



Universidad  
Autónoma de  
Coahuila



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS

DOCTORADO EN ECONOMÍA REGIONAL

**“Modelo multisectorial basado en Matrices de Contabilidad Social  
para el análisis económico y ambiental del Sector Eléctrico en  
México”**

AUTOR: YLSEL ARELI GUTIÉRREZ ALONSO

DIRECTORA: DRA. MIRIAM VALDÉS IBARRA

CODIRECTOR: DR. ALEJANDRO DÁVILA FLORES

LECTORA: DRA. ALEJANDRA ELIZONDO CORDERO

LECTOR: DR. JOSÉ ANTONIO ROJAS NIETO

LECTOR: DR. EDGAR DAVID GAYTÁN ALFARO

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS

TESIS

TESIS

2022

YLSEL ARELI GUTIÉRREZ ALONSO

**“Modelo multisectorial basado en Matrices de Contabilidad Social para el análisis económico y ambiental del Sector Eléctrico en México”.**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS**  
**DOCTORADO EN ECONOMÍA REGIONAL**

**TESIS**

**“Modelo multisectorial basado en Matrices de Contabilidad Social  
para el análisis económico y ambiental del Sector Eléctrico en  
México”**

que se presenta como requisito parcial para obtener  
el grado de Doctor en Economía Regional

**M.C. YLSEL ARELI GUTIÉRREZ ALONSO**

Comité Evaluador:

Dra. Miriam Valdés Ibarra  
Dr. Alejandro Dávila Flores  
Dra. Alejandra Elizondo Cordero  
Dr. José Antonio Rojas  
Dr. Edgar David Gaytán Alfaro

Saltillo, Coahuila

Agosto 2022

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>11</b>
<b>MARCO CONTEXTUAL DE LAS ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO .....</b>	<b>11</b>
1.1 Introducción.....	11
1.2 Definición de energía limpia .....	12
1.3 Definición de energía renovable.....	13
1.4 Definición de energía fósil .....	14
1.5 Marco Regulatorio Internacional .....	15
1.5.1 Acuerdo de París .....	15
1.6 Marco Regulatorio Nacional para el aprovechamiento de las fuentes de Energía Limpia.....	16
1.6.1 Ley de Aprovechamiento de las Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) .....	16
1.6.2 Ley General de Cambio Climático (LGCC).....	16
1.6.3 Estrategia Nacional contra el Cambio Climático (ENCC) .....	17
1.6.4 Reforma Energética.....	18
1.6.5 Ley de la Industria Eléctrica (LIE).....	20
1.6.6 Ley de Transición Energética (LTE) .....	21
1.6.7 Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios .....	22
1.6.8 Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional .....	22
1.6.9 Modificaciones constitucionales en materia energética .....	23
1.7 Participación de las Energías Limpias en el Sector Eléctrico.....	24
1.7.1 Generación de energía eléctrica por tipo de tecnología .....	28
1.7.2 Evolución Histórica de las Energías Limpias en la Generación Bruta de Electricidad y Capacidad Instalada .....	32
1.7.2.1 Energía Hidroeléctrica .....	32
1.7.2.2 Energía Eólica .....	35
1.7.2.3 Energía Geotérmica.....	37
1.7.2.4 Energía Nucleoeléctrica.....	39

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

1.7.2.5 Energía Fotovoltaica .....	41
1.7.2.6 Bioenergía .....	44
1.8 Resumen.....	46
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>48</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO: MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL.....</b>	<b>48</b>
2.1 Introducción.....	48
2.2 Modelos Multisectoriales elaborados con MCS.....	48
2.3 Sistema de Cuentas Nacionales .....	51
2.4 Flujo circular de ingresos y gastos .....	52
2.5 Construcción de la Matriz de Contabilidad Social Nacional .....	53
2.6 Cuentas de la MCS .....	56
2.6.1 Cuenta de producción.....	56
2.6.2 Cuenta de distribución del ingreso.....	57
2.6.2.1 Cuenta de distribución primaria del ingreso.....	57
2.6.2.2 Cuenta de distribución secundaria del ingreso .....	58
2.6.3 Cuenta de utilización del ingreso disponible .....	58
2.6.4 Cuenta de capital.....	59
2.6.5 Cuenta financiera.....	59
2.6.6 Cuenta del resto del mundo.....	60
2.6.7 Formato matricial de las cuentas nacionales.....	60
2.7 Sectores Institucionales .....	60
2.8 Formulación básica de los Modelos de Contabilidad Social.....	64
2.9 Método de Desagregación del Sector Eléctrico Mexicano .....	66
2.10 Desagregación del Sector Eléctrico Mexicano en la MNCS 2018.....	67
2.11 Desagregación de los Hogares en la MCS .....	80
2.12 Usos y aplicaciones de la Matriz de Contabilidad Social.....	81
2.13 Resumen.....	89
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>91</b>
<b>ESTIMACIÓN DEL VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO NACIONAL Y DE EMISIONES DE CO<sub>2e</sub> .....</b>	<b>91</b>
3.1 Introducción.....	91
3.2 Formulación energética.....	91
3.3 Procedimiento de estimación de los vectores de consumo eléctrico y emisiones de CO <sub>2e</sub> asociadas .....	94

## ÍNDICE DE CONTENIDO

3.3.1	Vector de Consumo Eléctrico .....	94
3.3.1.1	Consumo de energía eléctrica de los deciles de hogares .....	97
3.3.1.2	Consumo de energía eléctrica de las actividades productivas .....	106
3.3.2	Vector de Emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	109
3.3.2.1	Emisiones de CO <sub>2e</sub> de los deciles de hogares.....	110
3.3.2.2	Emisiones de CO <sub>2e</sub> de las actividades productivas.....	110
3.3.3	Vectores de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	111
3.4	Resumen.....	115
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>116</b>
<b>MULTIPLICADORES DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES DE CO<sub>2e</sub> ...</b>		<b>116</b>
4.1	Introducción.....	116
4.2	Multiplicadores Totales de Consumo de Energía Eléctrica y Emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	116
4.2.1	Actividades Productivas.....	117
4.2.2	Hogares .....	119
4.3	Multiplicadores Directos e Indirectos de Consumo de Energía Eléctrica y Emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	127
4.3.1	Actividades Productivas.....	127
4.3.2	Hogares .....	129
4.4	Multiplicadores Totales de Consumo y de Emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	140
4.4.1	Actividades Productivas.....	140
4.4.2	Hogares .....	143
4.5	Elasticidades de Consumo y de Emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	145
4.6	Multiplicadores de la Matriz de Contabilidad Social .....	152
4.6.1	Multiplicadores por aumentos unitarios en la demanda exógena de las actividades productivas .....	152
4.6.2	Multiplicadores de los hogares por transferencias unitarias exógenas .....	158
4.6.3	Descomposición Aditiva de Stone .....	161
4.7	Resumen.....	166
<b>CAPÍTULO 5.....</b>		<b>167</b>
<b>SIMULACIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO .....</b>		<b>167</b>
5.1	Introducción.....	167
5.2	Descripción de los Escenarios .....	168
5.2.1	Escenario No. 1: Base .....	168

## ÍNDICE DE CONTENIDO

5.2.2	Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032 .....	169
5.2.3	Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036 .....	173
5.3	Simulaciones .....	176
5.3.1	Escenario No. 1: Base .....	176
5.3.2	Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032 .....	177
5.3.3	Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036 .....	180
5.4	Procedimiento de Simulación .....	186
5.5	Resultados .....	189
5.5.1	Estructura de la Producción .....	190
5.5.2	Estructura de las Ventas .....	194
5.5.3	Producto Bruto Total .....	195
5.5.3.1	Escenario No. 1: Base .....	196
5.5.3.2	Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032 .....	198
5.5.3.3	Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036 .....	200
5.5.3.4	Comparativo .....	202
5.5.4	Componentes del Valor Agregado .....	205
5.5.4.1	Escenario No. 1: Base .....	205
5.5.4.2	Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032 .....	206
5.5.4.3	Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036 .....	207
5.5.4.4	Comparativo .....	208
5.5.5	Actividades con mayor crecimiento .....	209
5.5.6	Actividades con crecimiento negativo .....	212
5.5.7	Ingreso disponible de los hogares .....	215
5.6	Emisiones de CO <sub>2e</sub> por tipo de tecnología .....	217
5.6.1	Emisiones de CO <sub>2e</sub> en el Escenario No. 2 .....	219
5.6.2	Emisiones de CO <sub>2e</sub> en el Escenario No. 3 .....	221
5.6.3	Comparativo de emisiones de CO <sub>2e</sub> : PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036 .....	223
5.6.4	Comparativo de emisiones de CO <sub>2e</sub> con el mismo monto de generación .....	224
5.7	Resumen .....	226
	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>228</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>239</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>254</b>

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

Anexo 1. Regiones de Control del SEN .....	254
Anexo 2. Capacidad y Generación en Centrales Hidroeléctricas, 2017 (MW, GWh).....	256
Anexo 3. Capacidad y Generación en Centrales Eólicas, 2017 (MW, GWh). .....	256
Anexo 4. Capacidad y Generación en Centrales Geotermoeléctricas, 2017 (MW, GWh).....	257
Anexo 5. Capacidad y Generación en Centrales Solares, 2017 (MW, GWh). .....	257
Anexo 6. Capacidad y Generación en Centrales de Bioenergía, 2017 (MW, GWh).....	258
Anexo 6. México: Participación de las centrales en la Capacidad Instalada por tipo de tecnología. 2017 .....	258
Anexo 7. México: Generación anual de energía eléctrica en las centrales convencionales y limpias (GWh). 2016-2020 .....	259
Anexo 8. México: Participación de las centrales convencionales y limpias en la generación de energía eléctrica total (%). 2016-2020.....	259
Anexo 9. México: Generación anual de energía eléctrica en las centrales limpias (GWh). 2016-2020 .....	260
Anexo 10. México: Participación de las centrales limpias en la generación de energía eléctrica (%). 2016-2020 .....	260
Anexo 11. México: Generación anual de energía eléctrica en las centrales convencionales (GWh). 2016-2020.....	260
Anexo 12. México: Participación de las centrales convencionales en la generación de energía eléctrica (%). 2016-2020 .....	261
Anexo 13. Formulación del Modelo Insumo-Producto.....	261
Anexo 14. Poder Calorífico de los Combustibles .....	267
Anexo 15. Precios promedios de combustibles para 2018.....	267
Anexo 16. Clasificación de las actividades económicas de acuerdo con el código SCIAN y con el Sector Eléctrico Mexicano desagregado por tipo de tecnología.....	268
Anexo 17. México: Último mes de pago del recibo de luz. 2018 .....	270
Anexo 18. México: Tarifas Industriales de Consumo Eléctrico. 2018.....	270
Anexo 19. México: Estructura de consumo eléctrico de las actividades productivas. 2018.....	271
Anexo 20. México: Multiplicadores de producción, salario y valor agregado. 2018.....	273
Anexo 21. Encadenamientos hacia atrás y hacia adelante .....	275

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

Anexo 22. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO <sub>2e</sub> de los sectores Claves. GWh y Toneladas de CO <sub>2e</sub> . 2018 .....	280
Anexo 23. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO <sub>2e</sub> de los sectores Estratégicos. GWh y Toneladas de CO <sub>2e</sub> . 2018 .....	281
Anexo 24. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO <sub>2e</sub> de los sectores Independientes. GWh y Toneladas de CO <sub>2e</sub> . 2018.....	282
Anexo 25. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO <sub>2e</sub> de los sectores Impulsores. GWh y Toneladas de CO <sub>2e</sub> . 2018.....	283
Anexo 26. Elasticidades de consumo eléctrico y emisiones de CO <sub>2e</sub> .....	284
Anexo 27. Descomposición de los multiplicadores de la Matriz de Contabilidad Social.....	284
Anexo 28. México: Descomposición de los multiplicadores de producción bruta de las actividades productiva en efecto inicial, directo, indirecto e inducido. 2018.....	287
Anexo 29. Funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista y Precios Marginales Locales .....	289
Anexo 30. Tasas Medias de Crecimiento Anual Históricas del PBT. %. 2007-2021.....	293

---

### INTRODUCCIÓN

---

La energía eléctrica<sup>1</sup> es un factor crítico de producción y consumo para las regiones que conforman un país, por tanto, los responsables de las políticas públicas cada vez se centran más en el papel que juega este recurso como impulsor del crecimiento y desarrollo de la sociedad. Su intensidad de uso varía según el tipo de vocación productiva que caracteriza a una región económica, así como del patrón de consumo que efectúan los hogares.

