones de dólares por año hasta el año 2050 (IRENA, 2019). Así mismo, para apoyar el DSIE es necesario implementar nuevas políticas públicas por parte de los gobiernos, las cuales van desde instrumentos financieros, incentivos fiscales, establecimiento de cuotas, entre otras.

---

<sup>5</sup> Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), las Smart Grids son un sistema que integra muchas variedades de tecnologías y servicios de computación y comunicación digital en la infraestructura del sistema eléctrico.

*Tabla 3: Generación eléctrica mundial por fuente y escenario 2014 vs 2040  
(en TWh y %)*

	2014	2040		
	Situación Actual	Nuevas Políticas	Políticas Actuales	Escenario 450
<b>Total</b>	<b>23,809</b>	<b>39,047</b>	<b>42,511</b>	<b>34,092</b>
Combustibles Fósiles	15,890	20,243	26,246	8,108
<i>Carbón</i>	<i>9,707</i>	<i>10,787</i>	<i>15,305</i>	<i>2,518</i>
Hidroeléctrica	3,894	6,230	5,984	6,891
Otras Renovables <sup>6</sup>	1,489	8,041	6,320	12,992
<b>Participación</b>				
Combustibles Fósiles	67%	52%	62%	24%
<i>Carbón</i>	<i>41%</i>	<i>28%</i>	<i>36%</i>	<i>7%</i>
Hidroeléctrica	16%	16%	14%	20%
Otras Renovables	6%	21%	15%	38%

**Fuente:** Elaboración propia con datos del World Energy Outlook 2016 (IEA, 2016).

Para concluir este capítulo, es importante señalar que el sector eléctrico se distinguió por mucho tiempo por ser una industria monopólica e integrada verticalmente. Sin embargo, esta situación ha venido cambiando desde hace más de dos décadas debido a que la industria se encuentra confrontada a una serie de fuerzas competitivas en un contexto global de repliegue del estado a favor del sector privado (Padilla, 2002). Esta situación se conoce como liberalización de la Industria Eléctrica, en donde emergen nuevas formas de organización con diferentes rangos de participación privada, que desplazan el modelo de empresa monopólica integrada verticalmente.

<sup>6</sup> Otras Renovables incluye biomasa, geotérmica, eólica y solar.

## Capítulo 3. La Industria Eléctrica en México y su Desarrollo Sustentable.

La Industria Eléctrica en México ha sufrido grandes cambios desde sus inicios, empezó siendo una industria privada en 1879 para después pasar a manos del estado y finalmente, durante el sexenio de Enrique Peña Nieto en 2012, empezó a desarrollar un mercado eléctrico que permitió una mayor participación privada en la industria.

### 3.1.- Antecedentes de la Industria Eléctrica en México

La Industria Eléctrica mexicana inició en el año de 1879, en la ciudad de León en Guanajuato. En esta ciudad se instaló la primera termoeléctrica para alimentar de fuerza motriz a la fábrica de hilados y tejidos “La Americana”, la cual había iniciado operaciones solo dos años antes. En 1880 se instalaron dos lámparas de arco en la Ciudad de México y casi 10 años después, en 1889 se instaló la primera central hidroeléctrica del país, en el pueblo minero Batopilas en Chihuahua (Terrés, 2017).

En las últimas décadas del siglo XIX la Industria Eléctrica estuvo enfocada a atender principalmente el alumbrado público y a la industria minera y textil. El crecimiento económico del país propició la llegada de capital extranjero interesado en invertir en el sector. Fueron tres empresas la que crearon un fuerte monopolio en el sector: La Mexican Light and Power, La American and Foreign Power y La compañía Eléctrica de Chapala, las cuales siguieron predominando durante las primeras tres décadas del siglo XX (Bobadilla, 2015, pág. 115). Durante este periodo se realizaron grandes obras de infraestructura eléctrica en el país, como ejemplo, la Mexican Light and Power realizó el primer proyecto hidroeléctrico de grandes dimensiones en el país, la planta Necaxa en Puebla, instalada en 1903, la cual abastecía de electricidad a la Ciudad de México; y en 1907 la empresa Guadalajara Transway construyó la central hidroeléctrica de Puente Grande, la cual generaba en 1939 el 10% de la electricidad del país.

Los cambios políticos que sucedieron con el inicio de la Revolución Mexicana generaron las condiciones para la nacionalización de la industria petrolera y posteriormente la Industria Eléctrica. En 1917 se promulgó la nueva Constitución Mexicana, en la cual se dieron cambios sustanciales en la regulación de los sectores productivos del país. El artículo 27, en específico, abrió la posibilidad de una intervención del Estado en la economía del país.

El 2 de diciembre de 1933, el presidente Abelardo L. Rodríguez propuso al Congreso de la Unión la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Cuatro años después, en 1937 siendo presidente Lázaro Cárdenas, la CFE entró en operación con la finalidad de reconocer al sector eléctrico como público y estratégico, dando paso a un proceso de nacionalización de la Industria Eléctrica que duraría aproximadamente veinte años. La comisión fue una de varias empresas públicas creadas por el Estado en aquella época para tener un papel más preponderante en la economía del país. Sus primeros proyectos fueron en Teloloapan, Guerrero; Suchiate, y Chía, Oaxaca; Pátzcuaro, Michoacán; y en Ures y Altar, Sonora (Bobadilla, 2015, pág. 120).

En 1949, el presidente Miguel Alemán decreta a la Comisión Federal de Electricidad como un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio. En 1960, el presidente Adolfo López Mateos promovió una reforma al artículo 27 constitucional en materia de energía eléctrica, incorporando el principio que indica que es competencia exclusiva de la nación generar, conducir, transformar, distribuir, y abastecer energía eléctrica (Bobadilla, 2015, pág. 121). Con esto, la Industria Eléctrica quedó en control del estado, siendo el único prestador del servicio público de energía eléctrica a través de la CFE y Luz y Fuerza del Centro. Este modelo permitió un crecimiento amplio y rápido para satisfacer la demanda de electricidad en el país, especialmente en las zonas rurales.

La negociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) dio pauta para ampliar las posibilidades de permitir la participación de la iniciativa privada en el sector eléctrico. En 1993, durante el gobierno del presidente Salinas de Gortari, la publicación de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica permitió una mayor participación privada en la fase de generación. Esta ley dio paso a la creación de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), órgano descentralizado para la resolución de cuestiones derivadas de la interacción entre el sector público y privado (Terrés, 2017). Con la modificación al marco jurídico, se permitió la pequeña producción, la cogeneración, la producción independiente y la inversión foránea.

Esta nueva Ley permitía la propiedad privada en redes de transmisión con fines de autoabastecimiento e intercambio con el extranjero. El cambio estructural que sufrió la Industria Eléctrica del país se puede sintetizar como la apertura a la generación de electricidad de forma restringida al sector privado, manteniendo el monopolio estatal sobre la red de transmisión, distribución y comercialización. En el año 2009, durante la presidencia de Felipe Calderón, se extingue por decreto la empresa pública Luz y Fuerza del Centro y todos sus activos fueron

transferidos a la CFE. Esta acción consolidó la Industria Eléctrica en un monopolio verticalmente integrado, el cual estaba encargado del suministro eléctrico en todo el territorio nacional.

Esta situación configuró a un sector eléctrico con las siguientes características: Se tenía un monopolio estatal; había generadores privados que vendían energía directamente a la CFE y a grandes consumidores por medio de contratos bilaterales; y, por último, agentes privados generaban electricidad para el autoconsumo, sin utilizar la red pública de transmisión y distribución. El Estado estaba obligado a invertir lo necesario para satisfacer la demanda de electricidad del país y las inversiones se realizaban conforme a la planeación centralizada de mínimo costo.

De acuerdo con (Monges, 2016), la principal deficiencia de este modelo era la propensión del Estado a interferir negativamente en las actividades del operador del servicio público, por ejemplo:

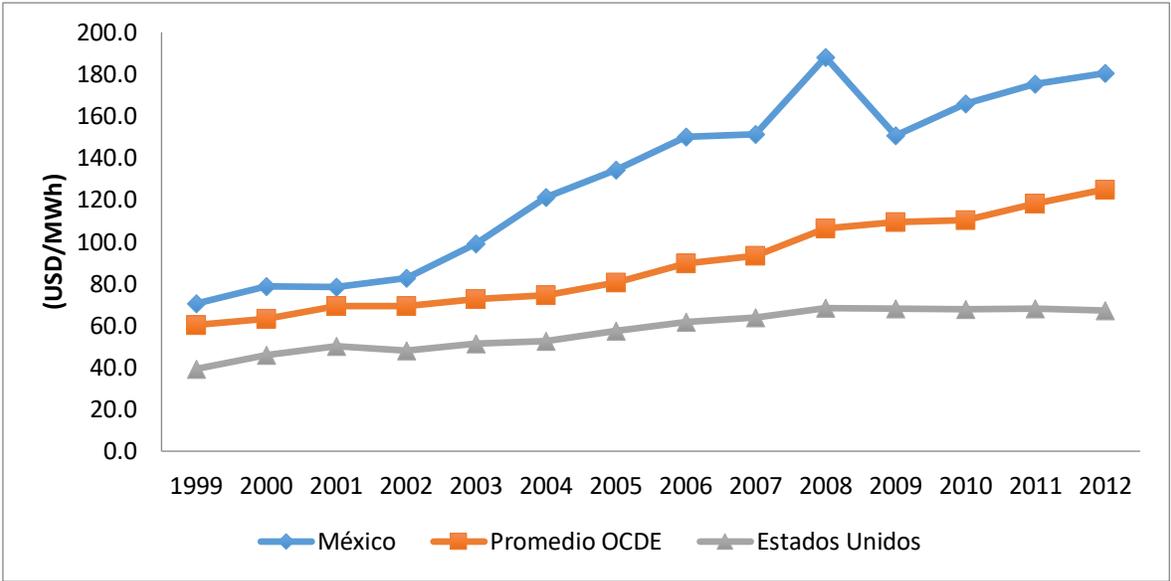
- Las decisiones operativas y de inversión. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) establecía las tarifas del servicio, los subsidios, la carga fiscal, el presupuesto y la manera de ejercerlo. Esta situación obligaba a la CFE a utilizar esquemas financieros y de crédito para realizar los proyectos necesarios, lo que ocasionó un aumento en el endeudamiento de la empresa.
- El proceso de planeación. Los pronósticos de crecimiento elaborados por la SHCP generalmente eran demasiados optimistas, lo cual provocaba inversiones excesivas en generación. Esto provocaba menores recursos en transmisión, distribución y mantenimiento, lo cual tenía repercusiones negativas en el funcionamiento de la red eléctrica en su conjunto.
- Fijación de precios de la electricidad. La SHCP aplicaba un sistema tarifario con importantes brechas entre precios y costos marginales de largo plazo. Lo anterior implicaba la aplicación de subsidios que beneficiaban a unos usuarios, penalizaban a otros y generaba una carga fiscal a las finanzas públicas.

En el 2012, producir energía en el país era más costoso que en otros países debido a la ineficiencia de la estructura monopólica de la CFE. Ésta tenía una infraestructura obsoleta, un marco regulatorio ineficiente y una poca diversificación de la Matriz Energética. Sin embargo, la percepción de esta situación no era evidente para la población debido a que los costos reales estaban ocultos por los cuantiosos subsidios otorgados por parte del gobierno federal y su consiguiente efecto negativo en las finanzas públicas (Toro, Serra, & Ch., 2013, pág. 7).

De acuerdo con (Toro, Serra, & Ch., 2013), los problemas con los subsidios son: su incremento debido a los costos crecientes de producción genera un efecto negativo en las finanzas de públicas; generan distorsiones en los patrones de consumo de los consumidores, dado que no se internaliza el costo real de la electricidad y se genera un incentivo para un consumo desmedido de la electricidad; si no están diferenciados, los beneficiarios de los subsidios serán los mayores consumidores.

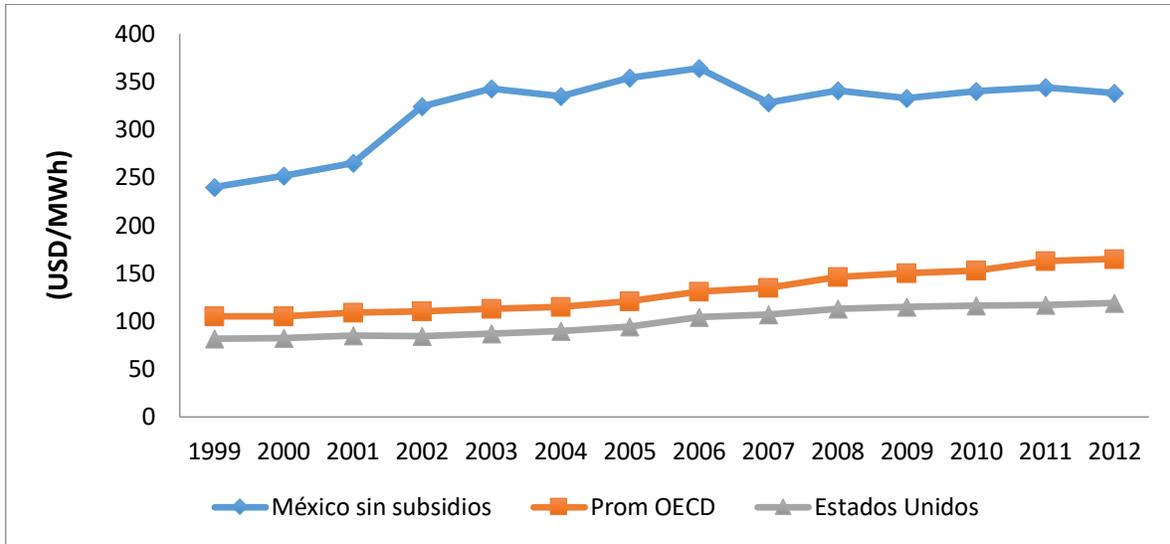
En la Gráfica 5 y en la Gráfica 6 podemos observar que las tarifas eléctricas residenciales e industriales en México durante el periodo 1999-2012, superaron el promedio de las tarifas eléctricas de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y a las de los Estados Unidos, lo que implicaba una menor competitividad del país.

*Gráfica 5: Tarifas eléctricas industriales de México, OCDE y EU  
periodo 1999-2012*



Fuente: elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía.

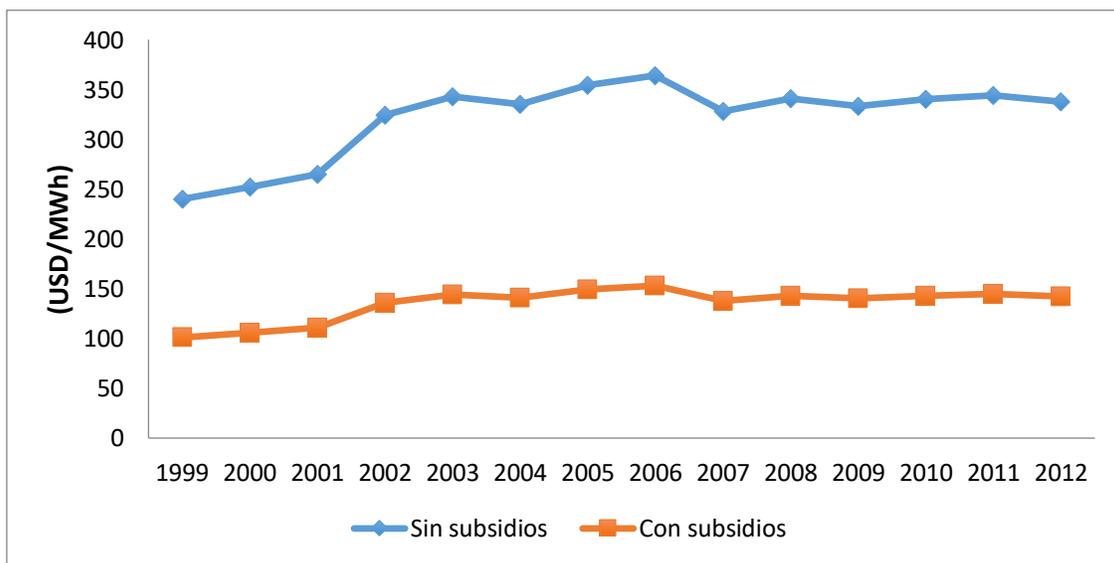
*Gráfica 6: Tarifas eléctricas residenciales de México, OCDE y EU periodo 1990-2012*



**Fuente:** elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía.

En la Gráfica 7 podemos observar las diferencias que existieron entre las tarifas eléctricas con subsidios y sin subsidios en el periodo comprendido de 1999 a 2012. Con lo cual podemos constatar el continuo peso de los subsidios en las finanzas públicas del país, sin lograr que las tarifas llegaran a ser competitivas a nivel mundial.

*Gráfica 7: Comparación de tarifas eléctricas residenciales en México.*



**Fuente:** elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía.

En materia de Energías Renovables, la producción y el aprovechamiento de las Energías Renovables para generar electricidad de México eran menores en relación con otros países en el 2012. Con datos de la AIE, el porcentaje de electricidad que se produjo en México en 2012 a partir de Energías Renovables (incluyendo hidroeléctricas) fue de 15.7% mientras que el promedio de los países de la OCDE fue de 31.7%. Y excluyendo la producción de electricidad de plantas hidroeléctricas, el porcentaje de electricidad que se produjo en 2012 por medio de otras Energías Renovables fue de 4.4%, mientras que el promedio de la OCDE fue de 11.7%.

De acuerdo con Monges (2016), la causa principal de la poca producción de electricidad a partir de fuentes renovables de energía es la falta de inversión para desarrollar este tipo de proyectos. Por un lado, la inversión pública se limitó por las restricciones financieras de la CFE y, por otro lado, el marco legal que prevalecía desincentivaba la inversión privada en proyectos de producción de electricidad con Energías Renovables. Por el otro, son muy inconvenientes dos características comunes en las fuentes de Energías Renovables: su difícil almacenamiento y su localización remota. Esto conlleva a que el desarrollo de una industria de Energías Renovables requiere el desarrollo de un sistema de distribución y transmisión amplio que pueda transportar la energía generada desde los puntos de producción, hacia los centros de demanda.

### 3.2.- La reforma energética.

La reforma energética forma parte del paquete de reformas constitucionales que fueron impulsadas por el llamado *Pacto por México* durante el sexenio del presidente Enrique Peña Nieto. Este acuerdo político buscó intensificar la competencia económica en varios sectores de la economía del país, teniendo un especial énfasis en el sector energético. La reforma energética tenía por meta convertir el sector en un eje de crecimiento económico mediante la atracción de una mayor inversión, desarrollo tecnológico y creación de cadenas de valor.

La reforma energética fue un tema fundamental para la administración federal del sexenio 2013-2018, el cual fue notorio desde la publicación del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 y del Programa Sectorial de Energía (PSE) 2013-2018, documentos en donde se desarrollaron sus motivaciones iniciales.