Por consiguiente, la electricidad es un bien de demanda intermedia necesario para la realización de las actividades primarias, de transformación y servicios. Además, se le considera un bien de demanda final indispensable para la satisfacción de las necesidades de los consumidores, ya que permite acceder a bienes y servicios básicos como alimentación, salud y educación, incidiendo directamente en el bienestar y calidad de vida de la sociedad.

Desde la Revolución Industrial, el rápido crecimiento económico y poblacional ha impulsado una demanda creciente de energía eléctrica, lo cual se ha traducido en un deterioro ambiental a causa de la mayor emisión de gases de efecto invernadero (GEI), definidos como aquellos gases que se acumulan en la atmósfera terrestre y que son capaces de absorber la radiación del sol, reteniendo calor y aumentando la temperatura del planeta. Son resultado de procesos naturales y de la actividad humana, los principales GEI son el vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno (N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), clorofluorocarbonos (CFC), entre otros.

---

<sup>1</sup> Es la energía transmitida por electrones en movimiento y que es utilizada para generar luz, calor y movimiento. Forma parte de un conjunto de productos energéticos que han sufrido un proceso de transformación químico o físico que los hace aptos para su utilización final.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, en el 2015<sup>2</sup> México emitió 683 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2e</sub>)<sup>3</sup>. El sector transporte fue el que más toneladas emitió con 171, representando el 25.1% del inventario. Por su parte, las industrias de la energía fueron responsables del 24.1%, lo cual fue equivalente a 165 MtCO<sub>2e</sub>. 10.3% se originaron por los sistemas de producción pecuaria; 9.3% se produjeron en las industrias manufacturera y de la construcción; 7.9% provinieron de los procesos industriales; 6.7% se emitieron por el manejo de residuos; 6.5% por extracción de petróleo, gas y minería; 5.4% por otros sectores y 4.6% se generaron por actividades agrícolas (INECC, 2018).

El alto impacto del sector eléctrico en las emisiones se vincula directamente con el consumo de ese insumo productivo en el país. Ya que, en el 2018<sup>4</sup> fue el segundo energético de mayor consumo<sup>5</sup> a nivel nacional con una participación del 18.9%, solo por debajo de los petrolíferos<sup>6</sup> con 57.1%. Otros energéticos empleados en el consumo final fueron el gas seco, renovables<sup>7</sup>, carbón y coque<sup>8</sup> con contribuciones del 11%, 6%, 3.5% y 3.4% respectivamente. A nivel sectorial, la electricidad representó el 23.5% del consumo de energía final en las actividades agropecuarias, mientras que para la industria y los sectores residencial, comercial y público en conjunto tuvo una participación de más de un tercio con porcentajes del 36.06 y 36.07 respectivamente.

De acuerdo con datos del Observatorio de la Transición Energética en México (OBTREN MX), en el 2018 la generación de electricidad se reportó en 310,498

---

<sup>2</sup> Información más actual disponible.

<sup>3</sup> Medida utilizada para comparar y evaluar el impacto de la emisión de los diferentes gases de efecto invernadero. Permite expresar en términos de CO<sub>2</sub> el nivel de calentamiento global que tienen los otros gases de efecto invernadero.

<sup>4</sup> Datos preliminares de 2018 del Sistema de Información Energética (SIE), SENER.

<sup>5</sup> El consumo final energético nacional se refiere a los combustibles primarios y secundarios utilizados para satisfacer las necesidades de energía de los sectores residencial, comercial, público, transporte, agropecuario e industrial.

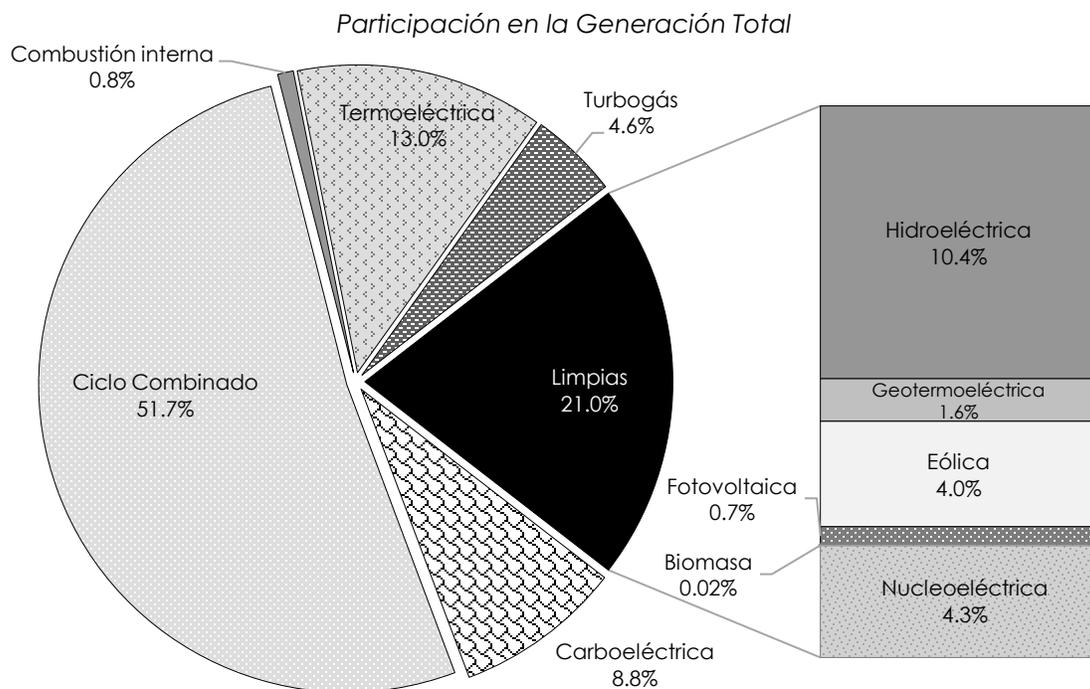
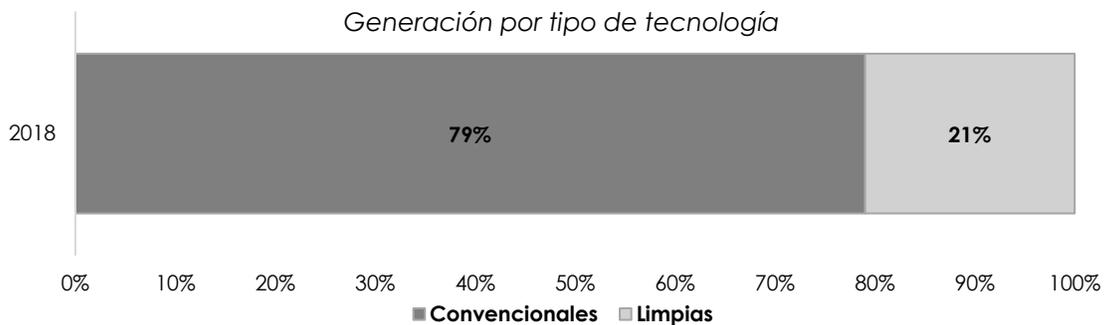
<sup>6</sup> Engloba gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo y gas LP.

<sup>7</sup> Considera leña, bagazo de caña y solar.

<sup>8</sup> Toma en cuenta coque de carbón y petróleo.

GWh<sup>9</sup>, siendo 2.6% mayor en comparación con lo reportado en el año previo (302,707 GWh).

**Gráfica I. México: Participación de las tecnologías convencionales y limpias en la Generación total de Energía Eléctrica.%. 2018**

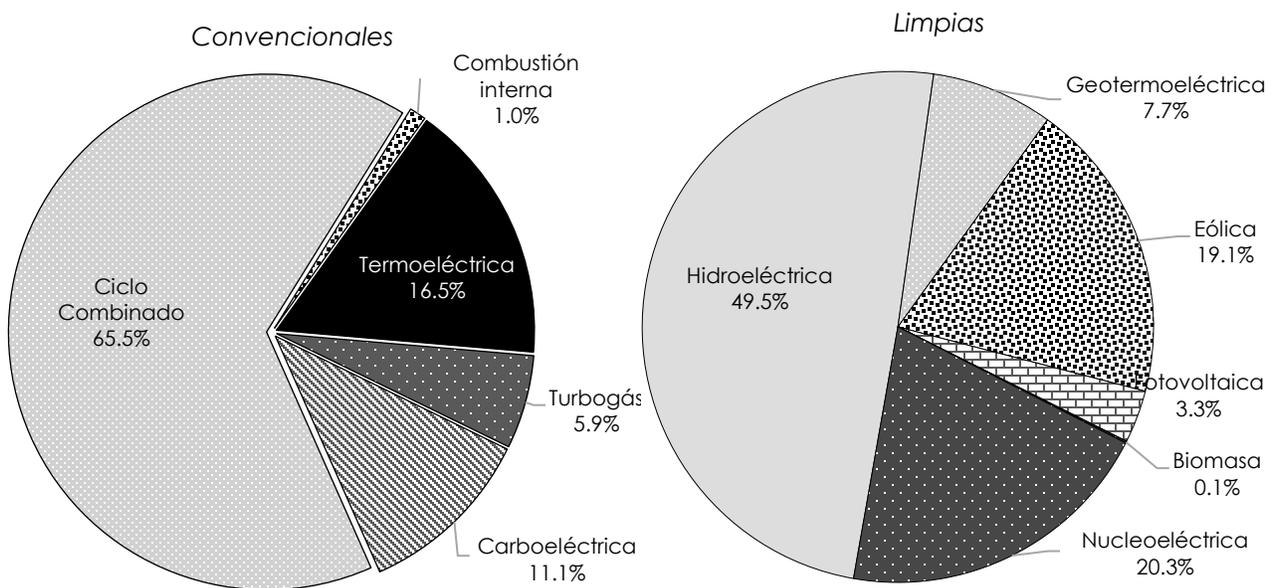


**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

<sup>9</sup> Gigawatt hora (GWh): Unidad de energía equivalente a 1,000 MWh -Megawatt hora (MWh). En electricidad es la energía consumida por una carga de un MW durante una hora. Un MWh es equivalente a 0.59 barriles de petróleo (un barril de petróleo es igual a 42 galones, aproximadamente 158.98 litros)-.

El 79% del total se generó a través de las tecnologías convencionales (245,386 GWh), develándose así, la significativa participación de los combustibles fósiles dentro de la matriz de generación eléctrica en México. Dentro de esta categoría, las centrales de ciclo combinado fueron las más representativas al aglomerar el 65.5%, seguido por las termoeléctricas convencionales con el 16.5% y las carboeléctricas con 11.1%. El 6.9% faltante fue atribuible a las unidades de combustión interna y turbogás (véase Gráfica I y II).

**Gráfica II. México: Participación de las centrales en Generación de Energía Eléctrica por tipo de tecnologías.%. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

En lo que respecta a las fuentes limpias, estas generaron 65,112 GWh de electricidad, representando el 21% del total reportado durante el 2018. Dentro de este tipo de tecnología, cuyos procesos de generación no expulsaron emisiones ni residuos de forma directa<sup>10</sup> a la atmósfera, las centrales hidroeléctricas fueron las

<sup>10</sup> A pesar de que las energías limpias no emiten de forma directa contaminantes, si lo hacen de manera indirecta, a través de sus procesos de manufactura, transporte y disposición de los equipos al final de su ciclo de vida.

más destacadas al producir aproximadamente el 50%, seguido por las nucleoelectricas con 20.3% y las eólicas con 19.1%. El 11.1% restante se dividió entre la energía geotérmica, fotovoltaica y bioenergía (véase Gráfica I y II).

Esta estructura de generación basada en fuentes fósiles es altamente contaminante, ya que este tipo de combustibles de acuerdo con sus factores de emisión<sup>11</sup> son responsables de liberar una cantidad significativa de gases de efecto invernadero. Dentro de los fósiles, el carbón es el más contaminante al emitir 94,600 kg de CO<sub>2</sub> por Terajoule<sup>12</sup> de energía generada, algunos derivados del petróleo como el diésel y el combustóleo generan 74,100 y 77,400 kg CO<sub>2</sub>/TJ respectivamente. Por su parte, el gas natural, combustible empleado en las centrales de ciclo combinado, es el que produce la menor cantidad de emisiones con 56,100 kg CO<sub>2</sub>/TJ. En cambio, el impacto ambiental de las fuentes renovables es nulo al no emitir directamente ningún gas de efecto invernadero.

### Cuadro I. México: Factores de emisión por tipo de combustible

Factores de emisión por tipo de combustible	
Combustible	kg CO <sub>2</sub> /TJ
Carbón	94,600
Diésel	74,100
Combustóleo	77,400
Gas Natural	56,100
Fuentes Renovables	-----

**Fuente:** Programa GEI México. Disponible en: <http://www.geimexico.org/factor.html>

La alta participación de las tecnologías convencionales y altamente contaminantes en la generación de electricidad se relaciona directamente con la

---

<sup>11</sup> El factor de emisión se define como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante. Estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración.