*Tabla 4: Principales elementos en materia de energía del Plan Nacional de Desarrollo y del Programa Sectorial de Energía.*

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018	Programa Sectorial de Energía 2013-2018
<p>Abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva, por medio de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la provisión de hidrocarburos y gasolinas.</li> <li>• Fortalecer el abastecimiento de electricidad.</li> <li>• Promover el uso eficiente de energía y aprovechar las fuentes renovables.</li> </ul>	<p>Objetivos orientados a optimizar la capacidad productiva y de transformación de hidrocarburos, la operación y expansión de infraestructura eléctrica nacional, el transporte y cobertura de energéticos y a ampliar la utilización de fuentes de Energías Limpias y renovables, entre otros.</p>

**Fuente:** elaboración propia con datos del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y el Programa Sectorial de Energía 2013-2018.

En el sector eléctrico, se buscó fortalecer a la CFE por medio de: crear un sistema competitivo que permitiera bajar las tarifas eléctricas, contar con un mayor abasto de energía, garantizar estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad en el suministro eléctrico e impulsar el Desarrollo Sustentable de la industria. En este proceso se expidieron 9 y se reformaron 12 leyes, las cuales se muestran en la Tabla 4.

*Tabla 5: Leyes secundarias involucradas en la Reforma Energética*

Leyes expedidas (9)	Leyes reformadas (12)
-Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos	-Ley Federal de Derechos
-Ley del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo	-Ley de Coordinación Fiscal
-Ley de la Industria Eléctrica	-Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria
-Ley de Energía Geotérmica	-Ley General de Deuda Pública
-Ley de Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética	-Ley de Aguas Nacionales
-Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio	-Ley Orgánica de la APF
	-Ley de Inversión Extranjera
	-Ley Minera

<p>Ambiente del Sector Hidrocarburos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ley de Hidrocarburos</li> <li>-Ley de Pemex</li> <li>-Ley de CFE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ley de Asociaciones Público-Privadas</li> <li>-Ley Federal de Entidades Paraestatales</li> <li>-Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.</li> <li>-Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.</li> </ul>
--	--

Fuente: Elaboración propia con información del DOF 11/08/2014

### 3.2.1.- Análisis del subsector de electricidad de la Reforma Energética.

En el 2012 la Industria Eléctrica se encontraba en una mala situación financiera y generaba una gran carga fiscal al gobierno. Esto condujo a una separación de actividades en la industria la cual consistió principalmente en que la empresa pública que realizaba toda la cadena de valor, desde la planeación hasta la generación, dejara de existir para dar paso a un mercado mayorista con cierto grado de liberalización.

A continuación, se resume la organización de la nueva Industria Eléctrica de acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de la Comisión Federal de Electricidad:

- Planeación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN)
  - Es responsabilidad de la Secretaría de Energía (SENER) y del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), los cuales redactan el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN).
- Operación del mercado y control del SEN
  - A partir del 2014 el CENACE se independiza de la CFE, y se encarga de operar el mercado mayorista, del control operativo del SEN y del acceso no discriminatorio a las redes de transmisión y distribución.
- Proveeduría de insumos primarios
  - CFE se encarga de la comercialización de combustibles con dos filiales: en Estados Unidos con CFE internacional y en México con CFE Energía.
- Generación
  - La CFE se separa en seis empresas de generación. El propósito de este reparto es que exista equidad entre ellas y ninguna de estas empresas logre un poder de mercado en alguna región. Estas empresas pasan a denominarse Empresas Productivas subsidiarias (EPS) y competirán entre sí y contra otras empresas de generación.

## **Empresas Productivas Subsidiarias**

- CFE corporativo
  - Con la Reforma Energética, CFE se convierte en una Empresa Productiva del Estado (EPE). CFE cuenta con un corporativo con el cual controlará filiales y subsidiarias: las filiales deben ser de mayoría estatal y pueden tener participación probada; las subsidiarias deben ser 100% del Estado y pasa a llamarse Empresas Productivas subsidiarias (EPS) y tienen el mandato de ser rentables financieramente.
- CFE Contratos de Interconexión Legados
  - Tiene el mandato de gestionar los contratos de interconexión legados que corresponden a autoabastecimiento, cogeneración y la energía excedente
- CFE Generación V
  - Es la empresa encargada de administrar los contratos de los Productores Independientes de Energía (PIE), los cuales son centrales que deben entregar su electricidad a la CFE.
- CFE Transmisión y CFE Distribución
  - Son dos EPS que operarán a tarifa regulada y que tendrán a su cargo los activos del Estado de las redes de transmisión y distribución.
- CFE Calificados
  - Es la filial encargada del suministro a usuarios calificados y otras actividades de comercialización. Tendrá que competir con empresas privadas en el servicio entregado a los usuarios calificados.
- CFE Suministrados de Servicios Básicos
  - Será la empresa encargada de proveer electricidad a usuarios de suministro básico a tarifa regulada.

Pasar del monopolio verticalmente integrado a una estructura competitiva de la industria necesitó fortalecer y dar una mayor independencia el ente regulador (CRE) para organizar la competencia en la industria y las actividades concernientes al establecimiento de las tarifas eléctricas. El fortalecimiento de la CRE implicó la protección al consumidor, la protección de los inversionistas, el fomento de una competencia justa para lograr un mercado eléctrico efectivo, la facultad de regular las tarifas de transmisión y distribución, emitir las reglas del mercado, el otorgamiento de permisos a los distintos participantes del mercado y la vigilancia de la operación del mercado eléctrico.

La reforma implicó la creación del CENACE como un organismo público descentralizado para ejercer el control operativo del SEN, la operación del Mercado Eléctrico Mayorista, garantizar el acceso abierto a la RNT y a las RGD, y ser el responsable de los programas de ampliación y modernización de la RNT y de las RGD. Todo esto con la finalidad de establecer su imparcialidad al momento de despachar la energía eléctrica.

### 3.3.-Infraestructura actual del Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

La reforma energética fue promulgada el 20 de diciembre de 2013 y de acuerdo con el documento que constituye la ruta a seguir en el desarrollo del sector eléctrico, el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032 (PRODESEN 2018-2032), ya se pueden observar algunos avances y resultados de su implementación.

#### 3.3.1.- Avances y resultados de la reforma energética en materia de electricidad

A continuación, se resumen los avances y resultados de la reforma energética en el sector eléctrico indicados en el PRODESEN 2018-2032.

- Licitación BC-SIN SENER
  - Proyecto de interconexión entre el Sistema Eléctrico de Baja California (BC) y el Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual busca otorgar un contrato de gestión y operación de la infraestructura de transmisión eléctrica para la interconexión entre los dos sistemas eléctricos
- Licitación Ixtepec-Yautepec CFE Transmisión
  - Construcción, modernización, operación y mantenimiento de 1,221 kilómetros de una línea de transmisión eléctrica desde Ixtepec, Oaxaca, hasta Yautepec, Morelos
- Subastas de Mediano Plazo
  - El 5 de marzo de 2018 se publicó el fallo de la Primera Subasta de Mediano Plazo (SMP-1/2017), en la cual los vendedores de potencia en modalidad de generador fueron CFE Generación VI, GPG Energía México y Energía Azteca X. La oferta ganadora corresponde a GPG Energía México con 50 MW/año de Potencia para entregar en 2018 (SENER, 2018).
- Subastas de Largo Plazo
  - Las subastas de largo plazo permiten celebrar contratos de largo plazo, en forma competitiva, para satisfacer las necesidades de Potencia, Energía Eléctrica Acumulable (EEA) y Certificados de Energía Limpia. Entre 2015 y 2018, se realizaron tres subastas de

largo plazo, en las cuales se han obtenido precios competitivos comparados con los reportados en otros países latinoamericanos. Los proyectos ganadores de la primera subasta representaron una inversión de 2.6 mil millones de dólares, los de la segunda, una inversión de 4 mil millones de dólares y los de la tercera, una inversión de 2.4 mil millones de dólares.

- Certificados de Energía Limpia (CEL)

La SENER determinó los requisitos de CEL correspondientes a los periodos de obligación 2020, 2021, 2022, de 7.4%, 10.9% y 13.9% respectivamente. El requisito de CEL define la proporción del total de Energía Limpia consumida durante un año por los Participante Obligados

- Operación del Mercado Eléctrico Mayorista

- <sup>7</sup>Se han integrado al mercado de energía de corto plazo 82 participantes; 39 generadores, 28 suministradores de servicios Calificados, 11 comercializadores no suministradores, un generador de intermediación, un usuario calificado, un suministrador de último recurso y un suministrador de servicios básicos (SENER, 2018).

### 3.3.2.- Nueva política energética en materia de electricidad

El 30 de mayo de 2019, la SENER publicó el nuevo PRODESEN 2019-2033. Este documento recoge las prácticas y políticas de fondo que se establecieron en la reforma constitucional del 2013, algunas de las más relevantes que se mencionan son las siguientes:

- Asegurar la rentabilidad y retorno del capital en las inversiones que se realicen en las empresas participantes en el mercado eléctrico.
- Aumentar la generación eléctrica con Energías Limpias y Renovables, y cumplir con los compromisos internacionales con relación al Cambio Climático y reducción de emisiones.
- Establecer un equilibrio responsable en las tarifas eléctricas, que permitan la rentabilidad y desarrollo sostenible de la Industria Eléctrica en si conjunto.
- Establecer un uso racional y sostenible de todos los recursos energéticos y tecnológicos disponibles para el desarrollo nacional e integrar de manera ordenada, sostenible y confiable, las Energías Limpias y renovables en la Matriz Energética nacional.

---

<sup>7</sup> Cabe mencionar que estos avances fueron publicados en el PRODESEN 2018-2032, el cual estuvo a cargo de la administración de Enrique Peña Nieto. Estos resultados ya no se mencionan en los resultados indicados en el PRODESEN 2019-2033, el cual estuvo a cargo la administración del presidente Andrés Manuel López Obrador. En específico, los proyectos “Licitación Ixtepec-Yautepec CFE Transmisión” y “Licitación BC-SIN SENER” fueron cancelados durante el primer trimestre del nuevo gobierno, y la cuarta subasta de largo plazo fue pospuesta hasta nuevo aviso. **Fuente:** [www.proyectosmexico.com](http://www.proyectosmexico.com)

También menciona algunas deficiencias en su implementación, las cuales se resumen a continuación:

1. Acciones equivocadas en la planeación integral del Sistema Eléctrico Nacional.

Se indica que la separación institucional del proceso de planeación entre la SENER, el CENACE y CFE Distribución ocasiona que se pierda el análisis integral del sistema eléctrico. Debido al otorgamiento de permisos a Centrales Eléctricas, existe una necesidad de reforzar la Red Nacional de Transmisión (RNT), lo cual requiere altos niveles de inversión. Se menciona que no se ha iniciado ningún refuerzo de la RNT, comprometiendo la confiabilidad y seguridad del SIN. Se indica una saturación de la red eléctrica en algunas regiones del país debido al aumento de la interconexión de Centrales Eléctricas.

2. Manejo del Mercado Eléctrico

Se menciona que las Empresas Productivas de la CFE no han participado en igualdad de condiciones que el resto de los participantes, teniendo las siguientes consecuencias: el costo de las reservas operativa u reservas de regulación secundaria han sido pagadas en gran parte por la CFE; el costo de los servicios conexos regulados no le han sido retribuidos a la CFE; la CFE absorbe el déficit que se tiene por los costos de transmisión, distribución y servicios conexos que no son cubiertos con las tarifas actuales de Porteo y Respaldo que se aplican a los titulares de contratos legados; no se ha permitido que CFE Suministro Básico celebre contratos de cobertura directa.

3. Impacto negativo del sistema tarifario

Se establece que existió una diferencia de \$61,999 millones de pesos entre los costos totales de la Industria Eléctrica y los ingresos (incluidos la transferencia de recursos por parte de la Federación), los cuales fueron cubiertos por la CFE, ocasionando un daño a sus finanzas y afectando sus planes productivos. Hace mención de la carga financiera y operativa de los contratos legados cuyos déficits debe hacer frente la CFE. Hace referencia a que las fluctuaciones de las tarifas no corresponden con la evolución de los precios de las energías primarias, concluyendo que las metodologías para establecer las tarifas fueron inadecuadas.

4. Consecuencias de la estricta separación legal de la CFE

Se indica que la creación de seis EP's y una Empresa Filial (EF), incrementaron costos y se redujo la eficiencia de gestión operativa y administrativa de la CFE. Establece que la reorganización de los activos en cinco de las EPS se realizó de forma ineficiente, lo que

generó una operación ineficiente de las Centrales Eléctricas y una complicación administrativa en temas de refacciones y personal calificado.

5. Afectación operativa y daño financiero para la CFE

Se menciona que el nuevo esquema tarifario en 2017 implicó que la CFE aplicara una disminución en sus tarifas, resultando en la contratación de líneas de crédito por parte de la CFE, para balancear su flujo de efectivo.

6. Financiamiento en la inversión y contratación del servicio de transporte del gas natural

Se menciona la alta dependencia nacional por la importación de gas natural y a la carga financiera debido a los contratos asignados para el transporte de gas natural.

### 3.3.3.- Infraestructura actual del Sistema Eléctrico Nacional

El SEN se conforma de nueve regiones de control y un pequeño sistema eléctrico, los cuales se presentan en la Ilustración 1. Las 7 regiones del macizo continental se encuentran interconectados y conforma SIN. En este sistema se comparten los recursos y las capacidades dependiendo de las demandas regionales y sus situaciones operativas; esto logra un intercambio de energía logrando un funcionamiento más económico y flexible. El sistema de Baja California se encuentra interconectado a la red eléctrica de la región Oeste de EUA y los sistemas eléctricos de Baja California Sur y Mulegé se encuentran aislados entre sí y el resto del SIN.

*Ilustración 1: Estructura geográfica del SEN*



**Fuente:** Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032. Secretaría de Energía.

La capacidad efectiva instalada en Centrales Eléctricas se conforma por las Centrales Eléctricas correspondiente la CFE, Productores Independientes de Energía, Autoabastecedores (AU), Cogeneradores (COG), Pequeños Productores (PP), Importadores (IMP), Exportadores (EXP) y las Centrales Eléctricas participantes del mercado (GEN) que se encuentran interconectados al SEN. A diciembre de 2018 la capacidad de generación de la CFE, los PIE y el resto de los permisionarios alcanzó un valor de 70,053 MW (SENER, Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033, 2019, pág. 21).

Existen tres tipos de redes, la Red Nacional de Transmisión (RNT), las Redes Generales de Distribución (RGD) y las Redes Particulares. La Red Nacional de Transmisión está integrada por las redes eléctricas que se utilizan para transportar energía eléctrica a las Redes Generales de Distribución; las Redes Generales de Distribución se utilizan para distribuir energía eléctrica al público en general y a grandes consumidores, están integradas por las redes en media tensión y las redes en baja tensión; las Redes Particulares no forman parte de la Red Nacional de Transmisión y su uso es privado (SENER, Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033, 2019, pág. 28). De acuerdo con el PRODESEN 2019-2033, al 31 de diciembre de 2018 la RNT tenía 108,018 km de longitud y las líneas de distribución sumaban 838,831 km.

#### 3.3.4.- Demanda y consumo de energía eléctrica 2019-2033

Anteriormente se mencionó que la energía eléctrica es fundamental para el desarrollo de otras actividades productivas, así como un servicio de consumo final. El PRODESEN 2019 indica que el crecimiento del consumo de electricidad depende de varios factores, entre los más relevantes están:

1. Crecimiento económico
2. Crecimiento poblacional
3. Estacionalidad
4. Precio de la electricidad
5. Precio de los combustibles
6. Pérdidas de energía eléctrica
7. Eficiencia energética
8. Estructura del consumo final eléctrico (residencial, comercial, servicios, agrícola, empresa mediana y gran industria)

El crecimiento económico es una variable importante al pronosticar la demanda de energía eléctrica. Todos los países, sociedades, comunidades aspiran a aumentar sus ingresos y lograr un

aumento de su calidad de vida. Si esta aspiración se cumple, se espera que el consumo total de la población también aumente y por lo tanto también el consumo total de electricidad debido al aumento de servicios proporcionados, productos de consumo y productos agrícolas. De acuerdo con la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (EIA), para el periodo 2019-2033, se espera una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 0.6% en el consumo internacional per cápita de electricidad, y una TMCA de 1.5% en la generación neta de electricidad.

De acuerdo el PRODESEN 2019-2033, la evolución para los próximos 15 años del consumo bruto del SEN se realiza bajo 3 escenarios: planeación, alto y bajo. Se estima que el escenario de planeación tenga una TMCA del 3.0%, el escenario alto 3.5% y el escenario bajo 2.7% (SENER, Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033, 2019, pág. 41).

### 3.3.5. Generación distribuida en México

De acuerdo con la SENER, la Generación Distribuida es la generación de energía eléctrica realizada por un Generador Exento<sup>8</sup>, por lo que la capacidad instalada de la Central Eléctrica debe ser menor a 500 kW y además que se interconecte a las Redes de Distribución en lugar de las Redes de Transmisión. La LTE indica que si la generación se realiza a partir de Energías Limpias es Generación Limpia Distribuida.

Este tipo de generación ha tomado relevancia últimamente por su característica de producir electricidad cerca de los centros de demanda, su ayuda para disminuir los excesos de demanda de electricidad y que es asociada comúnmente con la producción de Electricidad Limpia.

El PRODESEN 2013-2033 toma en cuenta la importancia de su desarrollo considerando la apertura de las Redes Generales de Distribución a la Generación Distribuida y el desarrollo e integración de proyectos de Generación Limpia Distribuida.

En la Grafica 8 se puede observar la tendencia creciente de este tipo de generación en México, lo cual se adecua a las tendencias mundiales. Es importante resaltar esta estadística debido a que los avances en la Generación Distribuida y el Desarrollo de Smart Grids están moldeando el diseño de los mercados eléctricos del futuro.

Actualmente en México existen políticas públicas e incentivos para promover la Generación Distribuida, estos consisten en: fideicomisos de apoyo para instalación de sistemas fotovoltaicos,

---

<sup>8</sup> Propietario de una o varias Centrales Eléctricas que no requieren ni cuenten con permiso para generar energía eléctrica en términos de la LIE.

cogeneración, Certificados de Energía Limpia, e incentivos fiscales que permiten deducir el 100% de la inversión en maquinaria y equipo para la generación de Electricidad Limpia (SENER, Política Pública para Promover la Generación Distribuida en México, 2018).

*Gráfica 8: Tendencia en la evolución de Capacidad Instalada de Generación Distribuida en México.*



Fuente: Comisión Reguladora de Energía -

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483322/Estadisticas\\_GD\\_2019-1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483322/Estadisticas_GD_2019-1.pdf)

### 3.4.- El Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica en México

En la sección 1.3 se explicó el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica y sus implicaciones para los gobiernos del mundo. México, como firmante del Acuerdo de París<sup>9</sup>, estableció una agenda en materia de energía eléctrica cuyo principal objetivo es lograr su Desarrollo Sustentable para ajustarse a las metas del Acuerdo de París. En México, la transición de una Industria Eléctrica basada en Energías Fósiles a una que aproveche las Energías está regulada por la Ley de Transición Energética (LTE), la cual se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* el 24 de diciembre 2015.

La LTE en su artículo 1ro establece que tiene por objetivo “regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica” y engloba: metas y obligaciones; funciones de las autoridades e instrumentos de planeación; financiamiento e inversión; investigación científica;

<sup>9</sup> Se refiere al acuerdo firmado en la conferencia de París sobre el clima (COP21), celebrada en diciembre de 2015, para establecer un plan para evitar el Cambio Climático.

desarrollo industrial; información energética y los CEL. En su artículo 21, se establecen tres instrumentos de planeación<sup>10</sup>: **a)** la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios<sup>11</sup>, **b)** el Programa Especial de la Transición Energética<sup>12</sup> y **c)** el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE). Y en el artículo 27, se menciona que “[...] la Estrategia constituye el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo en materia de obligaciones de Energías Limpias, Aprovechamiento sustentable de la energía y mejora en la productividad energética en su caso, de reducción económicamente viable de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica”.

La Estrategia, publicada en el 2016, cuenta componentes de planeación de mediano y largo plazo, de 15 y 30 años, respectivamente. Estos componentes de planeación del sector energético definen metas tanto de Energías Limpias como de eficiencia energética y para su seguimiento, la Estrategia, cuenta con indicadores para monitorear la dinámica hacia la transición energética en la generación y consumo de energía eléctrica en el país.

La Estrategia menciona que, respecto al DSIE, la LTE comprende lo siguiente:

- Prever el incremento gradual de la participación de las EL en la IE con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia generación de Energías Limpias y reducción de GEI.
- Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética de una manera económicamente viable.
- Determinar las obligaciones en materia de aprovechamiento sustentable de la energía y eficiencia energética.
- Emitir mecanismos de promoción de Energías Limpias y reducción de emisiones contaminantes.
- Reducir, bajo condiciones de viabilidad económica, la generación de emisiones contaminantes en la generación de energía eléctrica.

#### 3.4.1 Marco Jurídico del DSIE en México.

El marco jurídico del DSIE en México se manifiesta en un amplio conjunto de leyes, reglamentos, planes, programas, lineamientos y normas. La constitución mexicana, en su artículo 4to, establece como derechos fundamentales el acceso a la salud, a un medio ambiente sano, al agua y a una

---

<sup>10</sup> Artículo 26 de la LTE.- La Estrategia, el Programa y el PRONASE deberán ser revisados con una periodicidad anual, con la participación que corresponda a la Secretaría, la CRE, el CENACE y la CONUEE.

<sup>11</sup> Este instrumento, en lo que sigue del presente trabajo, se denominará simplemente como “Estrategia”

<sup>12</sup> Al igual que con la Estrategia, en el resto de este texto, este instrumento será llamado simplemente “Programa”.

vivienda digna. Los artículos 25 y 26 indican que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable.

Este marco jurídico emana de la aprobación de la Reforma Energética de 2013, la cual creó y modificó leyes, reglamentos y normas buscando incentivar el uso de Energías Limpias. El soporte al marco jurídico lo componen ocho leyes constitucionales y cinco reglamentos.

*Tabla 6: Marco jurídico de la Transición Energética.*

<b>LEYES</b>
Ley de Planeación (LP)
Ley de la Industria Eléctrica
Ley de Transición Energética (LTE)
Ley General de Cambio Climático
Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética
Ley de la Comisión Federal de Electricidad
Ley de Energía Geotérmica
Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos
<b>REGLAMENTOS</b>
Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica
Reglamento de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad
Reglamento de la Ley de Transición Energética
Reglamento de la Ley de Energía Geotérmica
Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos

**Fuente:** Elaboración propia con base en (CONUEE, 2016)

La Estrategia menciona que el nuevo marco jurídico emanado de la Reforma Energética fomenta el aprovechamiento de las Energías Limpias, ya que:

- Elimina barreras de entrada a la industria, lo que incentiva la inversión.
- Establece metas claras para favorecer la capacidad renovable del SEN.
- Incorpora instrumentos que permiten realizar consultas y evaluaciones del impacto social de los proyectos.
- Promueve la comercialización de energía bajo condiciones de competencia a través del nuevo mercado eléctrico

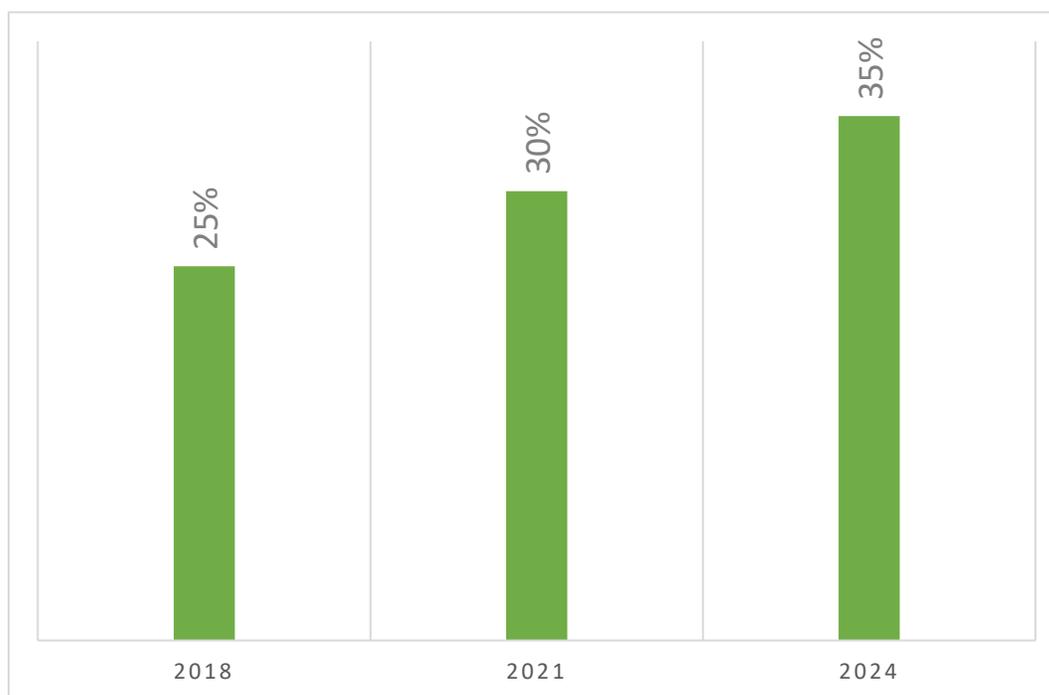
- Incentiva las inversiones mediante instrumentos financieros y apoyos fiscales
- Incorpora infraestructura de transmisión para transportar la electricidad generada (CONUEE, 2016, pág. 10) .

### 3.4.2 Metas, políticas y líneas de acción del DSIE en México

El instrumento rector de la Transición en México, la Estrategia, establece metas claras para el DSIE las cuales parten de manera fundamental en lo que fija la LTE y la LIE.

La LTE en su artículo 3ro transitorio, estableció las metas mínimas de participación de Energías Limpias en la generación de energía eléctrica (ver Ilustración 5). La Estrategia plantea que en el año 2050 México contará con; un sector energético basado en tecnologías limpias, energéticamente eficientes y que promueva la productividad, el Desarrollo Sustentable y la equidad social en el País; y una oferta de energéticos de acceso universal, diversificada, suficiente, de alta calidad y a precios competitivos (CONUEE, 2016, pág. 11).

*Gráfica 9: Porcentajes mínimos de participación de Energías Limpias.*



*Fuente: Elaboración propia con base en la Ley de Transición Energética. (LTE, 2015, pág. 37)*

Configurar un sistema eléctrico con una mayor participación de Energías Limpias requiere del diseño e implementación de políticas públicas que garanticen las acciones de los actores involucrados. Las líneas de acción específicas de estas políticas se dividen en siete sectores y cinco categorías.

Los siete sectores son:

1. Bioenergía;
2. Energía eólica;
3. Energía solar;
4. Geotermia;
5. Hidroenergía y energías del océano y;
6. Captura y almacenamiento de carbono.

Por su parte, las cinco categorías son:

- a) Regulaciones y política pública;
- b) Instituciones;
- c) Capacidades técnicas y recursos humanos;
- d) Mercados y financiamiento e;
- e) Investigación, desarrollo e innovación.

El artículo 27 de la LTE establece que la Estrategia definirá las políticas y las acciones que deberán ser ejecutadas mediante el Programa, cuyo objetivo principal es instrumentar las acciones determinadas en la propia Estrategia para la Administración Pública Federal, asegurando su viabilidad económica. Los cuatro objetivos específicos del Programa son:

1. Aumentar la Capacidad Instalada y la Generación de Energías Limpias
2. Expandir y modernizar la infraestructura de transmisión e incrementar la generación distribuida y almacenamiento.
3. Impulsar el desarrollo tecnológico, de talento y cadenas de valor de Energías Limpias.
4. Democratizar el acceso a las Energías Limpias.

### 3.4 Avance de Energías Limpias al 2018

Las metas de capacidad instalada y generación de Energía Limpia se presentan en la Tabla 7. Ante las metas de corto y largo plazo que el gobierno mexicano ha fijado para la generación eléctrica a partir de Energías Limpias, es indispensable analizar su avance hoy en día.

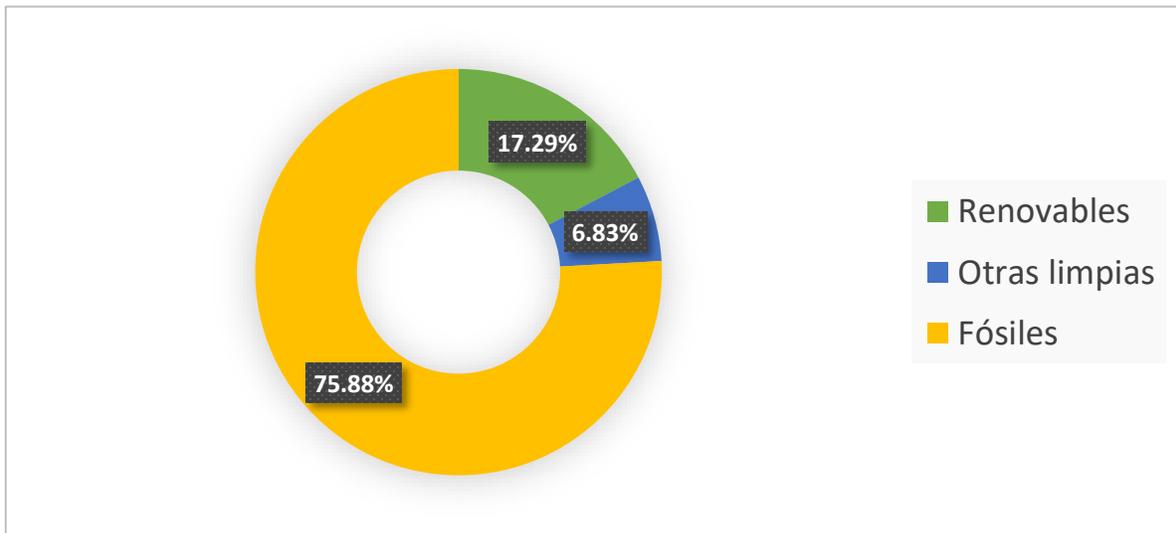
*Tabla 7: Metas de Capacidad Instalada y Generación de Energía Limpia del sector eléctrico.*

Indicador	Línea base 2015	Meta 2018
Participación de las Energías Limpias en la capacidad instalada de generación de electricidad	28.3%	34.6%
Participación de las Energías Limpias en la generación de electricidad	20.3%	25%

**Fuente:** elaboración propia de acuerdo con el Informe pormenorizado sobre el desempeño y las tendencias de la Industria Eléctrica nacional 2017 elaborado por la SENER.

Al cierre del primer semestre de 2018, la generación de electricidad en México alcanzó un nivel de 167,893.15 GWH, de los cuales 24.12% fueron generados por Energías Limpias (SENER, 2018, pág. 7).

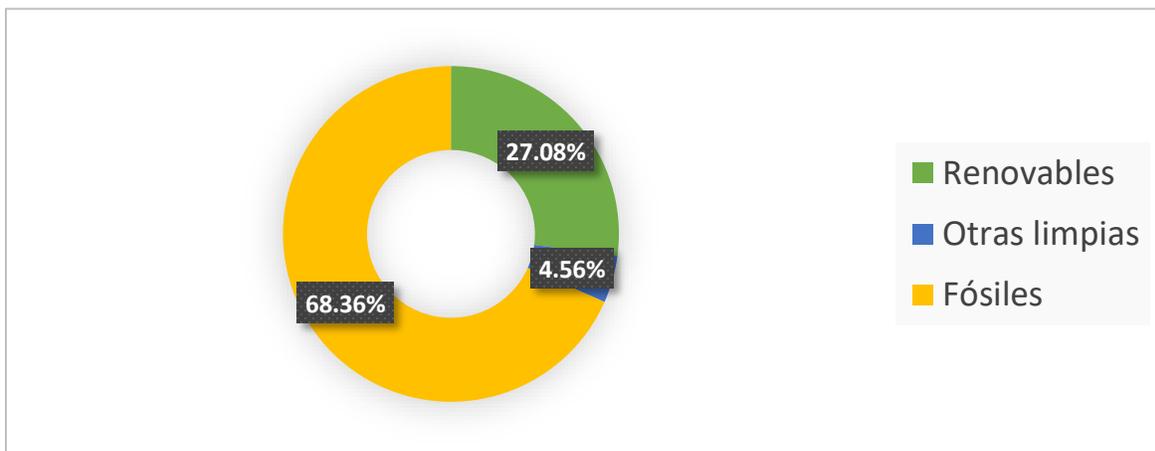
*Gráfica 10: Porcentaje de generación bruta de electricidad por fuente, 2011.*



**Fuente:** Elaboración propia con base en (SENER, 2018)

Respecto a la Capacidad Instalada, al cierre del primer semestre 2018, México contaba con una capacidad instalada total de 75,918.42 MW de los cuales 23,874.92 MW provienen de tecnologías limpias (31.45%) (SENER, 2018, pág. 7).

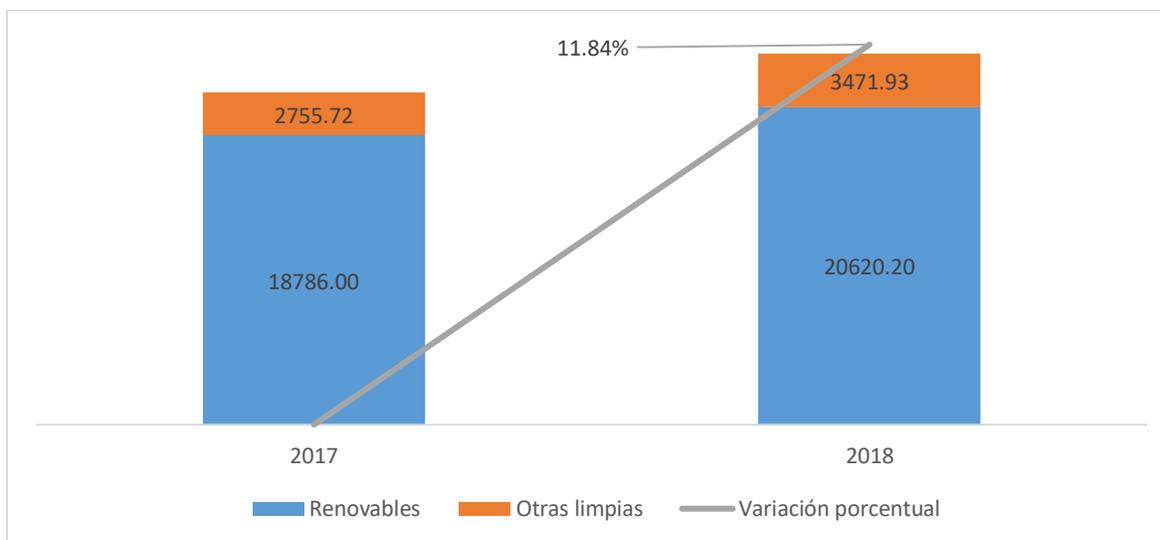
Gráfica 11: Porcentaje de Capacidad Instalada de Electricidad por fuente, 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en (SENER, 2018)

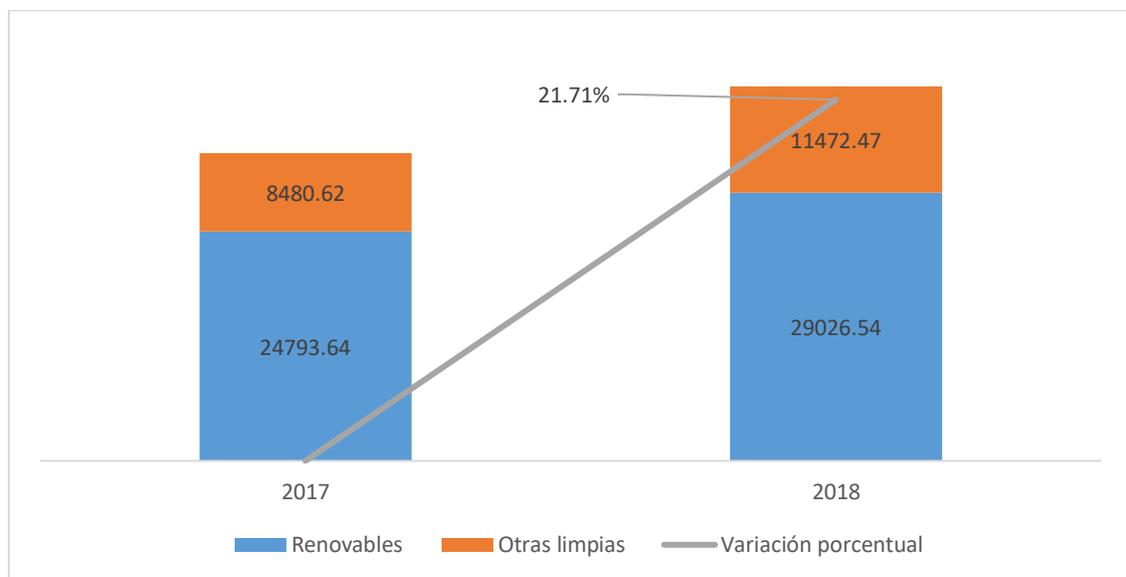
El comparativo entre el primer semestre de 2017 y 2018 en generación eléctrica y capacidad instalada de Energías Limpias se muestra en la siguiente Ilustración. La capacidad instalada tuvo un incremento de 11.84% y la generación eléctrica tuvo un incremento de 21.71%.