<sup>12</sup> Equivalente a 1.0E+12Joules.

capacidad instalada<sup>13</sup> del Sistema Eléctrico Nacional (SEN)<sup>14</sup>, la cual se concentra principalmente en centrales de este tipo.

Durante el 2018 la capacidad instalada se contabilizó en 72,958 MW<sup>15</sup>, experimentando un crecimiento del 7.2% respecto a la capacidad reportada al cierre de 2017 (68,051 MW) por el PRODESEN 2019-2033. Del total de la capacidad instalada, el 67.2% correspondió a centrales eléctricas convencionales y el 32.8% restante a centrales eléctricas con tecnologías limpias. Dentro de la modalidad convencional, el 56% de la capacidad se concentró en centrales de ciclo combinado<sup>16</sup>, una cuarta parte en termoeléctricas<sup>17</sup> y el 11% en carboeléctricas<sup>18</sup>. Por su parte, las centrales de combustión interna<sup>19</sup> y turbogás<sup>20</sup> exhibieron participaciones de 2 y 6 respectivamente.

---

<sup>13</sup> Es la potencia máxima a la cual puede suministrar energía eléctrica una central de generación y es especificada por el fabricante.

<sup>14</sup> Conjunto de instalaciones destinadas a la generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica de servicio público en toda la República, estén o no interconectadas.

<sup>15</sup> Mega watt (MW): Unidad de potencia igual a 1,000,000 Watts.

<sup>16</sup> Su proceso de generación es similar al de centrales con turbinas de gas, con la diferencia de que los gases de escape de la turbina son aprovechados en una caldera de recuperación para generar vapor e impulsar una turbina en un proceso similar al de las centrales térmicas convencionales. Presenta una eficiencia superior a otras tecnologías convencionales (es 1.4 veces más eficiente que una termoeléctrica convencional).

<sup>17</sup> Su principio de generación de electricidad es la transformación del agua en vapor, el cual se expande en una turbina que, al darse la condición de presión y temperatura idónea provoca un movimiento mecánico para impulsar el generador y producir así la electricidad. Posteriormente, el vapor abandona la turbina y se transforma en agua por medio de un condensador, para que esta se almacene nuevamente y comience el ciclo de transformación. Utilizan combustibles como: carbón, gas natural, derivados del petróleo como diésel y combustóleo, que se caracterizan por su alto nivel de emisiones contaminantes.

<sup>18</sup> Su principio de generación de electricidad es análogo a una central termoeléctrica, el cambio principal radica en el generador de vapor, el cual es más complejo, de mayores dimensiones y con superficies más grandes para la transferencia de calor. Además, requiere de un tratamiento especial del combustible, que consiste en la pulverización y secado del carbón, así como de sistemas anticontaminantes como colectores de bolsas y equipos de desulfuración. Es más eficiente que una termoeléctrica convencional.

<sup>19</sup> Su proceso es equivalente al de una central termoeléctrica convencional; sin embargo, la combustión se realiza dentro de un motor que comprime el aire y aumenta su temperatura, y al entrar en contacto con el combustible (diésel) provoca el proceso de combustión. Los combustibles empleados son el gas natural, gas asociado a petróleo crudo, biogás, combustibles vegetales, emulsiones de residuos pesados y combustóleo. Presenta los costos más altos dentro de las convencionales.

<sup>20</sup> El proceso de generación comienza cuando el aire entra a la cámara de combustión, donde una parte proporciona el oxígeno necesario para realizar la combustión, mientras la parte restante se utiliza para enfriar los gases y lograr la expansión en la turbina, provocando el movimiento mecánico

La capacidad instalada en el rubro de tecnologías limpias fue liderada durante el 2018 por las centrales hidroeléctricas con 53%, en orden importancia le siguieron la energía eólica, fotovoltaica, cogeneración eficiente, nuclear, geotérmica y bioenergía con aportaciones de 20%, 8%, 7%, 7%, 4% y 2.% respectivamente.

Del panorama anterior se desprenden tres hechos relevantes:

1. La importancia de la electricidad, como el segundo energético de mayor consumo final y responsable de una parte significativa de las emisiones de GEI a nivel nacional.
2. El sobresaliente papel de los combustibles fósiles (fuentes no renovables) dentro de la estructura eléctrica del país. Y la reducida participación de las fuentes limpias, tanto en el consumo como en la generación de energía eléctrica.
3. Los combustibles fósiles empleados en las centrales convencionales son altamente contaminantes y por consiguiente responsables de una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero. En cambio, las fuentes renovables son limpias, debido a que no generan gases de este tipo y son compatibles con el desarrollo sustentable.

El sector eléctrico se caracteriza por ser de los más dinámicos, ya que, en periodos de expansión económica, su trayectoria de crecimiento es pronunciada debido a que impulsa el desenvolvimiento de los sectores productivos y durante etapas de contracción, su fluctuación es menor amplitud, dado que se trata de un bien de primera necesidad para los hogares. Dicho comportamiento, convierte a esta industria en un sector impulsor y estabilizador del crecimiento económico nacional, por consiguiente, las medidas de política pública que se implanten en él son de suma importancia para la transición hacia un modelo de desarrollo

---

que será transmitido al generador obteniendo así la energía eléctrica. Los gases de escape son generalmente liberados a la atmósfera. Utilizan como principales fuentes de energía primaria el gas natural y el diésel, son menos eficientes que el resto de las tecnologías convencionales -ofrecen una eficiencia media de 36%- (PRODESEN 2018-2032).

sustentable, que garantice la seguridad energética y reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero.

En términos de regulación ambiental se han desarrollado leyes, estrategias, acuerdos y reformas a nivel nacional e internacional que buscan emprender acciones frente al cambio climático<sup>21</sup>, las cuales se abordarán en el primer capítulo del documento. En el escenario internacional, México se ha comprometido por medio del Acuerdo de París al combate efectivo de esta problemática. A nivel nacional, a través de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) se busca garantizar el derecho a un medio ambiente sano, lo cual implica la aplicación de medidas de adaptación y mitigación. En lo relacionado con la mitigación, esta ley establece que la Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, *promoverán que la generación eléctrica a partir de fuentes de energía limpias alcance por lo menos el 35 por ciento para el año 2024* (Artículo Tercero Transitorio de la LGCC).

Por ende, para reducir las emisiones de GEI se requiere de un modelo energético que acelere la generación de electricidad a través fuentes limpias, de menor costo y compatibles con la preservación del medio ambiente, lo cual implica cambios en la matriz de generación eléctrica para reducir la presencia de las tecnologías basadas en combustibles fósiles y dar paso a las energías libres de contaminantes. Otro elemento crucial (además de la oferta) para cumplir con las metas ambientales es la demanda de electricidad, por ello, es importante conocer el consumo de energía eléctrica que efectúan los sectores económicos en sus procesos productivos y los hogares en la satisfacción de sus necesidades, ya que estos patrones de consumo intermedio y final están vinculados con la cantidad de gases que son liberados a la atmósfera. Dicha estimación permitirá identificar los sectores y los estratos de hogares que son más intensivos en la demanda de electricidad y que por consiguiente son los responsables de la degradación del

---

<sup>21</sup> Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

ambiente y sujetos a una mayor regulación para contribuir a frenar el Cambio Climático.

Además resulta de gran utilidad distinguir los agentes económicos que son más sensibles en términos de consumo y emisiones ante un cambio unitario en la demanda final exógena, ya que su respuesta también incide directamente en la calidad del medio ambiente. Una de las formas más adecuadas de cuantificar estos impactos es a través de una base de datos consistente y sistemática, como lo es la Matriz de Contabilidad Social (MCS).

La MCS es una ampliación del análisis interindustrial o también denominado Insumo-Producto, ya que añade una caracterización más detallada de los roles del trabajo, hogares e ingresos, así como los gastos institucionales asociados a los sectores de demanda final y valor agregado en la economía. El uso de estos modelos debe extenderse y convertirse en un elemento esencial en la planeación económica de los países y sus regiones, ya que proporciona una imagen más amplia del sistema al incorporar el flujo circular de ingresos y gastos, permitiendo una mejor comprensión de la interacción entre los agentes y su respuesta ante estímulos exógenos. La descripción más profunda de esta metodología se relata en el segundo capítulo del documento.

*En resumen, el objetivo principal de la investigación consiste en estimar el consumo de energía eléctrica (GWh) y las emisiones de gases de efecto invernadero (Toneladas de CO<sub>2e</sub>) derivadas de las actividades productivas y de los hogares durante el 2018; además, de cuantificar el impacto económico y ambiental de diferentes matrices de generación eléctrica en el Sistema Eléctrico Mexicano, a través, de modelos multisectoriales basados en Matrices de Contabilidad Social.*

Para solventar el propósito principal se deberá dar cumplimiento a los siguientes objetivos específicos:

- ✚ Analizar la evolución de las energías limpias en la estructura de generación de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico Nacional.

- ✚ Construir la Matriz Nacional de Contabilidad Social (MNCS) para el 2018.
- ✚ Desagregar el sector eléctrico mexicano en la MNCS por tipo de tecnología de generación.
- ✚ Estimar el vector nacional de consumo de electricidad de las actividades productivas y deciles de hogares. Unidad de medida: GWh.
- ✚ Estimar del vector nacional de gases de efecto invernadero emitidos por las actividades productivas y deciles de hogares. Unidad de medida: Toneladas de CO<sub>2e</sub>.
- ✚ Calcular los multiplicadores totales, directos e indirectos de consumo de electricidad y emisiones (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>).
- ✚ Estimar los impactos económicos en las principales variables de la MNCS (PBT, valor agregado -remuneraciones de asalariados, otros impuestos sobre la producción, excedente bruto de operación-, ingreso disponible total y distribución del ingreso disponible por decil de hogar) de diferentes matrices de generación eléctrica derivadas de las estrategias contenidas en los Programas de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) del 2018 y del 2022 a través de la simulación de tres escenarios:
  - a) Escenario Base;
  - b) Escenario PRODESEN 2018-2032 y;
  - c) Escenario PRODESEN 2022-2036.
- ✚ Estimar los impactos ambientales en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas de CO<sub>2e</sub>) derivadas de diferentes matrices de generación eléctrica.

La construcción de la MCS se basa en la información proveniente de la matriz Insumo-Producto y la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018, que es la información disponible más actual publicada por el INEGI. Además, el sector eléctrico dentro de la MCS se desagrega en ocho categorías, siete de ellas hacen referencia a la generación por tipo de tecnología y una a la actividad de transmisión, distribución y comercialización de electricidad, este nivel de desagregación pretende contribuir a tener una mejor comprensión de la dinámica de esta industria.

## **CAPÍTULO 1**

### **MARCO CONTEXTUAL DE LAS ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

#### **1.1 Introducción**

El sector eléctrico mexicano se reveló como la actividad con mayor dinamismo durante la década comprendida entre el 2007 y 2017 al exhibir una tasa media de crecimiento real del 3.0%, la cual fue superior al resto de actividades económicas (sector terciario, primario, industria manufacturera, construcción y minería con tasas promedio anual de crecimiento del 2.8%, 1.8%, 1.5%, 0.8% y -2.9% respectivamente) y al 2.0% reportado para la economía nacional en su conjunto. Este comportamiento sitúa a la energía eléctrica como un elemento esencial para el desarrollo económico del país, ya que suministra un insumo básico para la realización de las actividades productivas y a la vez es un bien de demanda final necesario para el funcionamiento de los hogares.

Sin embargo, la generación de electricidad tiene un gran impacto sobre el medio ambiente debido a la demanda que realiza de combustibles fósiles, los cuales liberan a la atmósfera cantidades importantes de gases de efecto invernadero. En respuesta a esta problemática vinculada con el cambio climático, México se ha comprometido a nivel internacional y nacional a reducir sus emisiones de gases contaminantes y a transitar hacia un modelo energético más sustentable y diversificado, donde las energías limpias juegan un papel fundamental para cumplir con la meta formalizada en la Ley General de Cambio Climático de generar el 35% de electricidad a partir de fuentes limpias para el 2024.

Actualmente, el sector eléctrico es uno de los principales objetos de la Reforma Energética, experimentando así la mayor transformación registrada en los últimos años. Aunado al hecho de que mantiene una tendencia de crecimiento por encima

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

del Producto Interno Bruto Nacional, esta posición estratégica convierte a la industria eléctrica en un sector dinámico, con grandes áreas de oportunidad para implementar políticas que vayan encaminadas a incrementar la participación de las energías limpias en la matriz de generación eléctrica y así reducir las emisiones contaminantes asociadas a la actual estructura altamente dependiente de los combustibles fósiles como el carbón, combustóleo, diésel, coque de petróleo y gas natural.