Gráfica 12: Comparativo de la capacidad instalada de electricidad, primer semestre de 2017 y 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en (SENER, 2018)

Gráfica 13: Comparativo de la generación bruta de electricidad, primer semestre de 2017 y 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en (SENER, 2018)

Los resultados observados en Gráfica 9 y la Gráfica 10 nos indican que, al 2018, la Generación Bruta a partir de Energías Limpias fue del 24% y que la Capacidad Instalada de las Energías Limpias fue del 31.64. Po lo que a pesar de su crecimiento, las metas al 2018 establecidas por la SENER (25% y del 34.6%) no fueron alcanzadas.

## Capítulo 4. Políticas energéticas para el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica

Como se hizo notar anteriormente, la generación de electricidad a partir de Energías Limpias se encuentra en crecimiento y, de acuerdo con los pronósticos, su crecimiento seguirá siendo constante. Gran parte de este avance se ha logrado gracias a políticas públicas efectivas y objetivos ambiciosos. Sin embargo, para cumplir con los Acuerdos de París, el ritmo de la transición energética tendrá que aumentar, y para esto, las políticas que permitan un mayor despliegue de Energía Renovable serán esenciales (IRENA, IEA, REN21, 2018). El objetivo de esta sección es proporcionar una comprensión de las diversas opciones de políticas públicas para respaldar el desarrollo de Energías Renovables en el sector electricidad.

### 4.1 La era del apoyo a las Energías Limpias

En 2017, por primera vez las inversiones en generación de Electricidad Renovable superaron el monto invertido en generación basada en combustibles fósiles, los países en vía de desarrollo fueron quienes han recibido la mayor parte de esta inversión (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 17). La participación estimada de las Energías Renovables en la generación de electricidad del mundo fue de más del 26% a fines del 2018, las adiciones netas de electricidad por fuentes renovables fueron mayores que las adiciones a partir de combustibles fósiles y las Energías Renovables representan más de un tercio de la capacidad instalada de electricidad (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 17).

Estos logros en el DSIE han sido impulsado por varios factores, el principal es la mitigación de los riesgos e impactos del Cambio Climático. Sin embargo, existen otros factores como: buscar el aumento de la seguridad energética para disminuir la dependencia de importar energéticos; expandir el acceso a la energía al desarrollar mercados eléctricos fuera de las redes principales; aprovechar los retornos de inversión proporcionados por la disminución de los costos y aumentar su despliegue como medio para aumentar la creación de nuevos empleos bien remunerados.

Sin embargo, la industria se sigue enfrentando numerosos retos debido al rápido despliegue de las Energías Limpias. Algunos de estos retos son: la necesidad de requerir sistemas eléctricos más flexibles que se adapten a las condiciones de intermitencia de la Energía Renovable y mejorar las políticas actuales para poder alcanzar los objetivos planteados. Un ejemplo de esta situación es

México, país que tuvo un crecimiento en el despliegue de las Energías Limpias en su Matriz Energética pero no logro alcanzar sus metas establecidas en el 2018 (sección 2.4).

A pesar del avance que han tenido las Energías Renovables en la última década, es necesario un mayor empleo de este tipo de tecnologías para lograr los objetivos internacionales relativos a la mitigación del Cambio Climático. La literatura consultada señala que las políticas bien diseñadas conducen a un mayor despliegue de Energías Renovables mediante la creación y expansión de mercados eléctricos, el desarrollo de tecnología y el otorgamiento de certeza a las inversiones realizadas; estos elementos en su conjunto contribuyen a disminuir los costos en la industria y aumentar la competitividad.

En el sector eléctrico, las subastas a largo plazo son la forma que más rápido se expande para apoyar el desarrollo de Energías Renovables (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 60). Sin embargo, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, la continuidad de los mercados eléctricos ha disminuido y la incertidumbre ha aumentado respecto a los retrasos en la programación, las cancelaciones y el incumplimiento de los acuerdos de compra de energía para las ofertas ganadoras como ha sido el caso de México<sup>13</sup>.

#### 4.2 Barreras restantes para el DSIE

A pesar de los factores que impulsan el despliegue de las Energías Renovables, existen múltiples barreras que impiden el crecimiento necesario para alcanzar los objetivos internacionales, estos varían dependiendo del país y el tipo de tecnología. Algunas de estas barreras son:

- Barreras de conocimiento.

Estas barreras se relacionan con la falta de información y conocimiento suficientes sobre las Energías Renovables y su rendimiento, así como la falta de personal calificado y programas de capacitación. Los países en desarrollo suelen tener dificultades con este tipo de barreras, lo que deriva en una escasez de recursos humanos calificados y una insuficiencia en la cadena de valor local (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 21). La falta de recursos humanos puede hacer que los sistemas eléctricos presenten numerosos problemas técnicos, después del aumento de las Energías Renovables en la Matriz Energética.

---

<sup>13</sup> De acuerdo con el portal web Proyectos México la 4ta Subasta de Largo Plazo fue cancelada por el CENACE. [https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto\\_inversion/cuarta-subasta-de-largo-plazo-slp-12018/](https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/cuarta-subasta-de-largo-plazo-slp-12018/)

- Barreras de costos

Este tipo de barreras se refieren a la brecha que existe entre los costos de inversión de las tecnologías de Energía Renovable y los costos que se tienen al usar tecnologías basadas en combustibles fósiles. Dentro de las tecnologías de Energía Renovable, la que ha tenido la mayor disminución en sus costos ha sido la energía solar fotovoltaica a gran escala (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 21). Si bien, aunque los costos han disminuido a medida que la implementación de Energías Renovables ha aumentado, otras tecnologías limpias siguen siendo bastante costosas. La falta de economías de escala también puede contribuir a aumentar los costos, particularmente en las primeras etapas del crecimiento del mercado eléctrico (IRENA, 2019, pág. 21).

- Barreras de financiamiento

Este tipo de barreras alude a la falta de productos financieros adecuados para la implementación de infraestructura renovable. Incluye la disponibilidad y el costo del financiamiento, dificultad para acceder a instrumentos financieros adecuados, falta de conocimiento institucional e inexistencia de instrumentos de mitigación de riesgos (garantías, instrumentos de cobertura).

- Barreras de infraestructura

Este tipo de barreras corresponden a la falta de infraestructura necesaria para incorporar la Energía Renovable en los sistemas eléctricos, los cuales pueden ser debido a la inflexibilidad del sistema o la insuficiencia de capacidad para integrar la Energía Renovable a las redes eléctricas. A medida que aumente el despliegue de Energías Renovables, pueden surgir desafíos para su integración en la red, los cuales pueden ser ampliados por el diseño de una infraestructura débil o debido a la falta de infraestructura de transmisión o distribución de energía eléctrica.

- Barreras institucionales y administrativas

Estas barreras se vinculan a la falta de instituciones y autoridades dedicadas específicamente al despliegue de las Energías Renovables. Éstas incluyen: la ausencia de responsabilidades bien definidas; complicados procesos de concesión de licencias o permisos; dificultad con la adquisición de tierras; planificación inadecuada; y procesos de permisos lentos, largos y opacos.

- Barreras de mercado

Este tipo de barreras incluyen estructuras de precios inconsistentes, asimetrías de información, distorsiones en las estructuras de mercado, subsidios a combustibles fósiles y falta de incorporación

de externalidades sociales y ambientales en las tarifas. Varios países, México incluido, mantienen tarifas eléctricas que no reflejan los costos reales de la producción de energía eléctrica, lo cual inhibe el establecimiento de Energías Renovables. Los bajos precios de los combustibles fósiles también frenan el DSIE.

- Barreras de aceptación pública

La falta de aceptación pública puede llevar a que se generen mayores costos, retrasos en la construcción de proyectos e incluso a la cancelación de proyectos.

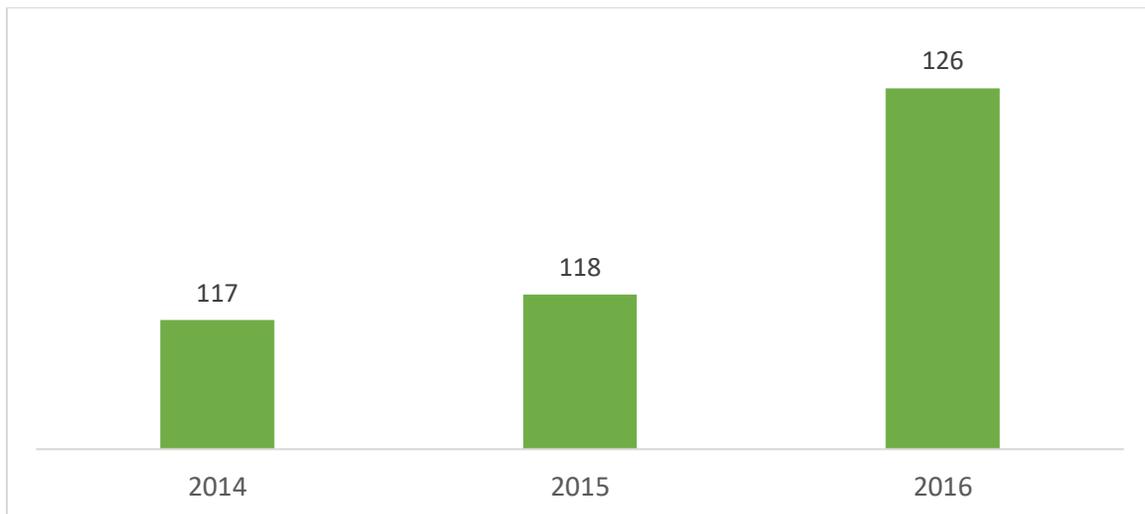
- Barreras reglamentarias y de políticas públicas

Estas incluyen políticas públicas mal diseñadas, discontinuidad en la implementación de políticas, incentivos desfavorables y falta de transparencia. La discontinuidad en la implementación de políticas, incluidos los cambios retroactivos, dificultan significativamente alcanzar los objetivos en materia medioambiental ya que generan desconfianza entre los inversores y desarrolladores de proyectos.

#### 4.3 Políticas públicas en el sector eléctrico

Los factores de crecimiento de las Energías Limpias en la generación de electricidad han sido apoyados por políticas públicas que fomentan la inversión en este tipo de tecnologías. Estas políticas han continuado expandiéndose en todas las regiones, y casi todos los países tienen ahora al menos un objetivo de cumplimiento de despliegue de Energías Renovables. Al 2016, 126 países tenían al menos una regulación ambiental en el sector eléctrico (Grafica 13).

Gráfica 14: Número de países con regulaciones en el sector eléctrico.



Fuente: Elaboración propia con base en (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 22)

Estas políticas pueden ser de diferente naturaleza, se incluyen los objetivos en materia medioambiental, *feed-in tariffs*, subastas de electricidad, mandatos regulatorios, políticas de apoyo financiero, políticas de apoyos fiscales y políticas para facilitar su integración. Estas políticas están estrechamente vinculadas con los objetivos en materia medioambiental y reducción de GEI. Establecer estos objetivos es gran utilidad ya que los actores públicos y privados se comprometen con la transición energética, proporcionan señales a los actores involucrados para alentar las inversiones en Energías Limpias y son la base para muchas de las políticas públicas de apoyo.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, las políticas regulatorias y de precios, junto a su acceso garantizado a las redes eléctricas y a su despacho prioritario, facilitan el despliegue de Energías Renovables. El otro tipo de políticas que han sido de gran relevancia para el desarrollo de Energías Limpias son las políticas no regulatorias, las cuales consisten en instrumentos financieros y fiscales que facilitan las inversiones en proyectos basadas en este tipo de energías.

Las políticas regulatorias y de precios se dividen en: políticas para todos los grupos de interés, políticas para instalaciones a gran escala, políticas para generación distribuida y políticas para el acceso de electricidad descentralizado. Las políticas no regulatorias se dividen en: incentivos fiscales y financieros, y programas voluntarios.

### 4.3.1 Políticas regulatorias

#### **Políticas para sujetos obligados**

Estas políticas consisten en distribuir las metas de participación de Energías Limpias entre los generadores o consumidores de electricidad mediante cuotas mínimas de producción o consumo de Electricidad Limpia. Estos mecanismos son conocidos en la literatura como “*Renewable Portfolio Standards*” (RPSs) o “*Renewable Purchase Obligations*” (RPOs). Los elementos clave para el diseño de este tipo de políticas son la diferenciación por tipo de tecnología, el establecimiento de un sistema de Certificados de Energía Limpia (CEL) y un mecanismo de incumplimiento de cuotas u obligaciones (IRENA, IEA, REN21, 2018).

La efectividad de estas políticas consiste implementar de forma efectiva un sistema de monitoreo de obligaciones y ejecutar penalizaciones en caso de su incumplimiento. Las penalizaciones serán ejecutadas dependiendo de que participante del mercado sea sujeto a las obligaciones, generadores o consumidores. Es fundamental que el costo por incurrir a pagar las penalizaciones sea mayor al costo de cumplir con las obligaciones mínimas. La ausencia de esta condición conlleva a que las empresas pueden preferir a pagar la penalización que cumplir con sus obligaciones y, por consiguiente, que no se logre aumentar el despliegue de las Energías Limpias en la Matriz Energética.

La mayoría de los países que han establecido este tipo de políticas las acompañan con un esquema de CEL, también conocidos como “*Renewable Energy Certificates*”. Los CEL son un instrumento que permite conocer el consumo de Electricidad Limpia por parte de un participante sujetos a obligaciones, normalmente un CEL es otorgado a los generadores por cada MWh<sup>14</sup> de Electricidad Limpia producida. Para su funcionamiento es necesario implementar un mercado específico para estos instrumentos, en el pueden participar los generadores o los consumidores o ambos. La finalidad principal de este mercado es que, mediante la compra y venta de estos certificados, los participantes obligados puedan cumplir con sus cuotas de consumo de Electricidad Limpia establecidas. El número de países que han implementado esquemas de CEL ha aumentado de 16 en 2005 a más de 30 en 2017 (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 61).

Además de permitir monitorear el cumplimiento de las obligaciones en Electricidad Limpia, los certificados proporcionan un apoyo financiero adicional a los desarrolladores de proyectos a través

---

<sup>14</sup> El megavatio-hora (MWh) es una unidad de medida de energía eléctrica, equivalente a un millón de vatios-hora. Es la energía necesaria para suministrar una potencia constante de un megavatio durante una hora.

su venta en el mercado. Este apoyo financiero consiste en un ingreso extraordinario para los generadores de Electricidad Limpia por la venta de CEL excedentes y su compra por parte de los sujetos obligados, quienes deberán adquirirlos para poder cumplir con los requerimientos establecidos. Este esquema tiene la característica de apoyar el despliegue de nuevas plantas de generación de Energía Limpia sin un cargo directo a las finanzas públicas, ya que se trata de una transferencia de los sujetos obligados a los generadores de Electricidad Limpia.

### **Políticas para instalaciones a gran escala**

Existen dos tipos de políticas para instalaciones a gran escala: las políticas de precios fijados administrativamente y las subastas de energía eléctrica. En la literatura se identifican dos políticas de precios fijados administrativamente: *Feed-In Tariffs* (FITs) y *Feed-In Premiums* (FIP). Su principal característica es proporcionar un ingreso fijo a los desarrolladores de proyectos, facilitando su viabilidad al ser más bancables. En el 2017, los FITs y FIPs han sido implementados en más de 80 países, en comparación con los 34 en 2005 (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 62). Su principal desafío consiste en establecer el nivel óptimo de tarifa o prima, por ejemplo, una tarifa baja puede resultar en un precio demasiado bajo para atraer a los inversionistas y una tarifa alta puede resultar en tarifas de consumo altas y presiones presupuestales para el gobierno.

El otro tipo de políticas para instalaciones a gran escala son las subastas eléctricas, las cuales consisten en adquirir, con anticipación, la energía eléctrica que será consumida. Más de 70 países han implementado subastas al final del 2016 (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 63), las cuales han ganado popularidad gracias a que pueden adaptarse al contexto de cada país en particular. Las subastas normalmente se implementan en paralelo con otros instrumentos de apoyo. En México se han implementado junto con los CEL. De acuerdo con la AIE, lo más importante de la implementación de las subastas es su potencial para descubrir el precio real de la energía eléctrica, lo cual ha sido reflejado en los precios descendentes de la energía solar y eólica.

### **Políticas para generación distribuida**

Las tecnologías en generación distribuida son aquellas que permiten la producción de energía cerca de los puntos de consumo, las cuales pueden complementar la energía generada a gran escala. En muchos casos es la opción más eficiente para comunidades rurales sin conexión a las redes principales de energía. Este tipo de políticas pueden incluir políticas de precios fijados administrativamente y esquemas de balance neto.

Las políticas de precios fijados administrativamente para instalaciones a gran escala son similares para las instalaciones de generación distribuida. En los esquemas de balance neto, los usuarios generan su propia electricidad y permiten transferir a la red eléctrica el exceso de electricidad producido por su sistema de autoconsumo. De esta forma, la compañía descontará de la factura del usuario la energía que fue transferida a la red eléctrica. El número de países que han implementado esquemas de balance neto ha aumentado de 9 en 2005 a 55 en 2017 (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 65)

### **Políticas para el acceso de electricidad descentralizado**

Una forma para lograr el acceso universal a la energía eléctrica es mediante el despliegue de redes eléctricas independientes que no estén integrados a las redes principales. Estos sistemas consisten en generadores de electricidad independientes a cualquier sistema centralizado y su control es independiente a este. Estas políticas deben personalizarse a su contexto tomando en cuenta el tipo de tecnología, el tamaño del sistema, la demanda de energía, el modelo de negocio y otras características que a menudo varían de un proyecto a otro. Las políticas están encaminadas a permitir permisos y simplificación de trámites legales para la disminuir costos.

#### **4.3.2 Políticas no regulatorias**

Además de las políticas regulatorias y de precios, también se desarrollan instrumentos no regulatorios que permiten detonar mayores inversiones para lograr el DSIE. Estas consisten en incentivos financieros o fiscales y programas voluntarios, los cuales se desarrollan a continuación:

#### **Incentivos financieros y fiscales**

Los incentivos financieros y fiscales se utilizan para mejorar el acceso al capital y reducir los costos de financiamiento de las empresas, a menudo se implementan al mismo tiempo que las políticas públicas regulatorias. Estas políticas pueden materializarse a través de incentivos fiscales, subsidios, préstamos, y otras medidas para mitigar los riesgos financieros (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 66). Por ejemplo, de acuerdo con la AIE, los incentivos fiscales pueden concretarse en la reducción de diversos impuestos a los que se enfrentan los desarrolladores, tales como, impuestos al valor agregado, a las inversiones, a las ventas, etc. La reducción de estos impuestos implica una reducción en los costos de los proyectos eléctricos, lo que aumenta su rentabilidad.

En condiciones de desaceleración o contracción económica, los gobiernos pueden tomar este tipo de políticas para impulsar las inversiones en proyectos renovables facilitando el acceso a capital,

deuda, o bien, otorgando subsidios (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 69). Sin embargo, este tipo de políticas únicamente son de apoyo, por lo que deben de implementarse de forma integral con políticas regulatorias para logra otorgar mayor certeza financiera a los proyectos.