### **1.2 Definición de energía limpia**

De acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) en su artículo 3, fracción vigésimosegundo, las energías limpias se definen como:

“Aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan”.

Entre las energías limpias se consideran las siguientes:

- a) El viento;
- b) La radiación solar;
- c) La energía oceánica en sus distintas formas: maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal;
- d) El calor de los yacimientos geotérmicos;
- e) Los bioenergéticos;
- f) La energía generada por el aprovechamiento del poder calorífico del metano y otros gases asociados en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros;
- g) La energía generada por el aprovechamiento del hidrógeno mediante su combustión o su uso en celdas de combustible;
- h) La energía proveniente de centrales hidroeléctricas;
- i) La energía nucleoelectrica;

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

- j) La energía generada con los productos del procesamiento de esquilmos agrícolas<sup>22</sup> o residuos sólidos urbanos (como gasificación o plasma molecular);
- k) La energía generada por centrales de cogeneración eficiente;
- l) La energía generada por ingenios azucareros;
- m) La energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono que tengan una eficiencia igual o superior en términos de kWh-generado por tonelada de dióxido de carbono equivalente emitida a la atmósfera a la eficiencia mínima que establezca la CRE y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;
- n) Tecnologías consideradas de bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales, y
- o) Otras tecnologías que determinen la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con base en parámetros y normas de eficiencia energética e hídrica, emisiones a la atmósfera y generación de residuos, de manera directa, indirecta o en ciclo de vida.

### **1.3 Definición de energía renovable**

Dentro de las energías limpias se encuentran las energías renovables que son definidas por la Ley de Transición Energética (LTE) en su artículo 3, fracción decimosexta como:

“Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes”.

---

<sup>22</sup> Los esquilmos son subproductos derivados de las actividades agrícolas, y se les considera como tal a los residuos de hojas y tallos que quedan sobre el terreno después de cosechar el grano o semilla.

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

Las energías que son consideradas como renovables son las enunciadas a continuación (corresponden a los incisos del a) al e) de las energías limpias):

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| a) Eólica   | d) Hidroenergía |
| b) Solar    | e) Geotérmica   |
| c) Oceánica | f) Bioenergía   |

### **1.4 Definición de energía fósil**

Las energías fósiles son definidas por la Ley de Transición Energética (LTE) en su artículo 3, fracción decimoséptima como: “Aquellas que provienen de la combustión de materiales y sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso que contienen carbono y cuya formación ocurrió a través de procesos geológicos”.

Entre las principales fuentes fósiles de las cuales hace uso el país para la generación de energía eléctrica se encuentran:

-  Carbón mineral
-  Gas natural
-  Petróleo
-  Condensados

Estas fuentes constituyen un recurso natural no renovable y se caracterizan por ser altamente contaminantes (aunque en diferentes magnitudes), debido a que su combustión libera a la atmósfera gases como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, entre otros gases, los cuales han contribuido a originar y potenciar el efecto invernadero y con ello la degradación ambiental.

La generación de electricidad depende en gran parte del uso de estos combustibles fósiles, lo cual se traduce en una reducida participación de las fuentes limpias en la matriz de generación. De lo anterior, se deriva la importancia de diversificar el portafolio energético para cumplir con las metas establecidas a nivel internacional y nacional que tratan de mitigar los efectos del cambio climático.

## **1.5 Marco Regulatorio Internacional**

En términos de regulación ambiental se han desarrollado leyes, estrategias, acuerdos y reformas a nivel nacional e internacional que buscan emprender acciones frente al cambio climático a través del aprovechamiento de fuentes de energía limpia para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

### **1.5.1 Acuerdo de París**

En el escenario internacional, México ha procurado ser un actor relevante entre los países en desarrollo y, en general, entre aquellos comprometidos con el combate efectivo al cambio climático (ENCC, 2013). El país forma parte del Acuerdo de París, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático o la 21.a Conferencia de las Partes (COP21) celebrada del 30 de noviembre al 11 de diciembre de 2015 en París.

Este Acuerdo es un instrumento de alcance mundial para enfrentar de manera global el cambio climático, el cual busca que por lo menos 195 países reorienten su desarrollo hacia un mundo más sostenible con menores emisiones y con capacidad de adaptarse a un clima más extremo (IMCO, 2015). El objetivo fundamental es mantener el aumento de la temperatura del planeta por debajo de los 2°C hacia finales de este siglo, reconociendo que ello reducirá considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

Para alcanzar dicho objetivo se requiere aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático, promover la resiliencia al clima y fomentar un desarrollo con bajas emisiones de GEI, para lo cual resulta necesario acelerar el uso de las energías limpias e incrementar los mecanismos de eficiencia energética (SENER, 2016). En otras palabras, el cumplimiento del acuerdo será un primer paso para reducir los efectos y construir la base de un cambio estructural en los sistemas productivos, desligando el crecimiento económico de las emisiones de gases de efecto invernadero (Álvarez-Espinosa, *et al.*, 2017).

### **1.6 Marco Regulatorio Nacional para el aprovechamiento de las fuentes de Energía Limpia**

Para garantizar la mayor penetración de las energías limpias en la matriz de generación eléctrica nacional se han desarrollado diversas legislaciones, instrumentos y herramientas para regular y encaminar los esfuerzos hacia una mayor diversificación que permita la reducción de emisiones contaminantes provenientes del sector eléctrico (SENER, 2018).

Entre las más relevantes se encuentran las siguientes:

#### **1.6.1 Ley de Aprovechamiento de las Energía Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE)**

La LAERFTE<sup>23</sup> fue publicada por el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de noviembre de 2008 con el objeto de regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

El 1º de junio de 2011 se publicó un decreto de reforma a la LAERFTE, en dónde se incluyó que, para efectos de la fracción III de su artículo 11º, la Secretaría de Energía fijará como meta:

*“Una participación máxima de 65 por ciento de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60 por ciento en el 2035 y del 50 por ciento en el 2050”<sup>24</sup>.*

#### **1.6.2 Ley General de Cambio Climático (LGCC)**

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) fue publicada el 6 de junio de 2012 en el DOF, teniendo como objetivo el de garantizar el derecho a un medio ambiente

---

<sup>23</sup> Ley abrogada DOF 24-12-2015 y sustituida por la Ley de Transición Energética.

<sup>24</sup> Artículo Segundo Transitorio de la LAERFTE.

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

sano, regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. La LGCC promueve la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente<sup>25</sup> a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático.

Para cumplir con esto, establece en su Artículo Tercero Transitorio que: *“La Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, promoverán que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpias alcance por lo menos 35 por ciento para el año 2024”*.

Una de las principales características de la LGCC, es el establecimiento de un conjunto de metas con el fin de orientar el desempeño de México hacia una economía baja en carbono. Respecto a las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, en el Artículo Segundo Transitorio de esta ley se asume una meta aspiracional de reducirlas en un 30% al 2020 con respecto a la línea base; así como un 50% de reducción de emisiones al 2050 en relación con las emitidas en el año 2000 (SENER, 2016).

### **1.6.3 Estrategia Nacional contra el Cambio Climático (ENCC)**

Para la implementación y cumplimiento de las metas de la LGCC se creó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), instrumento de planeación que define la visión de largo plazo y que además rige y orienta la política nacional con una ruta a seguir que establece prioridades nacionales de atención para frenar el daño ambiental.

La visión de largo plazo de este instrumento rector plantea que el país crecerá de manera sostenible y promoverá el manejo sustentable y equitativo de sus recursos naturales, así como el uso de energías limpias y renovables que le

---

<sup>25</sup> Capacidad de los sistemas naturales o sociales para recuperarse o soportar los efectos derivados del cambio climático.

permitan un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (ENCC, 2013).

Dentro de las medidas de mitigación destinadas a reducir las emisiones destacan: acelerar la transición energética hacia fuentes de energía limpia para minimizar el impacto ambiental que implica la generación de energía eléctrica y reducir la intensidad energética mediante esquemas de eficiencia y consumo responsable.

### **1.6.4 Reforma Energética**

El Congreso de la Unión aprobó la promulgación de la Reforma Energética a finales del 2013 con el principal objetivo de modernizar y fortalecer el sector energético del país sin privatizar las empresas públicas dedicadas a los hidrocarburos y a la electricidad. Con la Reforma se ratifica que los hidrocarburos que se encuentran en el subsuelo seguirán siendo de la Nación.

En lo que respecta al sector eléctrico, la Reforma propone la creación de un nuevo modelo de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, bajo el cual pretende reducir o eliminar los principales frenos que enfrenta este sector esencial para el crecimiento de la economía mexicana. Entre las problemáticas más apremiantes se encuentran las altas tarifas de electricidad; la alta dependencia de los combustibles fósiles en la generación de electricidad, los cuales son más costosos en comparación con las energías limpias; la falta de inversión en la red de transmisión, hecho que obstaculiza la interconexión con las zonas del país que cuentan con alto potencial en energías limpias; grandes pérdidas de energía a causa de la ineficiencia de la red de distribución, lo que provoca que parte de la energía producida no se cobre; y restricciones presupuestales que impiden desarrollar con mayor velocidad las fuentes limpias para generar electricidad a bajo costo; entre otras.

Para tratar de reducir las restricciones presupuestales del Estado en lo referente al desarrollo de proyectos a gran escala, la Reforma Energética dispuso en el

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

Artículo 27 Constitucional que “...se permite que el Estado celebre contratos con particulares para que, por cuenta de la Nación, lleven a cabo el financiamiento, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica”, sin embargo, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la transmisión y distribución de energía eléctrica corresponden exclusivamente a la Nación y se mantiene la prohibición expresa de otorgar concesiones en estas actividades.

Algunos de los beneficios potenciales que suponía la Reforma Energética en materia de electricidad eran los siguientes:

- ✚ Los particulares y la CFE podrían realizar actividades de generación de electricidad de forma libre, con una regulación sólida y eficiente.
- ✚ La CFE podría construir nuevas plantas, modernizando así su base de generación. Por otro lado, los particulares podrían instalar nuevas plantas sin requerir que CFE decidiera incluirlas dentro de la planeación de la empresa.
- ✚ Se podrían celebrar contratos entre particulares y la CFE para el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación, ampliación, modernización, vigilancia y conservación de la infraestructura del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica. De esta forma se aprovecharía la tecnología y experiencia de particulares a fin de reducir costos y pérdidas de operación.
- ✚ La Reforma Energética permitiría reducir el costo de la electricidad, que depende en 80% del precio del combustible que se usa para generarla. Se apostaría por el gas natural que es 4 veces más barato y genera 68% menos emisiones de dióxido de carbono que el combustóleo.

En lo relacionado con el tema ambiental, la Reforma Energética planteaba que la realización de las actividades de la industria eléctrica debía guiarse bajo el principio de sustentabilidad, el cual permitiría lograr el equilibrio entre el medio

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

ambiente y la utilización de los recursos naturales. Para dar cumplimiento a este mandato constitucional se proponía:

- ✚ Establecer políticas públicas concretas para propiciar la generación de energía a partir de fuentes limpias, con el propósito de impulsar la transición energética.
- ✚ Dotar al Estado de los instrumentos adecuados para impedir que el desarrollo de la industria se convierta en un factor de deterioro medioambiental. El criterio de sustentabilidad debe expresarse en acciones y medidas concretas que impidan que la persecución de objetivos económicos se traduzca en un descuido de las condiciones ecológicas.
- ✚ Proveer al Estado de órganos de control suficientemente fuertes para imponer al desarrollo económico condiciones compatibles con la preservación y cuidado del medio ambiente, de tal manera que se garantice el derecho fundamental de los mexicanos a contar con un medio ambiente sano.

### **1.6.5 Ley de la Industria Eléctrica (LIE)**

La ley de la Industria Eléctrica (LIE) se publicó en el DOF el 11 de agosto de 2014 teniendo por objetivo el de regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica.

La principal finalidad de esta ley de acuerdo con su artículo 1° es la de promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

En lo referente a las obligaciones en materia de energías limpias establece en el Artículo 121 que la Secretaría de Energía implementará mecanismos para acelerar la diversificación y promoción de fuentes de energía limpias y la seguridad

energética. Dichos mecanismos son los Certificados de Energías Limpias<sup>26</sup> (CEL's), los cuales son títulos emitidos por la Comisión Reguladora de Energía que acreditan la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de fuentes renovables o tecnologías limpias. A través de ellos se pretende promover las inversiones en energías limpias y transformar en obligaciones individuales las metas nacionales de generación limpia de electricidad, de forma eficaz y al menor costo para el país, elementos fundamentales para la transición energética (SENER, 2016).