### **Programas voluntarios**

El Cambio Climático ha obligado a los consumidores y a las empresas a tomar mejores decisiones de consumo de energía eléctrica. Este tipo de políticas incluyen programas de concientización, programas comunitarios, programas corporativos ecológicos y mercados voluntarios de CEL (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 72).

Los programas de concientización van de la mano con los programas comunitarios, estos consisten en concientizar sobre los beneficios de la Energía Renovable, la reducción de los GEI, las mejoras de la calidad del aire, etc. En muchos países se han realizada acciones para que los usuarios puedan optar entre consumir Energía Convencional<sup>15</sup> o Energía Renovable. También existen iniciativas para que consumidores puedan formar parte de proyectos solares o eólicos, entre los más notables se encuentran los enfoques comunitarios de participación, estos consisten en cooperativas o comunidades que participan en proyectos energéticos renovables para generar su electricidad o para distribuir las ganancias entre la comunidad.

Por otro lado, las empresas cada vez más se comprometen con el DSIE. De acuerdo con el último reporte de RE100, iniciativa que busca que sus agremiados se comprometan con un consumo de electricidad completamente renovable, esta transición corporativa se ha expandido a través de Europa, Norteamérica, India y China y abarca desde la industria automotriz hasta la industria de telecomunicaciones.

Si agregamos la disminución de costos de la Energía Renovable a la demanda social de tener empresas cada vez más comprometidas con mitigar los efectos del Cambio Climático, nos encontramos en un escenario en donde las empresas cada vez más buscan consumir Energía Renovable en toda su cadena de suministros. Si está regulado, las empresas también pueden participar en los mercados de CEL, los cuales están presentes en China, la Unión Europea India, Estados Unidos y México (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 61).

---

<sup>15</sup> La Energía no Renovable

## Capítulo 5. Los Certificados de Energía Limpia (CEL)

Los CEL forman parte de las políticas regulatorias para apoyar el DSIE, en específico de las políticas para sujetos obligados. En la sección 3.3.1, se explicó que este tipo de políticas consisten en el cumplimiento de cuotas u obligaciones por parte de participantes obligados en un mercado eléctrico, en la literatura se conocen como *Renewable Portfolio Standards (RPS's)* o *Renewable Purchase Obligations (RPO's)*. Los participantes obligados pueden ser los generadores o los consumidores, y depende del diseño del mercado eléctrico en cuestión.

Para poder monitorear la producción o consumo de Electricidad Limpia y conocer el cumplimiento de las obligaciones, estas políticas son implementadas junto con los CEL. Éstos últimos son un instrumento que permite monitorear el consumo de Electricidad Limpia por parte de los sujetos obligados y, por ende, son un elemento clave para la implementación de políticas RPS's o RPO's. En la mayoría de los casos se expide un CEL por cada MWh producido de Electricidad Limpia, el cual es entregado a las Centrales Eléctricas que la producen.

Al momento de implementar los CEL, se crea un mercado entre los diferentes participantes obligados. En el mercado, los generadores de Electricidad Limpia podrán vender sus certificados a aquellos participantes que deban cumplir con obligaciones de consumo mínimas. Este intercambio es favorable para los generadores de Electricidad Limpia, los cuales recibirán un ingreso extra por la venta de los certificados en el mercado o mediante contratos bilaterales.

Estas son las dos funciones principales de los CEL: ser un instrumento confiable para el monitoreo de obligaciones y proporcionar un apoyo financiero a los desarrolladores de proyectos renovables. Más de 33 países han adoptado este instrumento para apoyar políticas públicas para mitigar los efectos del Cambio Climático, en específico fomentando una mayor participación de las Energías Renovables dentro de la Matriz Energética (IRENA, IEA, REN21, 2018). Uno de estos países es México, el cual adoptó los CEL en el diseño de su mercado eléctrico. Este capítulo analizará los CEL, su desarrollo y resultados en un contexto internacional, así como su implementación en México.

### 5.1 Diseño de los Certificados de Energía Limpia

El establecimiento de los CEL comenzó en un contexto de liberalización de los mercados eléctricos y con la necesidad de lograr objetivos medioambientales que disminuyeran los efectos del Cambio Climático. Para identificar los rasgos generales de su implementación se recurre al trabajo realizado

por Gerrit Jan Schaeffer en el año 2000, que habla sobre las opciones de diseño de este tipo instrumento. En él, se indica que el diseño de un sistema de CEL debe tener las siguientes características (Schaeffer, 2000, pág. 2):

- Proporcionar suficiente presión para cumplir las metas por parte de los participantes del mercado, sin imposibilitar el logro de sus objetivos.
- Aumentar la seguridad de las inversiones realizadas, proporcionando un mercado estable y predecible a través del tiempo.
- Incorporar mecanismos de flexibilidad financiera como el endeudamiento, financiamiento bancario, o el cumplimiento de los objetivos a través de varios periodos de tiempo.
- Proporcionar información suficiente para la toma de decisiones de los participantes del mercado.
- Asegurar la liquidez y transparencia del mercado.
- Prever el intercambio internacional de los certificados y su interacción con otro tipo de esquemas financieros.

La función innovadora de los CEL reside en que logran separar el mercado eléctrico físico del valor sustentable que se produce al momento de generar Electricidad Limpia. Normalmente un generador de Electricidad Limpia recibe un CEL por cada MWh producido, por lo que su emisión representa el valor sustentable de producir electricidad utilizando Energía Renovable (Schaeffer, 2000). Definir que energías son sujetas a recibir CEL es fundamental para dar certeza a las inversiones, sobre todo para las tecnologías que se encuentran en la frontera entre Energías Convencionales y Energías Limpias.

#### 5.1.1 El mercado de los Certificados de Energía Limpia

Al momento de implementar los CEL, el mercado de energía eléctrica se separa del mercado de CEL. Como en todo mercado, existe una demanda y una oferta. La interacción entre de la oferta y demanda depende del diseño específico del mercado de CE, el cual está en función de los objetivos específicos de cada país del contexto. Esto ha generado que no existan dos mercados de CEL totalmente idénticos, y por lo tanto los resultados y fallas que se han presentado han sido totalmente diversos.

##### 5.1.1.1 Demanda

La demanda de CEL se puede generar de diversas formas. Puede existir una demanda voluntaria por consumidores que deseen comprobar consumo de Electricidad Limpia, o se crea al momento en que

los sujetos obligados (generadores, distribuidores o proveedores) deban acreditar el cumplimiento de sus cuotas ante la autoridad. En la práctica, cada demanda es organizada de distinta manera dependiendo de la forma en que se implemente.

De acuerdo con (Schaeffer, 2000), existen 4 variaciones de organizar la demanda:

1. Obligando a un participante del mercado a adquirir un número determinado de CEL en un periodo determinado.
2. Especificando un precio fijo del CEL para ser vendido a un participante del mercado.
3. Mediante subastas
4. Mediante demanda voluntaria

La organización más utilizada en los países es alentar la demanda a través de la obligación a adquirir un número determinado de CEL. Dentro de esta opción existen diferentes opciones para su implementación, estas pueden presentarse en:

- Los participantes obligados: pueden ser los generadores, distribuidores, proveedores o los consumidores.
- Las obligaciones en materia de Electricidad Limpia: pueden calcularse como porcentaje del total de electricidad producida/distribuidos/entregados/consumidos o como porcentaje de la capacidad instalada en cierta área. También pueden estar medidas en porcentajes o en valores absolutos.
- La evolución de la meta a cumplir a través del tiempo: las metas pueden crecer a una tasa constante o pueden estar definidas por antelación y con valores fijo.
- La diferenciación de metas por tecnología: todas las tecnologías pueden recibir la misma cantidad de CEL por MWh generado o pueden diferenciarse por tipo de tecnología.
- El periodo para cumplir con las obligaciones: un año, varios años, etc.
- El mecanismo de control: se puede crear una instancia únicamente para el control de los CEL; puede ser el mismo regulador del mercado eléctrico; o un subdepartamento del ministerio de energía.
- La penalización: puede existir o no existir; puede ser establecida a un precio fijo o puede estar en función del valor del mercado eléctrico.

### 5.1.1.2 La oferta

De igual forma que la demanda, el diseño de la oferta varía dependiendo de la legislación bajo la cual se emiten los Certificados de Energía Limpia. En todos los casos, éstos serán obtenidos por los generadores de Electricidad Limpia, quienes podrán venderlos a cualquier participante en el mercado. Su emisión se basa en la cantidad de Electricidad Limpia producida o despachada en el sistema, generalmente un certificado se emite por cada MWh generado de Electricidad Limpia.

Las tecnologías más comunes en recibir CEL son las siguientes: biomasa, hidroeléctrica, eólica, fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz, termoeléctrica. Existen tecnologías que se encuentran en la frontera para catalogarse como Energías Limpias y por lo tanto sujetas a recibir CEL. Esta cuestión dependerá de cada legislación en particular y la abundancia de las Energías Primarias en el país en cuestión. Algunas legislaciones otorgarán CEL a generadores que utilicen únicamente Energías Renovables, otras otorgarán certificados tecnologías que emitan un número reducido de CEL, también es común una entrega diferenciada de certificados dependiendo de la tecnología.

El tiempo de validez de los certificados también puede variar de una legislación a otra. En algunos casos, éstos pueden expirar después de cierto tiempo después de su emisión para evitar la especulación de su precio. En otros, los CEL pueden tener vigencia indefinida para facilitar su control.

Para apoyar la función de medición de Energía Limpia generada, los CEL incluyen información extra. Entre mayor sea esta información, será más fácil poder diferenciar la emisión de CEL por tecnología y tener un mayor control sobre su intercambio (Schaeffer, 2000). La información mínima que deber ser incluida en los CEL, es la siguiente: número de identificación, generador, fecha de emisión, ubicación, fuente primaria de energía (solar, eólica, etc.), capacidad de la planta, fecha de expiración. Sin embargo, puede variar dependiendo de cada legislación

El número de CEL emitido en el tiempo también puede variar dependiendo si el tipo de planta generadora de electricidad es de larga o pequeña escala. Los certificados otorgados a instalaciones de baja escala son otorgados a individuos o empresas que tengan instalados sus propios sistemas eléctricos renovables y tienen la característica de que se entregan por adelantado calculando la cantidad estimada de Electricidad Limpia que el sistema generará durante su vida útil. Los certificados entregados a instalaciones de larga escala son otorgados a los generadores que han acreditado producir Electricidad Limpia y son entregados al momento de que la electricidad es producida.

Para que el diseño de la oferta pueda ser efectivo, es indispensable tener una figura que se asegure de la correcta emisión de los CEL. Esta figura dependiendo de la legislación local puede ser: una entidad gubernamental, los propios generadores, el operador del sistema eléctrico, o una asociación privada.

#### *5.1.1.3 Funcionamiento del mercado*

La interacción y el funcionamiento del mercado varía de igual manera en que varía la definición de la oferta y demanda, dependerá de las reglas que se estén implementando en el mercado en cuestión. Existen funciones concretas que deben ser implementadas, pero la forma y alcance de éstas puede variar en gran medida. A continuación, se explican algunas reglas de su implementación y un resumen de la variación que pueden tener.

- Reglas de contabilidad. Debe existir un sistema que logre contabilizar la emisión de los CEL, el cual puede ser similar a una cuenta bancaria y debe ser lo más simple posible.
- Reglas de expiración: los certificados pueden tener o no tener vigencia.
- Reglas de bancabilidad: se refiere al proceso de consumir los certificados a través del tiempo. Existe la posibilidad de acumularlos y no utilizarlos para un periodo de cumplimiento específico. De igual forma, existe la posibilidad de satisfacer la demanda en un periodo específico, utilizando certificados de energía que todavía no se ha generado. Cada una de estas opciones puede implementarse con esquemas en que los CEL estén sujetos a una tasa de interés o a un mercado de futuros de estos mismos instrumentos (Schaeffer, 2000, pág. 36).

El registro de los CEL es una función importante para el funcionamiento del mercado. Es común que el registro sea digital ya que esto facilita cada paso de la vida útil del certificado (emisión, intercambio y retiro). Para este registro, es necesario establecer un organismo regulador, el cual llevará un monitoreo de todas las transacciones realizadas en el mercado para evitar fraudes y una doble contabilidad. La función puede ser implementada por regiones o por una autoridad central, también se estudia la posibilidad de implementar un comercio internacional. Para su funcionamiento es necesario:

- Un organismo emisor.
- Un registro de la emisión de CEL. Se recomienda que los certificados sean emitidos al momento en que se mida la electricidad despachada a la red.
- Registro de las transacciones. Se recomienda que todas las transacciones sean reportadas al organismo emisor, quien deberá confirmar la transacción.

- Registro del retiro de los certificados. El uso de los CEL para el cumplimiento de obligaciones deber ser ejecutado eliminando el registro respectivo. Los certificados pueden ser demandados y sacados de circulación por su uso para cumplir con las obligaciones, y si el diseño del mercado lo permite, por consumidores voluntarios.

El intercambio o comerció de CEL se da entre los participantes del mercado. Respecto a estos existen varias posibilidades: desde generadores, distribuidores, brókeres, empresas con obligaciones de Electricidad Limpia, participantes voluntarios, consumidores finales, hasta mercados sin ninguna restricción. De acuerdo con (Schaeffer, 2000), existe una correlación positiva entre el número de participantes y el control del mercado.

El mecanismo de intercambio puede ser mediante contratos bilaterales o mediante un intercambio libre, éstos no son excluyentes. Las transacciones bilaterales y libres deben ser registradas inmediatamente, y el intercambio libre debe estar orientado a ser de corto plazo (mercado *spot*). Los contratos bilaterales dan una mayor seguridad los generadores de Electricidad Limpia ya que pueden tener mejores proyecciones de sus flujos de efectivo y se facilita la posibilidad de vender paquetes de electricidad física y CEL. El precio utilizado en los contratos bilaterales estará en función del precio del mercado spot, por lo que la transparencia de información se vuelve indispensable.

## 5.2 La experiencia internacional

Como se puede observar, el diseño del mercado de los Certificados de Energía Limpia puede variar en gran medida de un país a otro dependiendo de su contexto en particular. Existen más de 30 países que han implementado los CEL, esto ha generado que los resultados obtenidos y las fallas que se han generado también sean diversos. Para ilustrar est  situación se expone la experiencia internacional de algunos países en los que se han implementado.

### 5.2.1 Rumania

En Rumania una política para sujetos obligados a cumplir cuotas y un respectivo esquema de CEL fue adoptado a nivel nacional. La promoción de la electricidad renovable en el país fue introducida en el 2001 y la emisión de los CEL empezó en 2005 (Pavaloaia, Georgescu, & Georgescu, 2015).

Las energías que fueron consideradas para recibir CEL fueron la eólica, solar, geotérmica, biomasa, residuos sólidos, y la energía hidroeléctrica producida en centrales de hasta máximo 10 MWh. Una de sus características es que los certificados se entregaban de forma diferenciada dependiendo de la tecnología usada para producir electricidad, por ejemplo, en el 2013 se entregaba un certificado

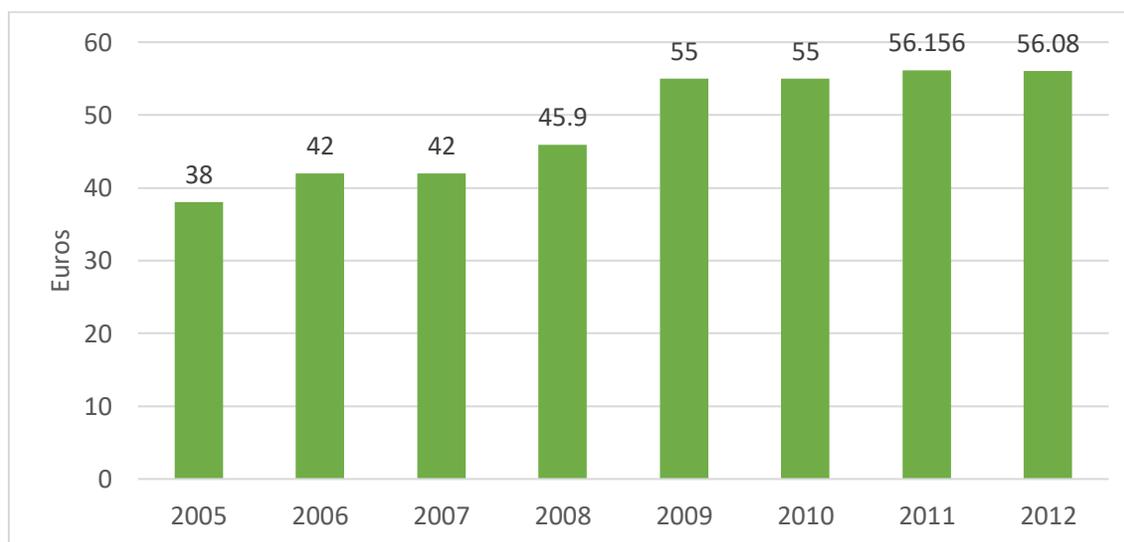
por cada MWh de electricidad proveniente de plantas eólicas y dos certificados por cada MWh de electricidad proveniente de plantas solares. En este mismo año se realizaron cambios en la legislación, esto incluyó una disminución en los certificados emitidos, algunos sufrieron un retraso en su comercio.

La autoridad responsable de su regulación estableció la meta obligatoria anual para la compra de CEL del año en curso, en función de la Electricidad Limpia generada el año anterior. Estos certificados son intercambiados a través de contratos bilaterales y mediante un mercado centralizado administrado por el operador del mercado eléctrico. El precio del certificado se establece ponderando la cuota obligatoria, la energía eléctrica facturada y el precio medio del certificado en el mercado centralizado.

(Pavaloaia, Georgescu, & Georgescu, 2015, pág. 210) señala que, en el año 2012, los certificados se dividieron en los dos mercados de la siguiente forma:

- 36.67 % en el mercado centralizado
- 62.2% mediante contratos bilaterales
- 1.13% se intercambiaron entre una misma empresa con funciones de productor y proveedor

*Gráfica 15: Evolución del precio de venta de los CEL en Rumania, 2005-2010*



**Fuente:** Elaboración propia con información de (Pavaloaia, Georgescu, & Georgescu, 2015, pág. 210)

El precio de los certificados alcanzó un precio de 56.08 euros dentro de un rango de 29-58 euros establecido por la unión europea, se estableció una penalización de 114.77 euros por certificado no

cumplido y una suspensión hasta la realización del pago de la penalización (Pavaloaia, Georgescu, & Georgescu, 2015). Otra característica es que se permite su intercambio en el mercado europeo de CEL, si se han cumplido los objetivos nacionales de producción de electricidad renovable.

Los resultados de su implementación fue que el aumento en inversiones en tecnologías renovables generó que los CEL excedieran el número de certificados que debían ser comprados, a pesar de que entre 2005 y 2012, Rumania no cumplió sus objetivos en materia de consumo de Energía Renovable (Pavaloaia, Georgescu, & Georgescu, 2015, pág. 210). Esto generó una disminución en el precio de los certificados y un cambio en la regulación del mercado en 2013 que redujo los CEL otorgados y suspendió el mercado por tiempo indefinido. Esta decisión produjo una insatisfacción en los inversionistas, los cuales esperaban aumentar sus retornos de inversión por medio de este instrumento.

Se concluye que, para mejorar la implementación se necesita: renovar las obligaciones de manera constante y, por consiguiente, adaptar los CEL a los nuevos objetivos planteados; se requiere que los actores involucrados publiquen de manera periódica y transparente la información relativa al desarrollo de nuevas plantas de generación eléctrica renovable: inversiones realizadas, subsidios recibidos, ingresos, gastos, etc. y; se deben tomar en consideración los costos de integrar las nuevas plantas renovables a los sistemas eléctricos: redes inteligentes, nuevas líneas de transmisión y distribución, flexibilización del sistema eléctrico, etc.

### 5.2.2 India

De acuerdo con un reporte de la AIE, la política regulatoria implementada no ha sido eficiente. El fallo se debió a un débil sistema de monitoreo y penalizaciones. El monitoreo de las obligaciones por los reguladores federales y estatales se volvió laxo, a pesar de que las regulaciones requerían de reportes regulares por parte de los sujetos obligados. Se señala que solamente 10 de 29 reguladores de electricidad estatales tenían procedimientos para validar el cumplimiento de las obligaciones del RPO, en algunos casos, al 2016, los reportes de cumplimiento únicamente habían sido realizados al 2014, en algunos casos hasta 2012 (IRENA, IEA, REN21, 2018, pág. 61).

También se menciona que algunos estados permitieron trasladar sus déficits de obligaciones de un año en particular a años subsecuentes y en 17 de 24 estados no se cobraron penalizaciones. Aproximadamente 617 millones de USD de penalizaciones estaban gravadas a sujetos obligados. Además, el mecanismo de CEL no permitía su venta entre los estados. Esto afectó los flujos de efectivo y la respectiva inversión en los proyectos de generación de electricidad renovable.

Uno de los resultados que se han obtenido es el ingreso adicional a los generadores de Electricidad Limpia al momento en que estos venden su electricidad al operador local o directamente los consumidores y reciben los certificados correspondientes por la venta. El operador del mercado eléctrico de la India informa que los CEL han facilitado el cumplimiento de las obligaciones por parte de los sujetos obligados y el desarrollo de una demanda de consumidores voluntarios tales como empresas, instituciones e individuos (POSOCO, 2018).

Entre los mecanismos que ha implementado la India para mejorar el desarrollo del mercado resalta aumentar el número de participantes a través de la transparencia de la información. El operador se compromete a facilitar el acceso a reportes sobre la regulación, transacciones, procedimientos por medio de una página web de acceso público, aumentando el atractivo a los inversionistas.

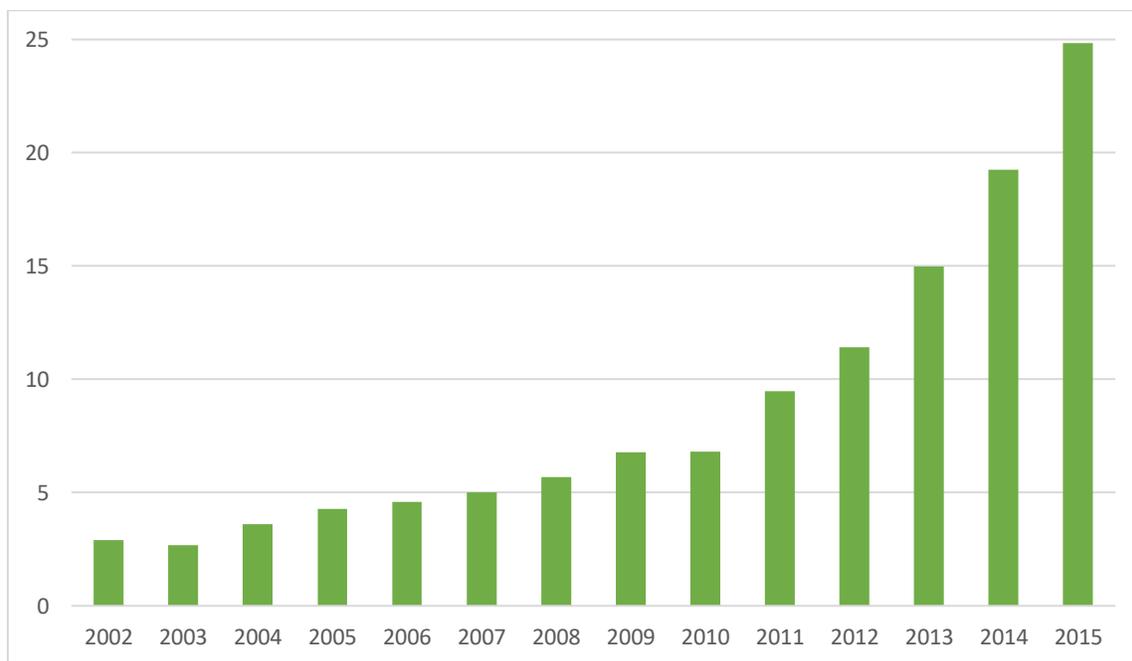
Los retos a los que se enfrenta India son:

- Aumentar el rigor del seguimiento y cumplimiento de las metas en consumo de electricidad renovables.
- Ajustar la demanda y oferta de certificados. La oferta de CEL fue mayor a la cantidad demandada en el mercado lo que generó que el precio se fuera al mínimo permitido (POSOCO, 2018).
- Aumentar el mercado voluntario de CEL. Se busca que la compra de certificados por parte de empresas e instituciones sirva para comprobar su responsabilidad social y medioambiental.
- Modificar la regulación y diseño del mercado. El mecanismo vigente en la India fue establecido en el 2010, año en el cual existía una mayor diferencia de costos entre las Energías Limpias y las Energías Convencionales (POSOCO, 2018)

### 5.2.3 Reino Unido

El mercado de CEL en el Reino Unido fue de los primeros en implementarse con el fin específico de impulsar la inversión en Energías Limpias (IMCO, 2015, pág. 23). Respecto a las tecnologías susceptibles a recibir CEL se excluyeron a las grandes hidroeléctricas, así como a las plantas que utilizaran de manera parcial algún combustible fósil. Su importancia radica en que, a pesar de lograr un aumento de las Energías Limpias dentro de la Matriz Energética, el programa fue cancelado.

Gráfica 16: - Electricidad renovable Reino Unido como % de la producción total de electricidad.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial -

<https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.RNEW.ZS?view=chart>.

El diseño de este sistema incluyó como órgano regulador a la autoridad nacional regulatoria del mercado eléctrico. El precio del CEL se establecía en un mercado *spot*, donde el precio tope es la penalización por incumplimiento. Existían reglas de bancabilidad, las cuales consistían en cumplir únicamente con el 25% de la obligación anual establecida y adeudar los restantes. El mercado diferenciaba la entrega de CEL por tecnología, entregando más certificados a las tecnologías con mayores costos de generación.

De acuerdo con (IMCO, 2015, pág. 24), la principal razón para cancelar el mercado de los CEL era la volatilidad de sus precios. Pone como ejemplo que, durante el 2013 el precio de CEL superó en más de diez ocasiones el precio de la penalización, como ya se analizó, esta situación incentiva a que los participantes del mercado decidan pagar la multa a comprar certificados. Otro de los inconvenientes fue el aumento del precio de la electricidad para los consumidores residenciales, el costo del servicio aumento en 30 libras en promedio al año.

A pesar de la cancelación del mercado, los CEL estarán en circulación hasta el año 2037 debido a los compromisos adquiridos por los inversionistas. El precio del certificado no será establecido por la

interacción entre la demanda y oferta, sino por el órgano regulador, quien fijará el precio en los últimos 10 años del esquema (IMCO, 2015, pág. 25).

#### 5.2.4 Mercado de Australia

El mercado de CEL de Australia fue el primero en implementarse, en el año 2000, e inició operaciones en el 2001. Las tecnologías susceptibles a recibir certificados fueron únicamente renovables y consistieron en: solar, eólica, hidráulica, geotérmica, acuífera, y residual (IMCO, 2015, pág. 26).

El mercado australiano del CEL distingue los certificados emitidos de acuerdo con el tipo de planta de generación de electricidad. Existen los *Large-scale Generation Certificates* (LGC's) y los *Small-scale Technology Certificates* (STC's). Los participantes obligados son los comercializadores de electricidad, quienes están obligados a consumir cierto número de LGC's y SCT's en función de la electricidad vendida durante el año, además de que permite la demanda voluntaria de certificados por parte de los consumidores finales a través de su comercializador (SR Inc, 2012).

De acuerdo con (SR Inc, 2012, pág. 23), el diseño del mercado tiene las siguientes características:

- Tiene como objetivo alcanzar un 20% de electricidad producida a partir de Energías Renovables.
- Los participantes obligados (en este caso los comercializadores) deben comprar y entregar a la autoridad un número determinado de LGC's y STC's en función de su comercialización.
- El registro es digital y por medio de una página web.
- El órgano regulador es una figura llamada *Clean Energy Regulator* (CER), lleva el control del registro y su monitoreo.
- Existen tres mercados en donde los participantes obligados pueden satisfacer su demanda: el mercado de LGC's, la cámara de compensación de STC's y el mercado de STC's.

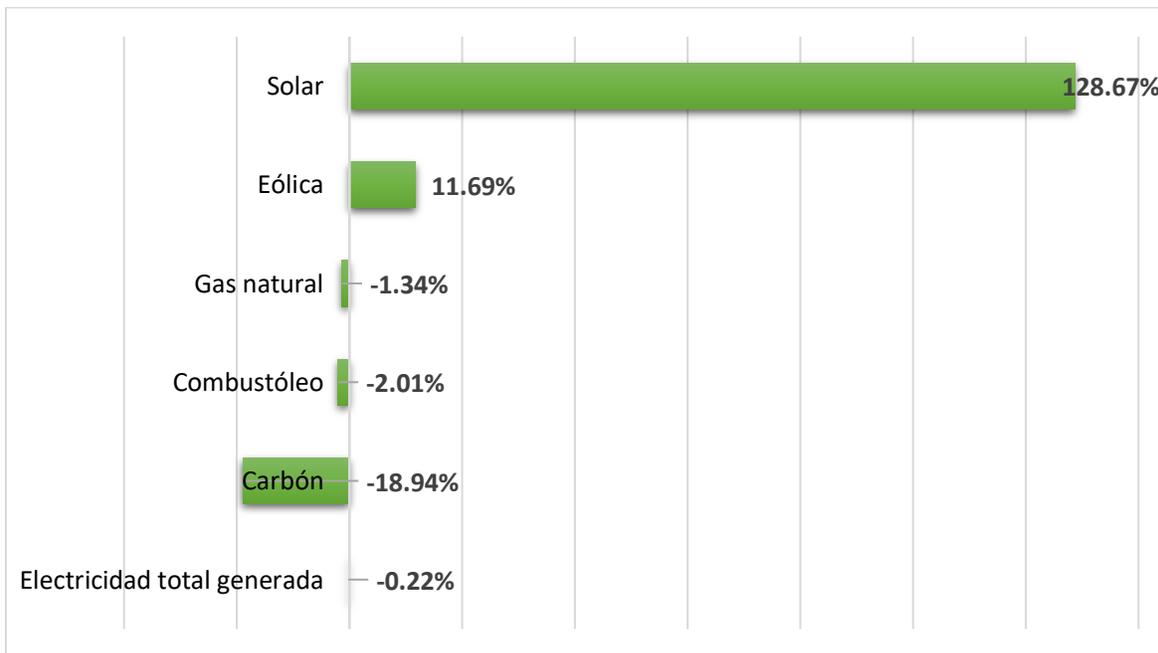
Es importante señalar que Australia, en un principio, no contempló diferenciar por tamaño de planta. Este cambio se realizó en una modificación al diseño del mercado en el 2010. En esta misma modificación también se desarrolló un esquema de pago anticipado de CEL. Estos cambios resultaron en un aumento en las inversiones en sistemas solares a pequeña escala, específicamente durante el periodo 2010-2014 se instaló el 75% de los 2.24 millones de sistemas de generación eléctrica en los hogares (IMCO, 2015, pág. 27).

### 5.2.5 Mercado de California

El mercado de California fue establecido en 2002 y también fue uno de los primeros mercados en ser implementado. Las tecnologías susceptibles a recibir estos certificados incluyen a tecnologías no estrictamente renovables, por ejemplo, los biocombustibles (IMCO, 2015, pág. 29).

Actualmente el mercado sigue en funcionamiento. Su implementación ha cumplido con las expectativas y, de acuerdo con la administración de información energética de los EUA, California genera 16% de su electricidad a partir de energía solar. La importancia de la energía solar y de su crecimiento puede observarse en la Gráfica 17, donde se puede observar que el crecimiento promedio de la generación de electricidad solar durante el periodo 2010-2017 fue de prácticamente 130%, considerablemente mayor a las otras tecnologías. La energía eólica fue la segunda en tener un mayor crecimiento, energía que también ayuda al DSIE. En la misma ilustración también se puede observar la tasa negativa de la generación a partir de carbón.

*Gráfica 17: Promedio de las tasas de crecimiento en la generación de electricidad, California 2010-2017*



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Comisión de Energía de California - <https://www.energy.ca.gov>

De acuerdo con (IMCO, 2015, pág. 29). El diseño del mercado californiano tiene las siguientes características generales:

- La vigencia de los certificados es de tres años.
- La principal forma de intercambiar certificados es a través de un mercado *spot*.
- Cuenta con un registro robusto para el cumplimiento de las obligaciones de consumo de Electricidad Limpia.
- Existe una diferenciación respecto a la tecnología.
- Se permite la compra voluntaria de CEL por participantes no obligados a cumplir obligaciones de consumo.

Los beneficios que ha logrado la implementación de CEL en el estado de California son los siguientes: ha permitido una mayor flexibilidad del mercado eléctrico al aumentar el acceso a Electricidad Limpia, ha optimizado la ubicación de las plantas al acercarlas a donde mayor cantidad de Energía Primaria esté disponible y ha logrado monetizar los beneficios de generar Electricidad Limpia (Elder, 2007).

## Capítulo 6. Los CEL en México

En el capítulo 2 se explicó el proceso de liberalización de la Industria Eléctrica en México. Este proceso culminó con la puesta en marcha del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) a finales de 2016 (INEEL, 2016, pág. 161) y consiste en el sitio donde los participantes del mercado realizan transacciones de energía eléctrica y productos asociados, como pueden ser los Servicios Conexos, Potencia y los CEL. En México, los CEL se mencionaron por primera vez en la Reforma Energética aprobada en diciembre de 2013 y sus características fueron especificadas en la LIE aprobada en agosto de 2014. El 31 de octubre de 2014 se dieron a conocer en el Diario Oficial de la Federación los Lineamientos de los CEL.

Este capítulo explica primeramente el funcionamiento del mercado eléctrico en México para poder entender el contexto en el cual los CEL funcionan e implementan. Se analiza el diseño vigente de los CEL y su cumplimiento de las características establecidas en el capítulo 4 y se concluye con un análisis sobre el efecto que han tenido sobre las inversiones en proyectos de generación de Electricidad Limpia.

### 6.1 Mercado eléctrico en México

Para entender el funcionamiento de los CEL en México, es indispensable conocer el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y su relación con los participantes del mercado eléctrico. El MEM es considerado el corazón de la reforma energética en el sector electricidad, fue implementado siguiendo la tendencia de liberalización de los mercados eléctricos mundiales y se diseñó para que las Energías Limpias sean competitivas.

En este mercado se comercializa Energía, Potencia, Servicios Conexos y CEL. La Energía se define como los retiros o inyecciones de electricidad en un periodo de tiempo, se mide en KWh y valor que obtiene está en función del Precio Marginal Local. La Potencia se define como el compromiso para mantener una capacidad instalada de generación y ofrecerla al Mercado de Energía de Corto Plazo, se mide en MW y ayuda a garantizar el suministro de electricidad en el SEN. Los servicios conexos “son los servicios vinculados a la operación del SEN y que son necesarios para garantizar su calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad, entre los que se podrán incluir: las reservas operativas, las reservas rodantes, la regulación de frecuencia, la regulación de voltaje y el arranque de emergencia, entre otros” (GIZ, 2018, pág. 26).

### 6.1.1 Estructura del MEM

De acuerdo con las (Bases del Mercado Eléctrico, 2015), éste consiste en:

- Un Mercado de Energía de Corto Plazo, que se integra por:
  - El Mercado del Día en Adelanto (MDA).
  - El Mercado de Tiempo Real (MTR).
  - El Mercado de Una Hora en Adelanto (MHA).
- Un Mercado para el Balance de Potencia.
- Un Mercado de Certificados de Energía Limpia.
- Subastas de Derechos Financieros de Transmisión

Y está conformado por los siguientes participantes:

- Los Generadores.
- Los Usuarios
  - Usuarios Calificados.
  - Usuarios Básicos.
- Los Suministradores
  - Suministradores de Servicios Calificados (SSC).
  - Suministradores de Servicios Básicos (SSB).
  - Suministrados de Último Recurso (SUR).
- Comercializador no Suministrador.
- Los Generadores Exentos.

Los Generadores son permisionarios que cuentan con Centrales Eléctricas que generan más de 0.5 MW. Estos generadores participan directamente en el MEM, donde venden día a día su electricidad. De igual forma, pueden participar en las subastas de largo plazo que se realizan para asegurar el suministro a los demandantes de energía y realizar contratos con Usuarios Calificados y Suministradores (SSC y SSB) para vender su electricidad y Productos Asociados.

Los Usuarios Calificados son aquellos participantes de consumo de electricidad mayor a 1 MW (GIZ, 2018, pág. 27). Dependiendo de su consumo, pueden ser participar en el MEM solamente a través de un SSC o participar en el MEM directamente.

Los Usuarios Básicos son todos aquellos usuarios que no se encuentran registrados ante la CRE como Usuarios Calificados. Los Usuarios Básicos no pueden participar en el Mercado Eléctrico Mayorista

y, por lo tanto, requieren comprar su electricidad de los SSB. El precio que pagan estos usuarios por la electricidad es un precio regulado.