### **1.6.6 Ley de Transición Energética (LTE)**

La Ley de Transición Energética se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 2015, teniendo por objeto 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, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

La LTE prevé el incremento gradual de la participación de las energías limpias en la industria eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones. Es decir, sus objetivos están alineados para dar cumplimiento a las disposiciones presentadas en la Ley General del Cambio Climático.

En la LTE se definen las bases legales para impulsar una transformación hacia un modelo energético y económico sustentable en el largo plazo (SENER, 2016), estableciendo metas específicas de generación de energía limpia en su Artículo Tercero Transitorio:

*“La Secretaría de Energía fijará como meta una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 por ciento para el año 2018, del 30 por ciento para 2021 y del 35 por ciento para 2024”.*

---

<sup>26</sup> La SENER determinará el porcentaje de electricidad que deberá generarse cada año a partir de las fuentes de energía limpia.

### **1.6.7 Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios**

Para el cumplimiento del objeto de la LTE se creó la Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, esta constituye el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo, en materia de obligaciones de energías limpias y aprovechamiento sustentable de la energía.

Entre sus objetivos se encuentran:

- ✚ Fomentar un sector energético basado en tecnologías limpias, energéticamente eficientes y que promuevan la productividad y el desarrollo sustentable.
- ✚ Lograr que la oferta de energéticos sea de acceso universal, diversificada, suficiente, de alta calidad y a precios competitivos.
- ✚ Fomentar la reducción de emisiones contaminantes originadas por la industria eléctrica.
- ✚ Reducir, bajo criterios de viabilidad económica, la dependencia del país de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

### **1.6.8 Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN)**

El PRODESEN es emitido por la SENER y es considerado como el principal instrumento de planeación del sector eléctrico, en lo que respecta a las actividades de generación, transmisión y distribución.

En este documento se define la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, en la cual se incluyen los elementos relevantes de otros instrumentos de planeación, tales como el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE), así como los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución.

### **1.6.9 Modificaciones constitucionales en materia energética**

En octubre de 2021 se presentó a la Cámara de Diputados una iniciativa de Reforma Constitucional a los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Las modificaciones planteadas en dicha reforma impactarían directamente al marco regulatorio –leyes, programas, estrategias y Reforma Energética– del sector eléctrico expuesto anteriormente.

Ya que de aprobarse la iniciativa se alteraría el modelo eléctrico vigente a través de las siguientes disposiciones:

- ✚ El Estado recuperaría la conducción del Sistema Eléctrico Nacional, a través del fortalecimiento de la Comisión Federal de Electricidad como resultado de la desaparición de la gran mayoría de sus filiales y subsidiarias; del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), actual operador del SEN, el cual se incorporaría a la estructura de la CFE; y de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- ✚ Todas las actividades relacionadas con el sector eléctrico –generación, conducción, transformación, distribución y autoabastecimiento– se establecerían como áreas estratégicas reservadas exclusivamente de la Nación<sup>27</sup>. Por tanto, la participación de los particulares estaría prohibida y la CFE se quedaría de forma exclusiva con el desarrollo de dichas actividades.
- ✚ La paraestatal produciría por lo menos el 54% de la electricidad y el sector privado podría generar el 46% restante, el cual sería adquirido exclusivamente por la CFE a través de las condiciones, términos y mecanismos que la misma determine.
- ✚ Se cancelarían todos los permisos de generación eléctrica otorgados y los contratos de compraventa de electricidad con el sector privado.
- ✚ La CFE determinaría las tarifas de las redes de Transmisión y Distribución, así como las tarifas para los usuarios finales.

---

<sup>27</sup> En el modelo actual, las áreas estratégicas se limitan a la planeación y control del sistema, así como a la transmisión y distribución.

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

- ✚ Se cancelarían los contratos para vender o comprar Certificados de Energía Limpia.
- ✚ En lo referente a la Transición Energética, la CFE impulsaría dos grandes proyectos de energía limpia:
  - Renovación de maquinaria y equipo de diez centrales hidroeléctricas.
  - Construcción de un parque fotovoltaico de gran magnitud en el norte del Estado de Sonora.

Estas modificaciones podrían impactar de forma significativa a la industria eléctrica principalmente al acotar la participación del sector privado en la generación de electricidad, hecho que aumentaría las tarifas, las cuales las absorberían los consumidores y/o implicarían mayores subsidios por parte del Gobierno Federal, afectando aún más las finanzas públicas (IMCO, 2021). En lo referente a la transición energética, la iniciativa supone un retroceso al eliminar uno de los incentivos más significativos para atraer inversiones privadas en la capacidad instalada, los Certificados de Energía Limpia (CEL's). Y a pesar de estar contemplados dos proyectos para impulsar las energías renovables, estos resultan insuficientes para dar cumplimiento a la meta del 35% de generación en el 2024 a partir de fuentes limpias y reducción de emisiones de GEI, elementos imprescindibles para frenar el Cambio Climático.

### **1.7 Participación de las Energías Limpias en el Sector Eléctrico**

Para la generación de electricidad se hace uso de diversas fuentes de energía y tecnologías, sin embargo, algunas de ellas son más contaminantes que otras. Es por ello por lo que resulta importante realizar una diferenciación en función de la presencia o no de residuos y/o emisiones. La primera categoría hace referencia a las tecnologías convencionales, las cuales están conformadas por unidades y centrales que generan energía eléctrica a partir del uso de combustibles fósiles como energético primario y no cuentan con un equipo de captura y confinamiento de CO<sub>2</sub>. Las centrales que operan bajo tecnologías convencionales en el SEN son las siguientes:

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

---

- ✚ Carboeléctrica
- ✚ Ciclo Combinado
- ✚ Termoeléctrica Convencional
- ✚ Combustión Interna
- ✚ Lecho Fluidizado
- ✚ Turbogás

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), las tecnologías convencionales para la generación eléctrica contribuyeron con el 18% de las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel nacional en 2017, con un volumen anual equivalente a 125 mil millones de toneladas de CO<sub>2e</sub> (PRODESEN 2018-2032, 2018).

La segunda categoría corresponde a las tecnologías limpias y engloba a aquellas centrales cuya fuente de energía y técnica de generación de electricidad producen emisiones o residuos en cantidades menores que los umbrales<sup>28</sup> establecidos en las diversas disposiciones aplicables. México cuenta con un portafolio amplio de Energías Limpias, gracias a sus condiciones geográficas y climáticas, ya que puede disponer de:

- ✚ Viento
- ✚ Radiación Solar
- ✚ Océanos, Mares y Ríos
- ✚ Yacimientos Geotérmicos
- ✚ Energía nuclear
- ✚ Bioenergéticos: biomasa y biogás, el metano y otros gases asociados a residuos sólidos u orgánicos
- ✚ Energía generada por las centrales de cogeneración eficiente

Las emisiones de CO<sub>2e</sub> por MWh generado en las principales centrales eléctricas que operaron en el Sistema Eléctrico Nacional durante el 2017<sup>29</sup> se reportan en el Cuadro 1.1. Al cierre del 2017 se contabilizaron 797 centrales para la generación de electricidad, dos tercios de estas fueron clasificadas como convencionales y el tercio

---

<sup>28</sup> Para que una fuente de energía o proceso de generación eléctrica pueda ser considerado como Energía Limpia, sus emisiones de CO<sub>2e</sub> deberán ser menores a los 100 kilogramos por cada MWh generado, en tanto no se expidan las disposiciones que determinen los umbrales máximos de emisiones o residuos aplicables a Energías Limpias.

<sup>29</sup> La información disponible más reciente fue la del 2017.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

restante como limpias. El factor de emisión del SEN publicado por la Comisión Reguladora de Energía se fijó en 582 kilogramos de CO<sub>2e</sub> por MWh generado.

**Cuadro 1.1. México: Emisiones de CO<sub>2e</sub> por MWh generado en las centrales eléctricas. 2017**

Centrales Convencionales	Emisión (kilogramos de CO <sub>2e</sub> por MWh)	No. de centrales 2017	Capacidad instalada (MW) 2017*	Generación (GWh) 2017**
Carboeléctrica	773	3	5,378 7.1%	30,557 9.3%
Combustión Interna	688	248	1,634 2.2%	4,006 1.2%
Termoeléctrica Convencional <sup>30</sup>	680	59	12,546 16.6%	42,780 13%
Turbogás	660 con diésel 509 con gas	131	5,136 6.8%	12,849 3.9%
<b>EMISIÓN PROMEDIO DEL SECTOR ELÉCTRICO: 527 kilogramos de CO<sub>2e</sub> por MWh.</b>				
Ciclo Combinado	348	83	28,084 37.1%	165,245 50.2%
<b>Total Centrales Convencionales:</b>		<b>526<sup>31</sup></b>	<b>53,358 70.5%</b>	<b>259,766 78.9%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del PRODESEN 2018-2032.

**Nota:** \*Participación de la capacidad instalada de cada central en la capacidad total nacional del 2017.

\*\*Participación de la generación de cada central en el total generado a nivel nacional en el 2017.

<sup>30</sup> Es 73% menos eficiente que una central de ciclo combinado.

<sup>31</sup> Se incluyen dos centrales de lecho fluidizado con capacidad de 580 MW y generación de 4,329 GWh.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

Continuación Cuadro 1.1. México: Emisiones de CO<sub>2</sub> por MWh generado en las centrales eléctricas. 2017

Centrales Limpias	Emisión (kilogramos de CO <sub>2e</sub> por MWh)	No. de centrales 2017	Capacidad instalada (MW) 2017	Generación (GWh) 2017
Nucleoeléctrica	65 <sup>32</sup>	1	1,608 2.1%	10,883 3.3%
Cogeneración Eficiente	En función de la presencia de sistemas de captura de CO <sub>2</sub>	30	1,251 1.7%	6,932 2.1%
Hidroeléctrica	No genera emisiones directas	86	12,642 16.7%	31,848 9.7%
Eólica	No genera emisiones directas	45	4,199 5.5%	10,620 3.2%
Geotérmica	No genera emisiones directas	8	926 1.2%	6,041 1.8%
Fotovoltaicas	No genera emisiones directas	23	214 0.3%	344 0.1%
Bioenergía	No genera emisiones directas	77	1,007 1.3%	1,884 0.6%
<b>Total Centrales Limpias:</b>		<b>271<sup>33</sup></b>	<b>22,327<sup>34</sup> 29.5%</b>	<b>69,397<sup>35</sup> 21.1%</b>
<b>TOTAL NACIONAL:</b>		<b>797<sup>36</sup></b>	<b>75,685</b>	<b>329,162</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del PRODESEN 2018-2032.

**Nota:** \*Participación de la capacidad instalada de cada central en la capacidad total nacional del 2017.

\*\*Participación de la generación de cada central en el total generado a nivel nacional en el 2017.

<sup>32</sup>Emisiones indirectas por construcción, fabricación de equipos, transporte de combustibles, entre otros.

<sup>33</sup> Se incluye una central de frenos regenerativos.

<sup>34</sup> Se adicionan 6.6 MW de la central de frenos regenerativos, 434 de generación distribuida y 40 de FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido).

<sup>35</sup> Se adicionan 4 GWh de la central de frenos regenerativos, 760 de generación distribuida y 82 de FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido).

<sup>36</sup> Al cierre del 2017 se contabilizaron 797 centrales para la generación de electricidad.

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

Las centrales carboeléctricas, termoeléctricas convencionales, turbogás y combustión interna liberaron emisiones superiores a la media del sector, solo las de ciclo combinado reportaron una cifra inferior al promedio nacional. Todas las limpias se caracterizan por no generar contaminantes ni residuos, a excepción de las de cogeneración eficiente cuya emisión está en función de la presencia o no de sistemas de captura de uno de los principales GEI.

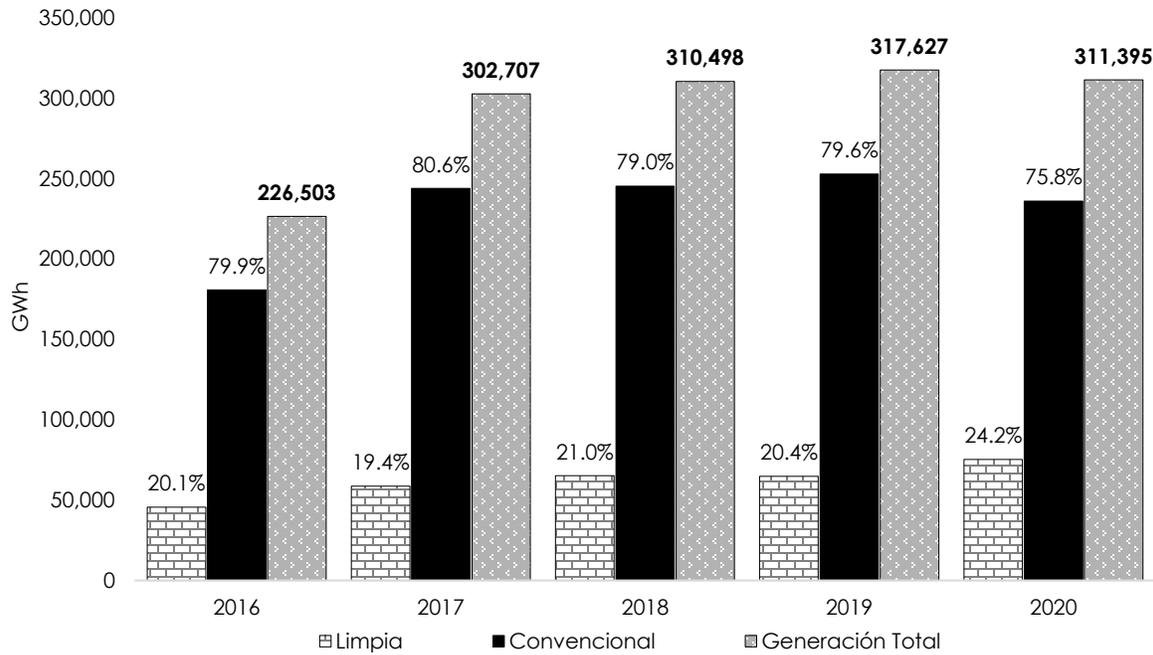
### **1.7.1 Generación de energía eléctrica por tipo de tecnología**

En los últimos años, la generación de electricidad del SEN ha mostrado una tendencia creciente desde 2016 hasta 2019, sin embargo, en 2020 se registró una producción 1.96% menor en comparación con el año anterior, lo cual fue atribuible a la pandemia. En lo referente a la participación de las fuentes limpias no se muestra un comportamiento claro, ya que durante el 2016 aglomeró el 20.1% de la producción eléctrica, sin embargo, para 2017 se reportó una disminución de 0.7 puntos porcentuales. En 2018, la generación limpia aumentó a 21%, empero para el próximo año experimentó nuevamente una caída. Finalmente, durante el 2020 se recuperó, alcanzando el 24.2% (véase Gráfica 1.2 y Anexos 7 y 8).

Las cifras anteriores siguen siendo insuficientes para alcanzar la meta de generar el 35% con energías limpias en 2024, ya que de acuerdo con el PRODESEN 2018-2032, para el 2018 la producción limpia debería ser del 25%, pero los datos observados develan un déficit de cuatro puntos porcentuales, el mismo escenario se reproduce en 2019 y 2020 con diferencias de 6.3% y 4.1% respectivamente (véase Gráfica 1.2).

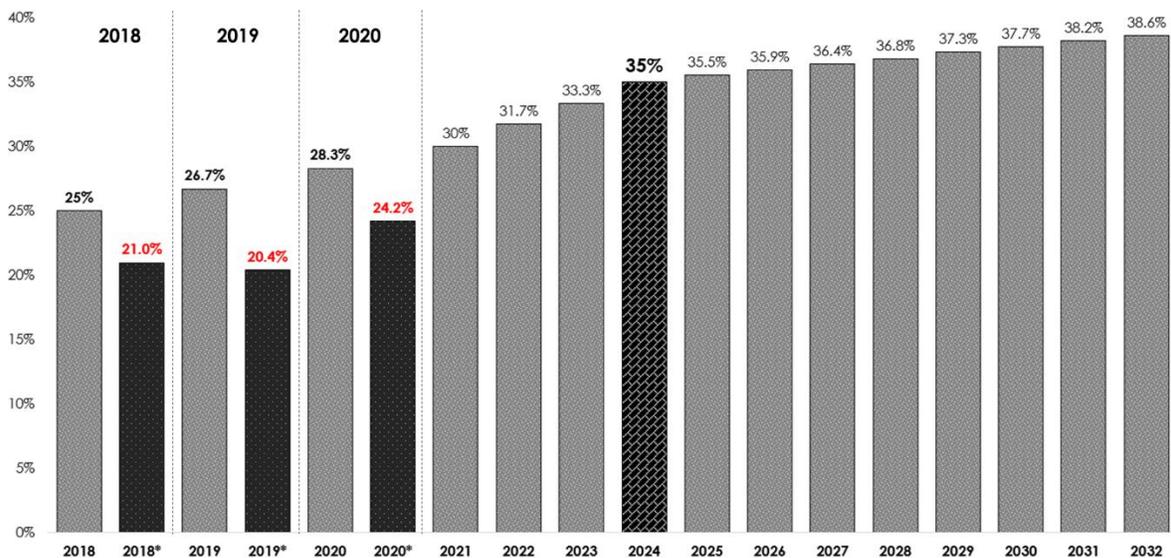
# ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

**Gráfica 1.1. México: Participación de las centrales convencionales y limpias en la generación de energía eléctrica total. GWh y %. 2016-2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

**Gráfica 1.2. México: Trayectoria de las metas de energías limpias en la generación de electricidad. %. 2018-2032**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del PRODESEN 2018-2032. **Nota:** \*Datos de generación observados. Fuente: Observatorio de la Transición Energética en México

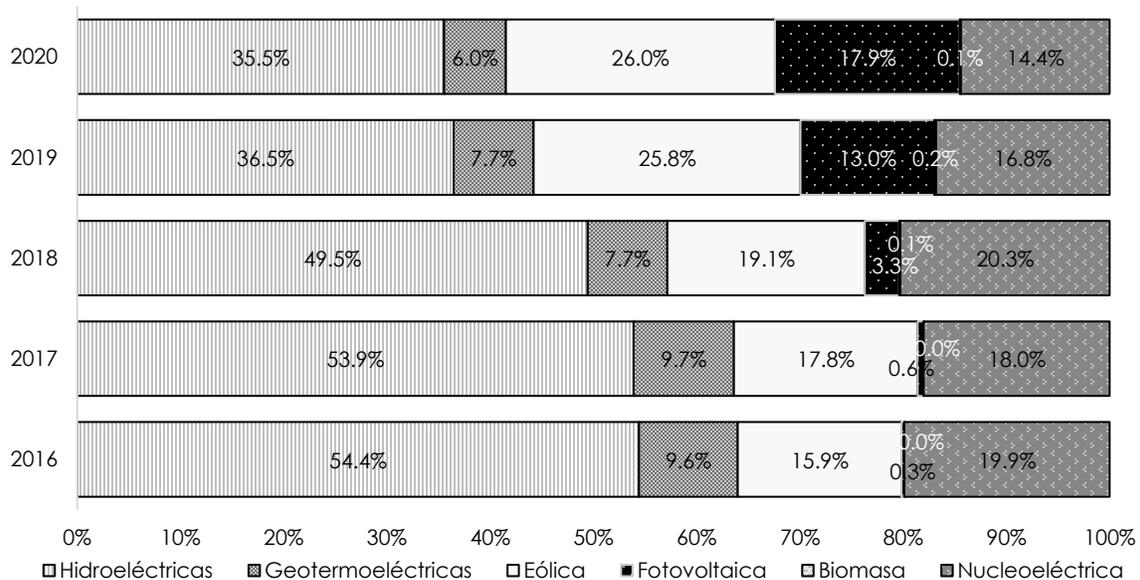
## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

Analizando el subgrupo de energías limpias durante el periodo comprendido entre 2016 y 2020 se puede ver cómo se ha modificado la estructura de participación en la generación de cada una de las fuentes (véase Gráfica 1.3 y Anexos 9 y 10). A inicios del periodo analizado, las centrales hidroeléctricas eran las más relevantes al generar casi el 55%, sin embargo, su contribución ha ido disminuyendo en aproximadamente veinte puntos, llegando a representar el 35.5% en 2020.

En la contraparte se encuentran las energías eólica y fotovoltaica, las cuales han ido ganando terreno dentro de la generación limpia. La primera de ellas convirtiéndose en la responsable de producir un poco más de la cuarta parte y la segunda es la que mayor crecimiento ha experimentado, al pasar de 0.3% en 2016 a casi el 18% al final del periodo, lo que implica un aumento del 17.6%.

Las centrales geotermoeléctricas y nucleoelectricas han ido reduciendo su participación de una forma relativamente estable. Mientras que la contribución de la biomasa a la producción de electricidad ha sido poco significativa durante todo el intervalo de tiempo analizado.

**Gráfica 1.3. México: Participación de las centrales en la generación anual proveniente de fuentes limpias. %. 2016-2020**

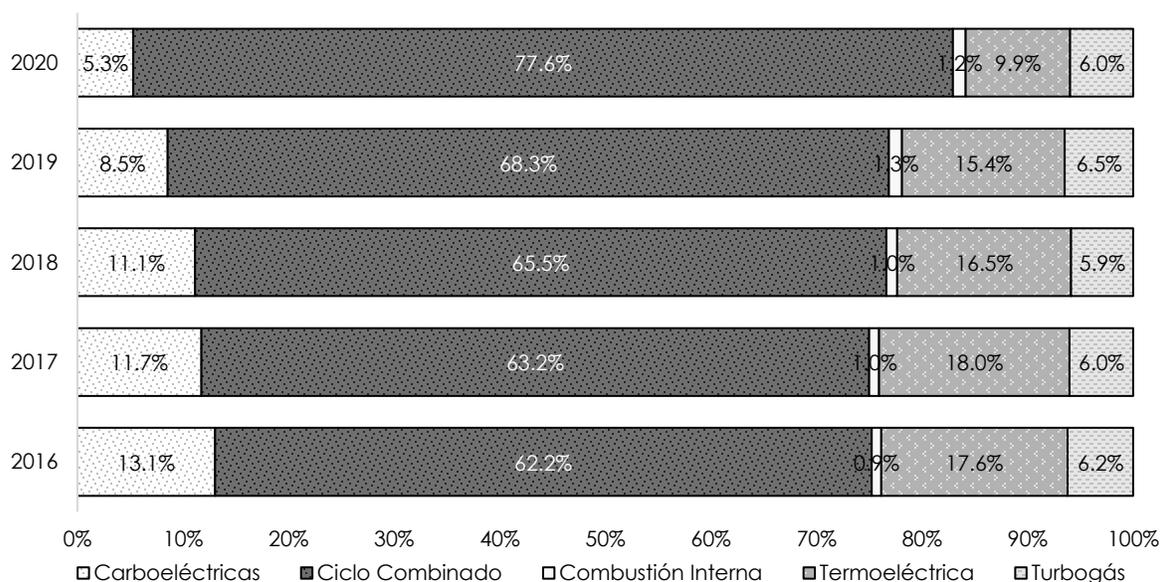


**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

En el rubro de tecnologías convencionales, se observa de forma clara que con el paso de los años, las centrales de ciclo combinado se han posicionado como las líderes, llegando a aglomerar aproximadamente el 78% de la generación de este tipo. Su crecimiento ha sido a costa de las carboeléctricas y termoeléctricas convencionales, las cuales han reducido su participación durante el periodo en 7.7% y 7.8% respectivamente. Las tecnologías de combustión interna y turbogás han experimentado variaciones menos pronunciadas contribuyendo en conjunto con aproximadamente el 7% de la generación (véase Gráfica 1.4 y Anexos 11 y 12).