Los Suministradores son entidades que permiten que los usuarios reciban el suministro eléctrico. Pueden suministrar energía proveniente de sus propios activos de generación o comprando energía a través de contratos de cobertura. Se dividen en tres:

- Un SSC es un proveedor de servicios de comercialización de energía eléctrica, que compra electricidad en el MEM con el fin de dar servicio eléctrico a los Usuarios Calificados con los que tenga un contrato de suministro y responde por ellos ante el CENACE. Para que puedan realizar su actividad es necesario requerir un permiso de la CRE. Se necesita llenar un formato en el que se solicita información económica relevante, número de usuarios finales, ventas esperadas, así como presentar un plan de negocios. De igual forma, se deberá firmar un contrato como participante con el CENACE y ajustarse a los requerimientos del MEM.
- Un SSB suministra energía eléctrica a los Usuarios Básicos (consumo < 1 MW). Operan bajo tarifas reguladas y celebran contratos de cobertura eléctrica exclusivamente a través de subastas (GIZ, 2018, pág. 27). Tienen la obligación de dar servicio universal en la zona en la que operan, cualquier usuario que requiera el servicio debe ser atendido.
- Un SUR representa a Usuarios Calificados por tiempo limitado, con la finalidad de continuar con el servicio cuando un SSC deje prestar el suministro eléctrico.

El Comercializador no Suministrador es la figura para aquellas empresas que quieran ser participantes del mercado sin prestar servicios de suministro y sin tener activos de generación (GIZ, 2018, pág. 28).

Los Generadores Exentos son pequeñas Centrales Eléctricas con generación menor a 0.5MW, que no requieren permiso para generar electricidad. Estos generadores pueden vender su electricidad y Productos Asociados a un Suministrador de Servicios Básicos, para lo cual la CRE calculará las contraprestaciones aplicables, de igual forma se permite su participación en el MEM a través de los Suministrador de Servicios Calificados.

El organismo público descentralizado encargado de su operación es el CENACE, el cual tiene por objeto la operación del MEM, ejercer el control del SEN y garantizar el acceso y no indebidamente discriminatorio a la Red Nacional de Transmisión y a las Redes Generales de Distribución. Sus principales funciones son:

- Planear y controlar la operación del SEN.
- Recibir las ofertas de compraventa de energía.
- Calcular los precios de transmisión.
- Facturar y pagar por la electricidad y los Productos Asociados.

### 6.1.2 Funcionamiento del Mercado de Energía de Corto Plazo

En el apartado anterior se mencionó que el Mercado de Energía de Corto Plazo está integrado por el MDA, el MTR y el MHA. El mercado de energía a corto plazo funciona como cualquier otro mercado: por un lado, hay una demanda de energía eléctrica por los UC, los SSB y los SSC; y por otro, existe una oferta de energía eléctrica por parte de Centrales Eléctricas. El precio de equilibrio se fija en el punto en el que la demanda iguala a la oferta.

Una característica importante de este mercado es que la oferta de electricidad está dada por los costos variables, es decir, aquel generador que cuenta con la tecnología con el costo variable más bajo es el primero en ser despachado. El precio que reciben los generadores es el costo variable de la última central despachada. Este proceso se ejemplifica de la siguiente manera:

- La *Empresa 1* tiene la tecnología con el costo variable más bajo (\$1 por MWh) y su capacidad de generación es de 50 MWh;
- La *Empresa 2* tiene la tecnología con el segundo costo variable más bajo (\$7 por MWh) y su capacidad de generación es de 100 MWh, y;
- La *Empresa 3* tiene la tecnología con el costo variable (\$40 por MWh) y su capacidad de generación es de 100 MWh.

Si la demanda eléctrica durante un periodo de tiempo es de 200 MWh, la Empresa 1 sería la primera en ser despachada 50 MWh por ser la que tiene el costo variable más bajo, la Empresa 2 despacharía después 100 MWh y, por último, la Empresa 3 sólo generaría 50 MWh de los 100 MWh que tiene disponible, ya que con esa cantidad se satisface la demanda de 200 MWh. El precio que se les deberá pagar a las tres empresas sería de \$40 por MWh, que es el costo variable de la Empresa 3, pues ésta es la última central en ser despachada.

El costo de suministrar la última unidad de demanda se conoce en México como Precio Marginal Local (PML). El PML se fija por la interacción entre la oferta y la demanda y está en función de las siguientes variables:

- La oferta, la cual varía en función de la entrada de nueva capacidad, de la disponibilidad técnica de las máquinas, de los precios y disponibilidad de los combustibles fósiles, y de la disponibilidad de los recursos naturales.
- La demanda, la cual es predecible con base en patrones de consumo históricos y presenta grandes variaciones a lo largo del año.
- Transmisión, la cual indica el componente de congestión.
- Pérdidas, utilizadas como incentivo para generar electricidad cerca de los puntos de consumo (GIZ, 2018, págs. 33,34).

La finalidad de estos componentes es que el PML capture el costo marginal de generar electricidad, las señales económicas que indiquen la saturación de las redes y nivel de pérdidas en la transmisión.

### 6.1.3 Subastas de Largo y Mediano Plazo

Para generar certidumbre en los inversionistas de nuevos proyectos, en un mercado en donde los precios se determinan día a día, existen mecanismos que ayudan a asegurar los flujos de ingresos de las Centrales Eléctricas en el largo plazo. Estos mecanismos son las Subastas de Mediano Plazo (MP) y las Subastas de Largo Plazo (LP), en las cuales se venden Energía, Potencia y CEL. Las Subastas son organizadas por el CENACE y permiten a los Usuarios Calificados, SSC y SSB pactar el precio de los diversos servicios.

Podrán participar en las subastas de MP y LP los siguientes participantes:

- Suministrador de Servicios Básicos
- Suministrador de Servicios Calificados
- Suministrador de Último Recurso
- Usuarios Calificados

Las subastas de MP tienen como propósito adquirir con anticipación la Potencia y energía eléctrica que será consumida por los Usuarios de Suministro Básico y su periodo de vigencia será de 3 años. El alcance de las subastas de LP es más grande que las de MP, tienen por objeto: permitir a los SSB celebrar contratos para satisfacer las necesidades de Potencia, Energía Eléctrica Acumulable y CEL que deban cubrir a través de contratos de largo plazo; permitir a las demás Entidades Responsables de Carga participar en ellas cuando así lo decidan; y, permitir a quienes celebren esos contratos contar con una fuente estable de pagos que contribuya a apoyar el financiamiento de nuevas

inversiones para desarrollar nuevas Centrales Eléctricas . El periodo de vigencia de los contratos de las subastas de LP es 15 años para Potencia y Energía Eléctrica Acumulable, y 20 años para CEL.

## 6.2 Diseño de los CEL en México

En capítulo 4 se explicó el funcionamiento de los CEL y la forma en como su diseño está adaptado a los requerimientos establecidos por la jurisdicción local y al mercado eléctrico en donde se desarrolle. En México el diseño de los CEL está establecido en los (DOF, 2014), los cuales establecen las definiciones y criterios para su otorgamiento, los requisitos para su adquisición y los mecanismos de operación. A continuación, se realiza un resumen de estos lineamientos para dejar claro el diseño de los CEL y su mercado en México.

### 6.2.1 La oferta del CEL en México

Las Centrales Eléctricas Limpias (Centrales Eléctricas que generan energía eléctrica a partir de Energías Limpias) son los participantes que pueden recibir CEL y que generan la oferta de certificados en el mercado. Esta oferta tiene las siguientes características:

- Los Generadores Limpios (GL) son los representantes de una o varias Centrales Eléctricas Limpias y es la figura que tiene derecho a recibir los CEL correspondientes a la electricidad generada.
- Las Energías Limpias, para efectos de México, están definidas en el artículo 3, fracción XXII de la LIE, y abarcan: el viento; la radiación solar; la energía oceánica; los yacimientos geotérmicos; los bioenergéticos; la energía generada en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales; energía hidroeléctrica; energía nucleoelectrica; energía generada por centrales de cogeneración eficiente; energía generada por ingenios azucareros; energía generada por centrales térmicas con procesos de captura, y otras tecnologías que determine la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cabe aclarar que para las centrales que se encuentren en la frontera para ser consideradas Energías Convencionales aplican umbrales máximos de emisiones o residuos.
- Los GL tienen derecho a recibir CEL por un periodo de 20 años.
- Los GL tendrán derecho a recibir un CEL por cada MWh generado.
- Existe diferenciación de entrega de CEL por tecnología, ya que cuando se utilizan combustibles fósiles, los generadores tendrán derecho a recibir un CEL por cada MWh

generado multiplicado por el porcentaje de energía libre de combustible establecido por la CRE.

- La Generación Limpia Distribuida (generación de energía eléctrica por centrales con capacidad instalada < 500 kW) tendrá derecho a recibir CEL según el porcentaje de energía despachada en la red. Estos CEL se comercializarán a través del Suministrador que represente a cada central eléctrica.
- La CRE es la autoridad establecida para otorgar el número de CEL a que los GL tendrán derecho.
- La información mínima que debe contener los CEL es la siguiente: matrícula; nombre; ubicación; tecnología de la Central Eléctrica Limpia; nombre de la persona física o moral representante de la Central Eléctrica Limpia; y fecha de emisión.
- La penalización en caso de incumplimiento por parte de los Participantes obligados corresponde al número de días de salario mínimo por cada MWh de incumplimiento de acuerdo con: el porcentaje de incumplimiento, el número de veces de incumplimiento y si éste difiere sus obligaciones.

### 6.2.2 La demanda de CEL en México

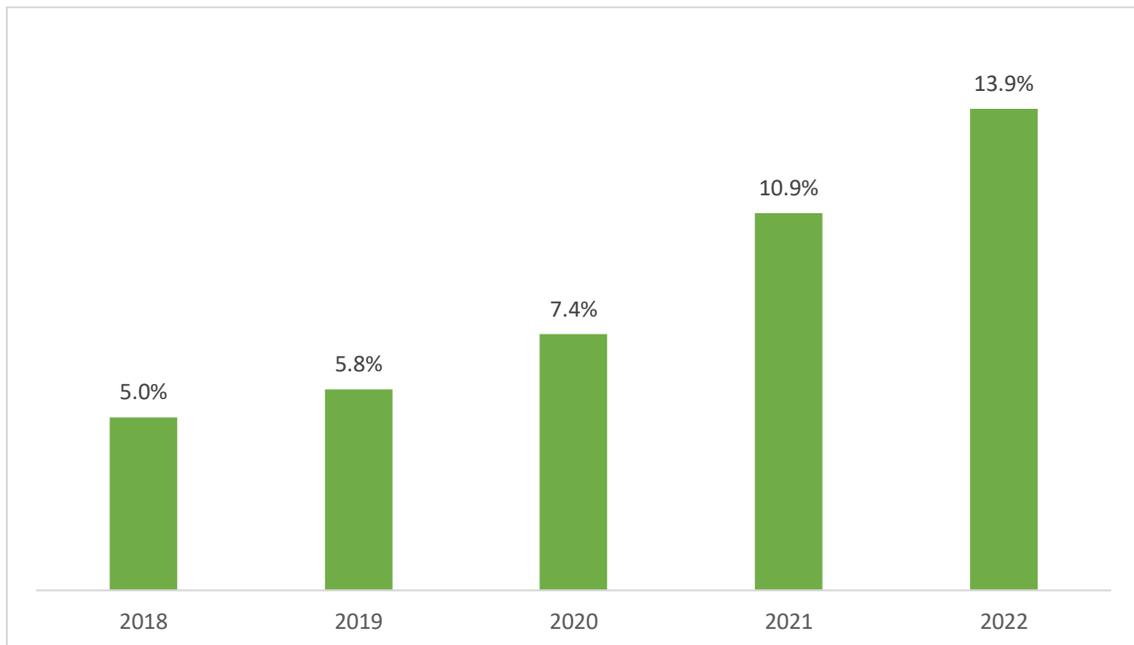
La demanda de CEL en México es generada por los participantes del mercado que tienen la obligación de acreditar cierto número de certificados en función de su consumo de energía eléctrica. Estos participantes son conocidos como Participantes Obligados y consisten en: Suministradores, Usuarios Calificados, usuarios que reciban energía eléctrica por abasto aislado y los titulares de contratos que no reciban electricidad proveniente de Centrales Eléctricas Limpias.

La demanda de certificados tiene las siguientes características:

- Las obligaciones de CEL para cada periodo anual se determinan conforme la siguiente fórmula:  $Obligación = R * C$   
R: requisito de CEL para el periodo de obligación, expresado en porcentaje del consumo.  
C: total de electricidad consumida durante el periodo de obligación por los Participantes Obligados.
- Los requisitos de CEL serán acreditados por los Participantes Obligados mediante la liquidación de los CEL por parte de la CRE.
- Los CEL tendrán una vigencia permanente hasta su liquidación o cancelación

- Los participantes obligados podrán diferir hasta el 25% de sus obligaciones por máximo dos años.
- La parte de la obligación que se difiera se incrementará un 5% anual hasta su liquidación.
- Cualquier persona podrá celebrar Contratos de Cobertura Eléctrica de CEL, el cual obliga a las partes a comprar y vender una cantidad de certificados en una fecha futura.
- Los requisitos de CEL para el periodo 2018-2022 son los siguientes:

*Gráfica 18: Requisitos de CEL para el periodo 2018-2022*



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Comisión Reguladora de energía - <https://www.gob.mx/cre/acciones-y-programas/certificados-de-energias-limpias-51673>.

### 6.2.3 El funcionamiento del mercado de CEL en México

Como se mencionó anteriormente, en el MEM se comercializa Energía, Potencia, Servicios Conexos y CEL. El otorgamiento, transacciones, liquidaciones o cancelaciones de CEL

Para la comercialización de los CEL, las (Bases del Mercado Eléctrico, 2015) en el numeral 1.2.12 indican que existirá un mercado de corto plazo en el que los participantes del mercado podrán presentar ofertas para vender o comprar estos certificados libremente. A este mercado se le conoce como Mercado de Certificados de Energía Limpia (Mercado de CEL).

Anteriormente se mencionó que para el buen funcionamiento del mercado de CEL es necesario un sistema que registre todas las transacciones realizadas en el mercado para. En México Sistema de Gestión de Certificados y Cumplimiento de Obligaciones de Energías Limpias (S-CEL) es la plataforma mediante la cual la CRE lleva a cabo la gestión y el registro de la información asociada al consumo y generación de Electricidad Limpia, transacciones, liquidación y cancelación de los CEL.

El mercado de CEL permite su intercambio en dos modalidades: mediante el mercado de corto plazo, mediante transacciones bilaterales y mediante subastas de largo plazo.

El mercado de CEL de corto plazo es un mercado SPOT operado por el CENACE con la frecuencia que corresponde al periodo de obligación establecido y tiene las siguientes características:

- Los participantes del mercado tenedores de CEL podrán presentar ofertas para vender los CEL a cualquier precio.
- La cantidad ofrecida de CEL es únicamente la cantidad que, de acuerdo con la información contenida en el registro correspondiente de la CRE, tengan en su posesión los GL.
- Los participantes del mercado pueden ofrecer diferentes precios para diferentes conjuntos de CEL que deseen comprar.
- En cada ocasión que se opera el mercado spot, el CENACE aceptará ofertas durante un periodo establecido y calculará el precio de equilibrio tal que la cantidad total de ofertas de venta con precio menor o igual al precio de equilibrio sea igual a la cantidad total de ofertas de compra con precio mayor o igual al precio de equilibrio.
- A cada oferta de venta con precio estrictamente menor al precio de equilibrio y a cada oferta de compra con precio estrictamente mayor al precio de equilibrio, se le asignará la cantidad total de CEL incluida en sus ofertas. A las ofertas con precio igual al precio de equilibrio, se le asignará la cantidad de CEL de manera proporcional a sus cantidades ofertadas, según se requiere para balancear la cantidad comprada con la cantidad vendida.
- El CENACE notificará a la CRE de los Certificados de Energías Limpias que deberán transferirse entre los registros de los Participantes del Mercado como resultado de las transacciones en el mercado de corto plazo.

Las transacciones bilaterales permiten a cualquier persona comprar y vender CEL a través de contratos negociados de manera independientes. Estas transacciones permiten a los participantes del Mercado celebrar Contratos de Cobertura Eléctrica que incluyan CEL a través de las Subastas de LP. Para el registro de las transacciones bilaterales es necesario que la CRE realice la transferencia

de CEL del registro del vendedor al registro del comprador y que dichas transacciones estén registradas en el S-CEL. Los CEL otorgados en las subastas de largo plazo tienen una vigencia de 20 años.

### 6.3 Impacto de los CEL en México

La introducción de un mercado de CEL en México busca aumentar el despliegue de las Energías Limpias en la generación eléctrica en el país. De acuerdo con la CRE, a abril del 2019 se han emitido CEL directamente a Generadores Limpios, a través de Subastas de Largo Plazo, a través de una Subasta a CFE Calificados y por contratos bilaterales, sumando un total de 9.88 millones de CEL a abril 2019 (CRE, Comisión Reguladora de Energía, 2018).

*Tabla 8: Oferta de Certificados de Energía Limpia a abril 2019*

Oferta de CEL (millones)			
	2018	2019 (abril)	Total
Generadores Limpios	5.20	1.60	6.80
Subastas de Largo Plazo	1.20	1.50	2.70
Subastas CFE Calificados	0.20	0.07	0.27
Contratos Bilaterales	0.05	0.06	0.11
Oferta Total	6.65	3.23	9.88

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Comisión Reguladora de energía (CRE, Comisión Reguladora de Energía, 2018)

Como podemos observar en la Tabla 8, las Subastas de Largo Plazo han sido un mecanismo importante para el intercambio de CEL. Una característica importante de este mecanismo es que podemos conocer el precio al cual se intercambiaron los CEL y tener una idea del precio que los certificados tendrán en el mercado Spot, así como los ingresos adicionales a los que tendrán acceso los Generadores Limpios.

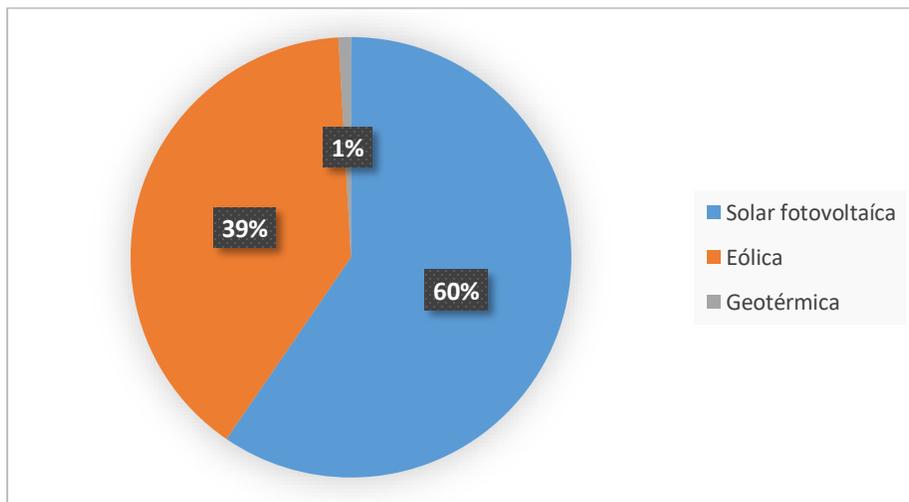
*Tabla 9: CEL adjudicados en las Subastas de Largo Plazo*

Número de subasta	Número de CEL otorgados	Precio de los CEL (USD)	Variación porcentual del precio
1ra	5,380,911	17.4	
2da	9,275,534	13.3	-24%
3ra	5,762,647	8.6	-35%

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la Comisión Reguladora de energía (CRE, Comisión Reguladora de Energía, 2018)

Una de las ventajas de las subastas organizadas en la Industria Eléctrica es que ayudan a revelar el precio de la energía eléctrica. En la Tabla 9 podemos observar que el precio de los CEL disminuyó 24% de la 1ra subasta a la 2da y un 35% de la 2da subasta a la 3ra, con una disminución de más del 50% de la 1ra subasta a la 3ra subasta. Esto nos indica que el costo de la Energía Renovable ha tendido a disminuir, indicándonos que los Participantes Obligados anticipan una mayor oferta de Energías Renovables. Cabe aclarar que los CEL adjudicados no indican la oferta de certificados en un momento dado, hay que recordar que su vigencia es de 20 años y su oferta estará en función de la electricidad generada.