**Gráfica 1.4. México: Participación de las centrales en la generación anual proveniente de fuentes convencionales. %. 2016-2020**



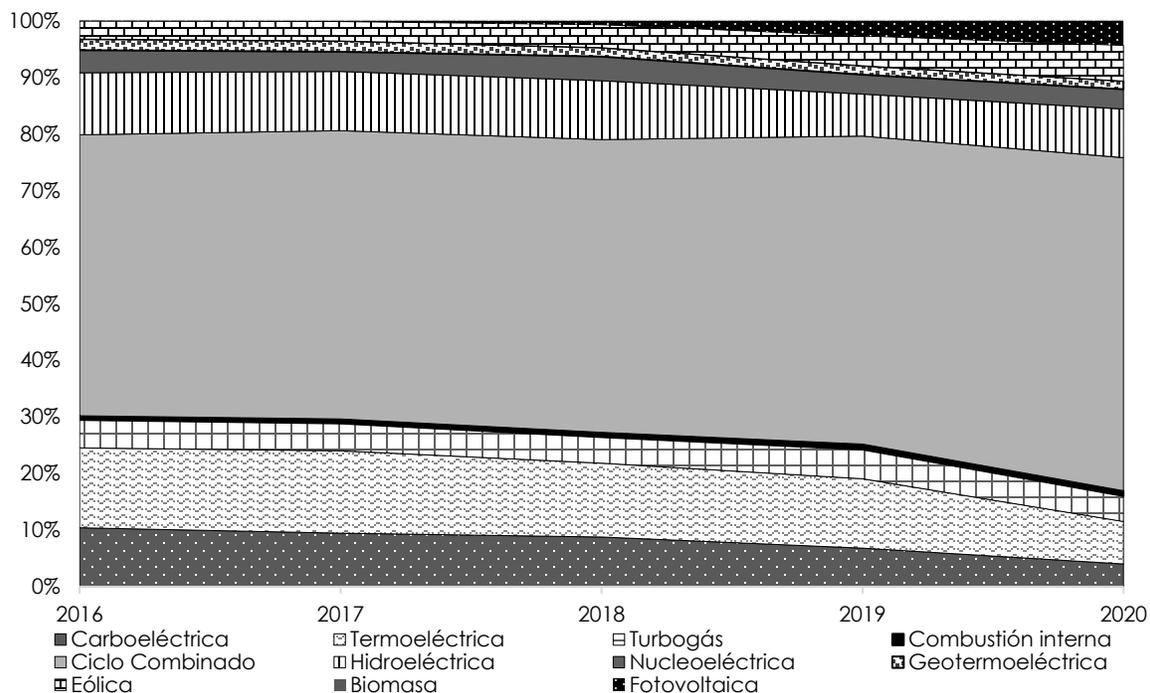
**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

En el panorama agregado, es decir, el que incluye las tecnologías convencionales y limpias, nuevamente es muy marcada la relevancia de las centrales de ciclo combinado al generar casi el 60% del total nacional gracias a su mayor eficiencia en comparación con las termoeléctricas. Además, siguen destacando las formas convencionales sobre las limpias, exceptuando la energía hidroeléctrica, que es la más relevante dentro de la segunda categoría (véase

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

Gráfica 1.5 y Anexos 11 y 12). A pesar de la mayor diversidad de fuentes no contaminantes y libres de residuos, su penetración en el SEN sigue siendo poco trascendente para acelerar la transición energética sustentable.

**Gráfica 1.5. México: Participación de las centrales eléctricas en la generación anual total. %. 2016-2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

### 1.7.2 Evolución Histórica de las Energías Limpias en la Generación Bruta de Electricidad y Capacidad Instalada

#### 1.7.2.1 Energía Hidroeléctrica

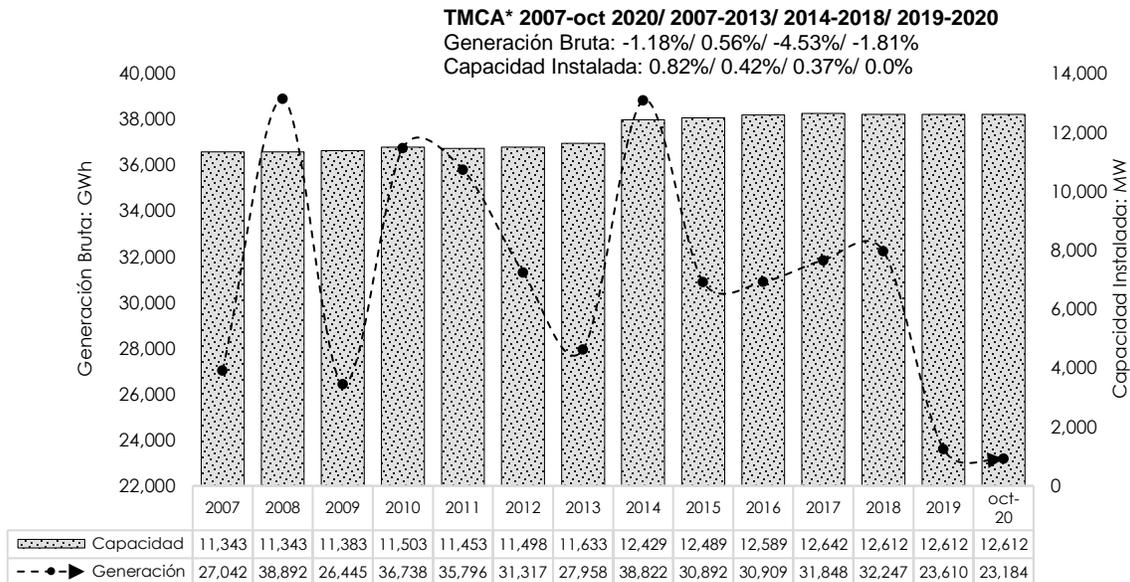
Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua para convertirla en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica. Este proceso consiste en hacer pasar un flujo de agua por una turbina hidráulica acoplada a un generador eléctrico (SENER, 2015).

En el 2018 la hidroenergía contribuyó a la generación de electricidad con 32,247 GWh, ostentando así una participación del 10.3% en el total nacional. En lo que

# ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

respecta a la capacidad instalada, esta fue de 12,642 MW, representando el 17.3% del total instalado en el Sistema Eléctrico Nacional. En ambas variables se posicionó como la energía limpia de mayor importancia en el país.

**Gráfica 1.6. México: Evolución Histórica de la Energía Hidroeléctrica en la Generación Bruta y Capacidad Instalada. GWh y MW. 2007- octubre 2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, PRODESEN 2018-2032, PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034 y Reporte de Avance de Energías Limpias 2017.

\*Tasa Media de Crecimiento Anual. Se presentan las TMCA para cuatro subperiodos:

- Periodo completo: 2007-octubre 2020.
- Periodo previo a la Reforma Energética: 2007-2013.
- Periodo de la Reforma Energética: 2014-2018.
- Periodo de la Nueva Administración Pública: 2019-octubre 2020.

\*\*Los datos del 2007 al 2017 fueron tomados de Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032 y PRODESEN 2018-2032, a partir de 2018 las fuentes de información fueron PRODESEN 2019-2033 y PRODESEN 2020-2034.

De acuerdo con el PRODESEN 2018-2032, al cierre de 2017<sup>37</sup> se reportaron en operación 86 centrales hidroeléctricas en todo el país. El análisis por Región de

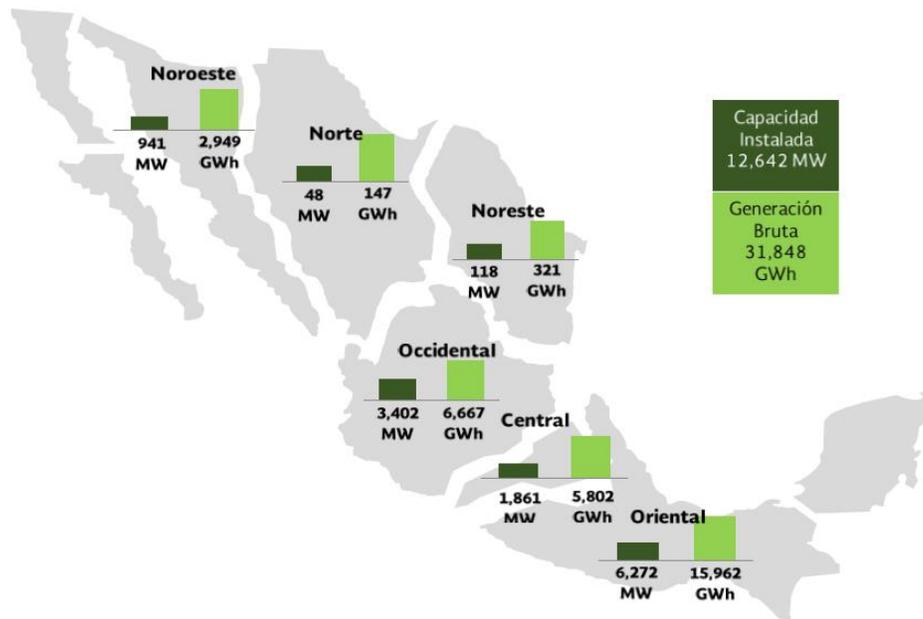
<sup>37</sup> La información disponible más actual que se dispone de las centrales que operaron en el SEN corresponde al 2017.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

Control del SEN (véase Anexo 1) develó que el Oriente del país aglomera aproximadamente el 50% de la generación y capacidad instalada, dentro de esta área, específicamente en Chiapas se ubica la principal central hidroeléctrica: Chicoasén, ésta generó el 14.49% del total nacional con una capacidad de 2,400 MW (18.98% del total nacional), lo cual es posible gracias a la vasta fuente hídrica con la que cuenta el estado.

La segunda región en importancia fue la Occidental con participaciones en la generación y capacidad instalada del 20.93% y 26.91% respectivamente, donde destacan los estados de Jalisco y Nayarit. El centro del país aglomeró el 18.22% de la generación y aproximadamente el 15% de la capacidad. Guerrero, Puebla y Michoacán son las entidades más representativas dentro de la región, ubicándose en esta última la segunda central más relevante, Infiernillo (véase Figura 1.1 y Anexo 2).

**Figura 1.1. Generación Bruta (GWh) y Capacidad Instalada (MW) de las Centrales Hidroeléctricas por Región de Control, 2017.**



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, SENER.

## **ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO**

---

Como se observa en la Gráfica 1.6 la generación derivada del recurso hídrico presenta una gran variabilidad, debido a que es muy vulnerable ante los fenómenos climatológicos, es por ello por lo que se deben de buscar alternativas que permitan dar un mayor respaldo y resiliencia a esta tecnología (Prospectiva de energías renovables 2018-2032, 2018).

Durante todo el periodo analizado (2007- octubre 2020), la generación de energía eléctrica derivada de la hidroenergía experimentó una tasa media de crecimiento anual negativa de 1.18%, mientras que la capacidad instalada creció año tras año 0.82% en promedio. En el subperiodo en el cual la generación exhibió el menor crecimiento fue durante la Reforma Energética (2014-2018) ya que se dio prioridad al desarrollo de otras fuentes como la eólica y solar, cuyos costos de operación son menores.

### **1.7.2.2 Energía Eólica**

Las centrales eólicas aprovechan la energía cinética del viento para producir electricidad mediante turbinas eólicas (aerogeneradores<sup>38</sup>). En el 2018 la capacidad instalada fue de 4,866 MW y en términos de generación aportaron 12,436 GWh, contribuyendo con el 6.7% y 4% respectivamente del total registrado a nivel nacional.

La tendencia durante el periodo completo ha sido creciente para ambas variables, registrándose un avance significativo en el aprovechamiento de esta fuente libre de emisiones de GEI con tasas medias de crecimiento de 37.4% y 40.3%. Solo durante el subperiodo más reciente (2019- octubre 2020), la generación decreció en 7.04%, asimismo, la capacidad instalada exhibió una desaceleración en comparación con los subintervalos previos.

En el 2017 se reportaron 45 centrales de este tipo en el país. Los parques eólicos tienen presencia en siete de las diez Regiones de Control del SEN, siendo el Oriente

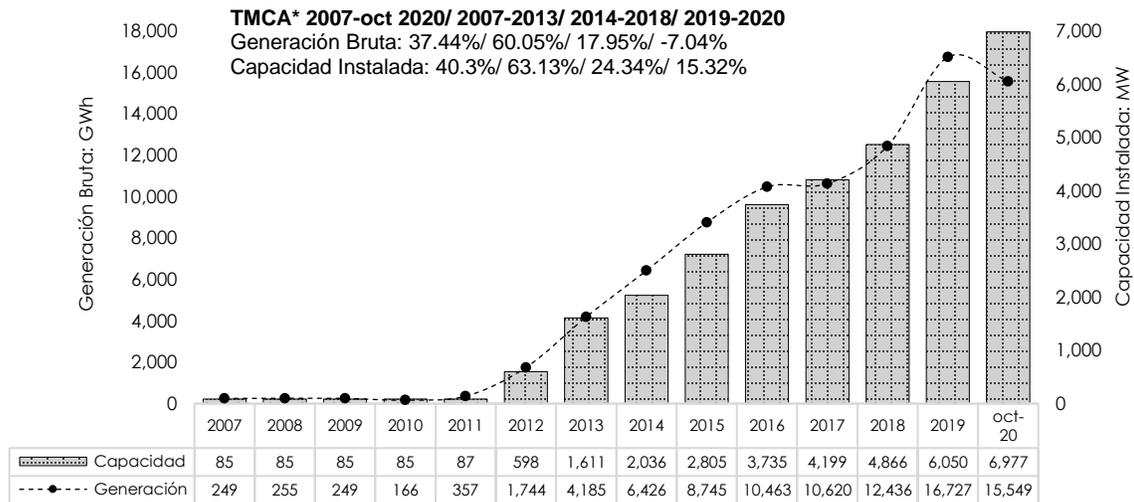
---

<sup>38</sup> Un aerogenerador o turbina eólica es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica que impulsa un generador para producir electricidad.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

del país el área más representativa al concentrar el 63.60% de la generación total y el 58.76% de la capacidad instalada. Más del 50% de las centrales (23 de 45) se ubican en Oaxaca, lo anterior lo convierte en el estado con mayor relevancia para esta fuente de energía. Otras regiones destacadas fueron el Noreste, Occidente y Baja California (véase Figura 1.2).