*Gráfica 19: Porcentaje aproximado de CEL adjudicados en las subastas por tecnología*



**Fuente:** Elaboración propia con datos de Green Expo México - [https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow04\\_Gumersindo-Cue.pdf](https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow04_Gumersindo-Cue.pdf)

*Tabla 10: Número aproximado de CEL adjudicados en las Subastas de Largo Plazo por tecnología.*

Porcentaje aproximado de electricidad subastada por tecnología			
Tecnología	1ra Subasta	2da Subasta	3ra Subasta
Solar fotovoltaica	74%	54%	55%
Eólica	26%	44%	45%
Geotérmica	--	2%	--
Número aproximado de CEL adjudicados en las subastas por tecnología			
Solar fotovoltaica	3,981,874	5,008,788	3,169,456
Eólica	1,399,037	4,081,235	2,593,191
Geotérmica	--	185,511	--

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Green Expo México - [https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow04\\_Gumersindo-Cue.pdf](https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow04_Gumersindo-Cue.pdf)

En la Tabla 10 podemos observar un aproximado de los CEL adjudicados para los próximos 20 años. Queda claro que la tecnología que mayores recursos recibirá por la venta de CEL es la fotovoltaica con un 60% del total seguida de la eólica con un 39%, lo que las posiciona como las tecnologías que tendrán un mayor despliegue próximo.

La Tabla 11 se realizó multiplicando el precio correspondiente con los CEL adjudicados en cada subasta. Podemos observar que los ingresos que recibirán los GL por la venta de CEL por los próximos 20 años superan los 266 millones de dólares.

*Tabla 11: Ingresos aproximados por la venta de CEL de las Subastas de Largo Plazo (USD)*

Tecnología	1ra Subasta	2da Subasta	3ra Subasta	Total
Solar fotovoltaica	\$69,284,610.04	\$66,616,885.19	\$27,257,320.31	\$163,158,815.53
Eólica	\$24,343,241.36	\$54,280,424.97	\$22,301,443.89	\$100,925,110.22
Geotérmica		\$2,467,292.04		\$2,467,292.04
Total	\$93,627,851.40	\$123,364,602.20	\$49,558,764.20	\$266,551,217.80

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Green Expo México y la CRE - (CRE, Comisión Reguladora de Energía, 2018)

[https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow04\\_Gumersindo-Cue.pdf](https://www.thegreenexpo.com.mx/2018/wp-content/uploads/2018/09/pow04_Gumersindo-Cue.pdf)

*Tabla 12: Plantas de Generación de Energía Eléctrica con CEL*

Centrales de Generación Limpia	
CFE Generación III – Central Nucleoeléctrica Laguna Verde	Fuerza Y Energía Limpia De Tizimin S.A. De C.V.
PIASA Cogeneración	Operadora Tecnoambiental SEA, S. A. De C. V
Eosol Energy De México S.A.P.I. De C.V.	Cubico Alten Aguascalientes Uno
Biopappel Scribe	Cubico Alten Aguascalientes Dos
Ampper Generación	B-energy Industries, S. A. De C. V.
Parque Solar Villanueva	Sabormex, S.A. De C.V.
Parque Solar Villanueva 3	Iberdrola Renovables Noroeste, S.A. De C.V.
Parque Don Jose	Avant Energías Renovables I S.A.P.I. De C.V
Generadora Fénix	FV Mexsolar I, S.A.P.I. De C.V.
Fortius Electromecánica S.A. De C.V	FV Mexsolar II, S.A.P.I. De C.V.
Energía Renovable Del Istmo II, S.A. De C.V.	Avant Energías Renovables I, S.A.P.I. de C.V.
Parras Cone De México, S. De R.L. De C.V	Lamosa Energia de Monterrey, S.A. de C.V.
Parque Eólico Reynosa III, S.A.P.I. De C.V.	Granjas Carroll de México, S. de R.L. de C.V.
Solar Park Viborillas, S. De R.L. De C.V.	Sabormex S.A. DE C.V.
Servicios Y Energía México SYEM, S.A.P.I. De C.V	Engie Eolica Tres Mesas 3, S.A. DE C.V.
Fisterra Energy Santa María 1, S.A.P.I. De C.V	

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la CRE -

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/450167/Generadores\\_con\\_CEL\\_020419.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/450167/Generadores_con_CEL_020419.pdf)

La información pública indica que 31 empresas de generación de Energía Limpia han recibido CEL. Sobresale el hecho de que de todas las empresas únicamente una es de propiedad estatal (CFE Generación III – Central Nucleoeléctrica Laguna Verde), lo que nos indica que existe un gran interés del sector privado por aprovechar los beneficios de los certificados y generar energía con bajas o nulas emisiones de GEI.

El 22 de marzo de 2018, la empresa italiana de Energías Renovables ENEL inauguró en el estado de Coahuila la planta solar más grande del continente americano, tras una inversión de 650 millones de dólares (EFE, 2018). De acuerdo con el sitio web de la empresa, la empresa utilizada para el proyecto fue Villanueva Solar S.A. de C.V. En la Tabla 12, podemos observar que dos Centrales Eléctricas de ENEL, Parque Solar Villanueva y Parque Solar Villanueva 3, ya reciben CEL. Esto nos indica que las grandes empresas utilizan los CEL en sus proyectos de inversión en el país.

Estos resultados son de gran importancia para las metas de generación limpia en México y son un indicador del funcionamiento de los CEL en el país. Es relevante resaltar que el despliegue logrado en las Energías Limpias no ha sido una carga fiscal para el estado mexicano, únicamente se ha aprovechado el marco jurídico del mercado eléctrico para aprovechar de la mejor manera posible las inversiones privadas en el sector.

## Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

México, como firmante del acuerdo de París, se encuentra en la vanguardia de los países comprometidos con la disminución de los GEI para evitar mayores catástrofes causadas por el Cambio Climático. Ante esta situación el país ha establecido metas concretas para disminuir la emisión de GEI y los CEL como mecanismo para ayudar a alcanzar dichas metas.

Para entender el funcionamiento de los CEL y sus implicaciones en las inversiones en plantas de generación de energía eléctrica se empezó analizando las causas y consecuencias del Cambio Climático, el papel preponderante de la Industria Eléctrica en la emisión de GEI y la búsqueda de su Desarrollo Sustentable para transitar a una industria libre de emisiones de GEI.

Para acotar el trabajo a México, se analizaron los antecedentes de la Industria Eléctrica mexicana y la transformación a la que fue sujeta recientemente. Fue en esta última transformación, en la que se implementaron los CEL en el país aprovechando la liberalización del mercado eléctrico. Para conocer la necesidad de su implementación, se desarrollaron los esfuerzos de política pública para lograr el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica en México.

Ante la necesidad de desarrollar sustentablemente la Industria Eléctrica se identificaron las opciones de políticas públicas para lograr este objetivo. En este apartado se contextualizaron los CEL como parte fundamental de las políticas regulatorias, en específico en las políticas que buscan implementar metas de participación de Energías Limpias.

En este tipo de políticas, los CEL se vuelven un instrumento fundamental para conocer el consumo de Electricidad Limpia por parte de los participantes obligados y se menciona que además de permitir el monitoreo de las obligaciones, su implementación, también proporciona un apoyo financiero adicional a los desarrolladores de proyectos de generación de Electricidad Limpia.

Conociendo las políticas públicas se analiza los CEL con la finalidad de proporcionar una idea de la flexibilidad de este instrumento. Se nota que el diseño del mercado de CEL puede variar en gran medida dependiendo de las reglas y funciones utilizadas por cada legislación. El objetivo de todos los mercados es el mismo: tener un registro de la electricidad renovable generada y aumentar la participación de las Energías Renovables en la Matriz Energética. Sin embargo, los resultados y fallas dependerán de las reglas y funciones de cada mercado específico de CEL. El diseño de la demanda, la oferta y el intercambio del mercado varía debido a que está relacionado directamente con el

mercado eléctrico de cada legislación. Hay mercados que llevan tiempo liberalizándose, otros que apenas inician su liberalización y otros que siguen siendo monopólicos.

Con el ejemplo de la implementación de los CEL en 5 países diferentes se puede observar la gran diferencia en su diseño. Existen mercados que ya están cancelados, como el del Reino Unido, y la mayoría han sufrido modificaciones o se busca alguna modificación de su estructura y alcance. Se hace notar que, en todos los países, los certificados han contribuido de alguna forma a impulsar el despliegue de las Energías Renovables.

Una característica por resaltar es que el esquema tiene poca repercusión en las finanzas públicas debido a que no hay transferencias directas del gobierno hacia los generadores de electricidad. Debe haber un esfuerzo para crear las instituciones encargadas de su implementación, así como también en la formación de los recursos humanos requeridos para su operación. Este esfuerzo requerirá de una transferencia de recursos de diversas clases; sin embargo, considerando los efectos del Cambio Climático y los esfuerzos internacionales para disminuir la emisión de GEI, todo trabajo que dé resultados efectivos deberá ser realizado por los gobiernos de todo el mundo.

Conociendo el funcionamiento general de los CEL y la experiencia internacional que se ha tenido de estos, se analiza la implementación de los CEL en México y los resultados que se han obtenido. Se hace notar que el diseño de los CEL en el país ha cumplido con los requisitos indispensables para su implementación aprovechando la experiencia generada en otros países. De igual forma se señala en el último capítulo los efectos que han tenido los CEL en la Industria Eléctrica de México, resaltando el hecho de que su implementación ha permitido aumentar el despliegue de las Energías Renovables en el país, así como un considerable ingreso extra a los generadores de proyectos en generación de Energía Limpia.

Sin embargo, a pesar del beneficio que han tenido la implementación de los CEL en el país, los CEL tienen una gran área de oportunidad para seguir aumentando el despliegue de las Energías Limpias. Ante esto se enlistan las siguientes recomendaciones:

- **Continuar con los mecanismos de Subastas de Largo Plazo.** México tuvo un cambio de gobierno a finales del 2018, esta situación implicó un cambio en la administración pública y una de las acciones que se tomaron en el sector eléctrico fue la cancelación de la 4ta Subasta de Largo Plazo En la sección 3.2 se mencionó que una de las barreras para lograr el DSIE es la discontinuidad en la implementación de las políticas. Ante esta situación es deseable que

los actores políticos en la toma de decisión valoren los resultados de las Subastas de Largo Plazo, analicen sus beneficios, así como sus deficiencias, pero que retomen a la brevedad posible este mecanismo para evitar desconfianza entre los inversores y desarrolladores de proyectos.

- **Desarrollar reportes de seguimiento de los CEL y de los objetivos medioambientales del gobierno.** Otras de las barreras para lograr el DSIE es la falta de responsabilidades bien definidas en las instituciones y autoridades dedicadas al despliegue de las Energías Renovables. En el transcurso de la investigación de la presente tesina se volvió evidente la falta de información pública relevante. Resalta la falta de actualización de la Estrategia y el Programa, los cuales deben ser revisados con una periodicidad anual, sin embargo, dichas actualizaciones no fueron ubicadas, lo que da la impresión de que no se ha realizado. De igual forma, los reportes de cumplimiento de las obligaciones tampoco están disponibles públicamente, a pesar de ser exigidos por la reglamentación vigente.
- **Apoyar la difusión del instrumento en la Generación Distribuida.** A pesar de que el país cuenta con capacidad de generación eléctrica distribuida, estos no han sido tomados en cuenta para recibir CEL. Esto genera un encarecimiento de la tecnología y por lo tanto un menor despliegue y dejar pasar una oportunidad para ofrecer electricidad en las comunidades más alejadas del país. Para apoyar la difusión de nuevas Centrales de Generación Distribuida Limpia se recomienda utilizar la diferenciación de tecnología utilizado en los mercados de Australia y California, entregando más CEL a la electricidad generada por Centrales de Generación Distribuida.
- **Distribuir los ingresos de los CEL entre otras fases de la industria.** Actualmente los CEL están diseñados para favorecer a los Generadores Limpios. Sin embargo, como se analizó en el presente trabajo, el DSIE implica costos de integración de estas tecnologías en la red eléctrica (líneas de transmisión/distribución, costos de operación, recursos humanos, etc.). Por lo tanto, se debe aprovechar la disminución de los costos de las tecnologías de Generación Limpia para distribuir los ingresos extra de los CEL para apoyar las inversiones en costos de integración.
- **Fortalecer el mercado voluntario de CEL.** En la sección 4.2 se pudo observar que varios mercados de CEL tienen facilidades para que los consumidores finales puedan adquirir Energías Renovables. Esta acción permitiría socializar el DSIE permitiendo a más usuarios acceder a este instrumento

Con estas recomendaciones concluye el presente trabajo de investigación, cuyo principal aporte es otorgar un análisis concreto de la Industria Eléctrica que consistió en analizar el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica, el contexto histórico de la Industria Eléctrica en México, las políticas públicas para el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica, el funcionamiento de los CEL y su implementación en un contexto internacional con la finalidad de otorgar al lector un contexto general para conocer la necesidad de la implementación de los CEL en el país y poder entender su funcionamiento y sus resultados.

Este trabajo busca enriquecer el debate sobre las mejoras que deba hacerse en la Industria Eléctrica y proporcionar una base para futuros trabajos que busquen profundizar sobre las mejoras que deban hacerse para mejorar el funcionamiento de los CEL en el país y mejorar el Desarrollo Sustentable de la Industria Eléctrica.

## Bibliografía

- Fondo de Sustentabilidad Energética SENER-CONACYT. (s.f.). Obtenido de <http://energia.ugto.mx/index.php/balance-de-energia/energia-primaria>
- Bases del Mercado Eléctrico. (08 de 09 de 2015). Diario Oficial de la Federación.
- Bobadilla, A. T. (2015). *Análisis histórico de la nacionalización de la Comisión Federal de Electricidad y sus implicaciones políticas y económicas para México*. Asociación Mexicana de Historia Económica.
- CESPEDES. (2018). *Estudio de Energías Limpias en México 2018-2032*. Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable.
- COGENERA. (2015). *Guía de referencia para interactuar en el nuevo mercado eléctrico*. Ciudad de México: COGENERA México A.C./GIZ.
- CONACYT-SENER. (s.f.). *El sector eléctrico mexicano antes de la reforma*.
- CONUEE. (2016). *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
- CRE. (2016). *Nuevo Modelo Regulatorio*. Ciudad de México: Comisión Reguladora de Energía.
- CRE. (2018). *Comisión Reguladora de Energía*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/302701/CEL-Presentaci\\_n\\_Taller\\_Febrero.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/302701/CEL-Presentaci_n_Taller_Febrero.pdf)
- DOF. (2014). *LINEAMIENTOS que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición*. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2014). *Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición*. *Diario Oficial de la Federación*.
- EFE. (22 de 03 de 2018). Italiana Enel inaugura en México la planta solar más grande de América.
- Elder, B. (2007). *Renewable Energy Credits (RECs) in California*. San Diego: Energy Policy Initiatives Center.
- GIZ. (2018). *Modelos de negocio para la Generación de Electricidad con Energías Renovables en México*. Ciudad de México: Bancomext, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- IEA. (2016). *CO2 emissions from fuel combustion*. International Energy Agency.
- IEA. (2018). *Co2 emissions from fuel combustion; Overview*. International Energy Agency.
- IMCO. (2015). *CEL's Consideraciones para promover su inversión*. Ciudad de México: Embajada Británica en México.
- INEEL. (2016). *Boletín IIE-Mercado eléctrico*. Instituto Nacional de electricidad y Energías Limpias.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014 - Informe de síntesis*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge: Cambridge University Press.

- IRENA. (2017). *REthinking Energy 2017: Accelerating the global energy transformation*. . Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. (2019). *Climate Change and Renewable Energy; National Policies and the Role of Communities, Cities and Regions*. International Renewable Energy Agency.
- IRENA, IEA, REN21. (2018). *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*. IRENA, OECD/IEA and REN21.
- LTE. (24 de 12 de 2015). Ley de Transición Energética. México: Diario Oficial de la Federación.
- Monges, J. A. (2016). *Análisis de la Reforma Energética*. México: Instituto Belisario Domínguez.
- Naciones Unidas. (2018). *Cambio climático*. Obtenido de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- ONU. (2015). *Energía asequible y no contaminante: por qué es importante*. Organización de las Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York.
- Padilla, V. R. (2002). *La industria eléctrica. Un panorama mundial*. Jalisco: ITESO.
- Pavaloaia, L., Georgescu, J., & Georgescu, M. (2015). *The system of green certificates - promoter of energy from renewables resources*. Rumania: ELSEVIER.
- POSOCO. (2018). *Renewable Energy Certificate Mechanism in India - Key learnings, data analysis an way forward*. Power System Operation Corporation Limited.
- REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- Schaeffer, G. J. (2000). *Options for Design of Tradable Green Certificate System*. Flemish Institute for Technological Research.
- SENER. (2016). *Estrategía de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*. Secretaria de Energía.
- SENER. (2017). *Programa Especial de la Transición Energética 2017-2018*. Secretaria de Energía.
- SENER. (2018). *Política Pública para Promover la Generación Distribuida en México*. Secretaria de Energía.
- SENER. (2018). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032*. Secretaría de Energía, Ciudad de México.
- SENER. (2018). *Reporte de avances de energías limpias en la matriz energética*. Secretaria de Energía.
- SENER. (2019). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033*. Ciudad de México.

- SR Inc. (2012). *International Markets for Renewable Energy Certificates (RECs)*. Sustainability Roundtable, INC.
- Terrés, A. R. (2017). *La nueva industria eléctrica en México*. Obtenido de EDx:  
<https://courses.edx.org/courses/course-v1:TecdeMonterreyX+LNIE1ed1+2T2017/course/>
- Toro, M., Serra, L., & Ch., R. (2013). *Luz a la competitividad nacional*. Ciudad de México: Centro de Investigación para el Desarrollo.
- UNEP . (2016). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2016*. Alemania: Bloomberg.
- World Energy Council. (2014). *Cambio Climático: Implicaciones para el Sector Energético*. University of Cambridge.