**Gráfica 1.7. México: Evolución Histórica de la Energía Eólica en la Generación Bruta de Electricidad y Capacidad Instalada. GWh y MW. 2007- octubre 2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, PRODESEN 2018-2032, PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034 y Reporte de Avance de Energías Limpias 2017.

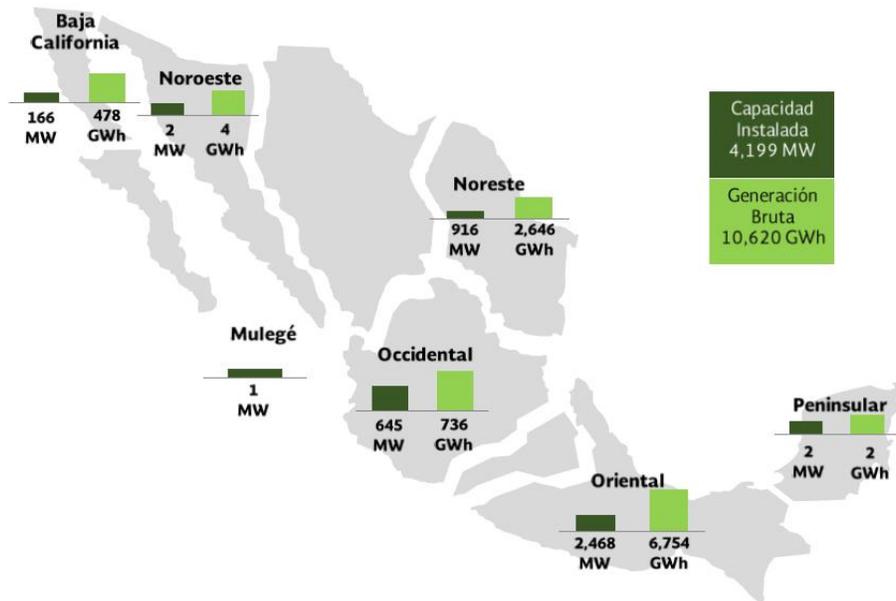
En el Noreste, las entidades que se distinguieron por contar con centrales eólicas fueron Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, y en la Occidental sobresalieron Zacatecas, Jalisco y San Luis Potosí. En ambas regiones la capacidad instalada es superior a los 100 MW (véase Anexo 3).

En México se cuenta con un vasto recurso eólico, lo que hace que la energía eólica sea una opción viable para alcanzar la meta de generación de electricidad a través de fuentes limpias, ya que además de los beneficios medioambientales en términos de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el desarrollar esta tecnología trae múltiples beneficios sociales y económicos al llevar energía a zonas que presentan

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

ciertas limitantes de acceso al servicio, fortaleciéndose de esta manera el crecimiento de las localidades que cuentan con potencial en esta fuente (Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030, 2016).

**Figura 1.2. Generación Bruta (GWh) y Capacidad Instalada (MW) de las Centrales Eólicas por Región de Control, 2017.**



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, SENER.

### 1.7.2.3 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es aquella que se encuentra almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor y que emerge a la superficie en forma de vapor. Las centrales geotermoeléctricas operan a través del mismo principio que las centrales convencionales, con la diferencia de que obtienen el vapor del subsuelo. El vapor geotérmico se envía a un separador de humedad para transformar la energía cinética en mecánica, cuyo movimiento se transmite al generador para producir electricidad (SENER, 2015).

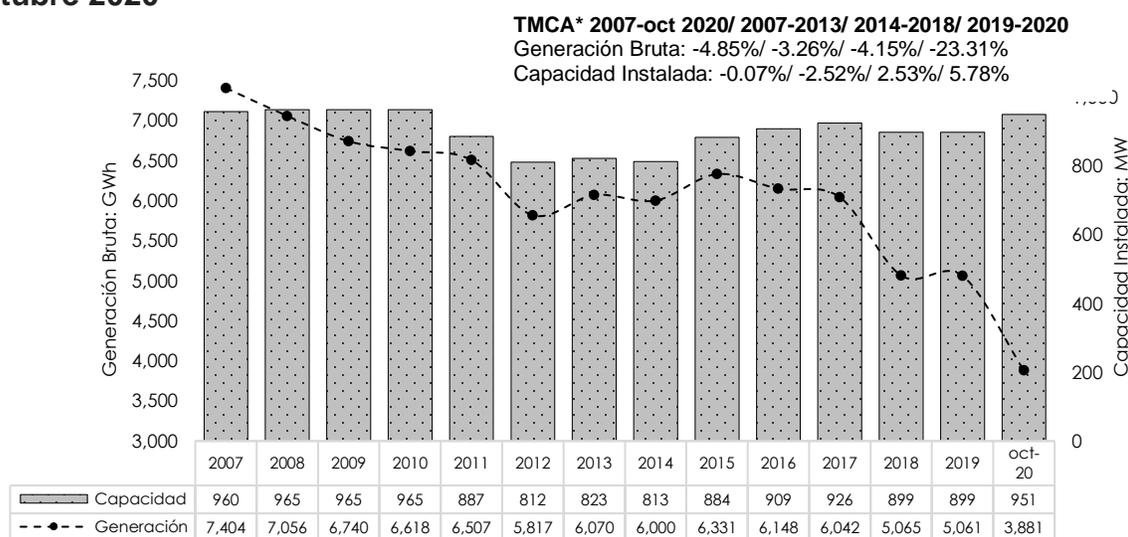
En el 2018 la generación a través de esta fuente ascendió a 5,065 GWh, es decir, el 1.6% del total nacional. Su participación en la capacidad instalada se

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

reportó en 1.2%, siendo equivalente a 899 MW. La evolución que ha experimentado en los últimos trece años se ha caracterizado por tasas medias de crecimiento negativas, siendo más notable para la variable de generación, ya que durante el 2020 ha caído a casi la mitad de lo exhibido al inicio del periodo, reportando un decremento del 23.3% respecto al 2019. Por su parte, la capacidad instalada mostró un ligero repunte a partir del 2014 (véase Gráfica 1.8).

En el 2017 ocho fueron las plantas de geotermia que estuvieron operando. Las Regiones de Control con mayor preponderancia fueron la de Baja California y la Occidental con participaciones en la generación de 58.34% y 31.66% respectivamente, mientras que en la capacidad instalada aglomeraron el 61.56% y el 29.91%.

**Gráfica 1.8. México: Evolución Histórica de la Energía Geotérmica en la Generación Bruta de Electricidad y Capacidad Instalada. GWh y MW. 2007-octubre 2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, PRODESEN 2018-2032, PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034 y Reporte de Avance de Energías Limpias 2017.

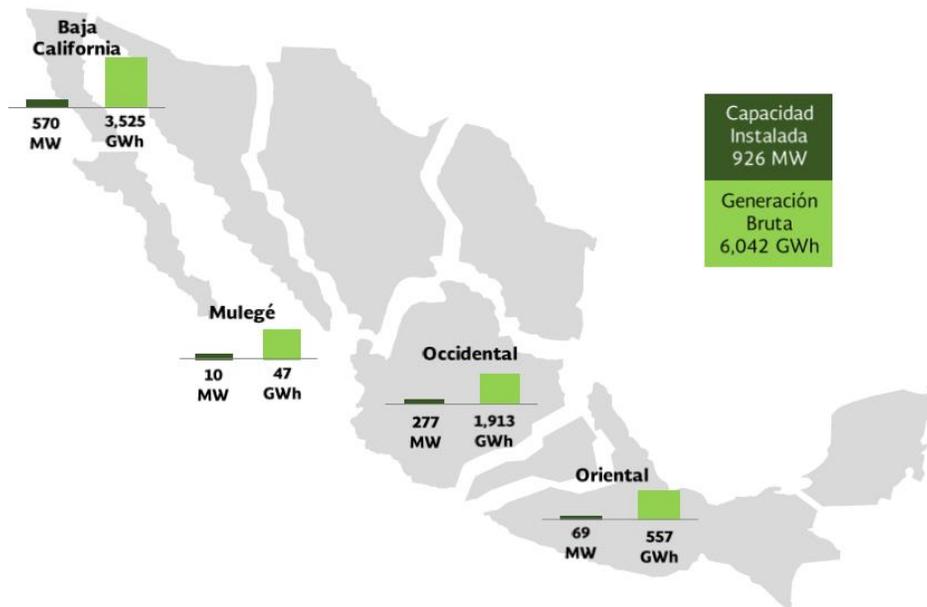
En Baja California se ubican cuatro centrales en el Campo de Cerro Prieto, una en Michoacán en los Azufres (central que más aportó en ambas variables en 2017), una en Nayarit en Domo de San Pedro, una en Puebla en Los Humeros y la restante

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

se encuentra en Baja California Sur y lleva por nombre Tres Vírgenes (véase Anexo 4).

México cuenta con un gran potencial en recursos geotérmicos pero se requiere fomentar la participación de la iniciativa privada, ya que la aplicación de esta tecnología requiere de altos niveles de inversión, sin embargo, es una industria clave para la diversificación de la matriz de generación eléctrica.

**Figura 1.3. Generación Bruta (GWh) y Capacidad Instalada (MW) de las Centrales Geotérmicas por Región de Control, 2017.**



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, SENER.

### 1.7.2.4 Energía Nucleoeléctrica

Las centrales nucleoeléctricas siguen un proceso similar al de una central convencional, con la diferencia de que no requiere de un proceso de combustión. El vapor necesario para poner en marcha la turbina y a su vez el generador se obtiene mediante el proceso de fisión del uranio (SENER, 2015).

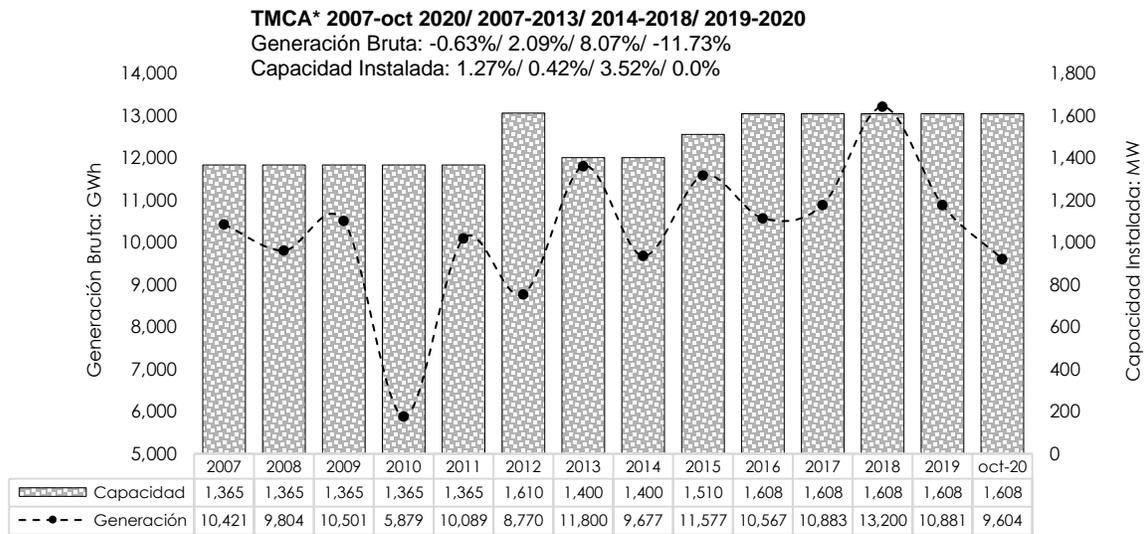
En el 2018 la capacidad instalada fue de 1,608 MW, ostentando el 2.2% del total nacional. En lo referente a la generación de electricidad, este tipo de tecnología

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

aportó el 4.2% (13,200 GWh) de lo reportado en el país. Se cuenta con solo una central nucleoelectrica en México, la cual se encuentra ubicada en el estado de Veracruz y lleva por nombre Laguna Verde. Por tanto, la Región Oriental concentra el 100% de la capacidad y generación que se deriva de esta fuente limpia (véase Figura 1.4).

La generación a través de la energía nuclear exhibe un comportamiento muy variable entre el 2007 y 2020, a pesar de ser una fuente segura y competitiva para el suministro de energía eléctrica, debido a que produce electricidad de forma continua en comparación con otras alternativas como la eólica o solar.

**Gráfica 1.9. México: Evolución Histórica de la Energía Nucleoelectrica en la Generación Bruta y Capacidad Instalada. GWh y MW. 2007- octubre 2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, PRODESEN 2018-2032, PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034 y Reporte de Avance de Energías Limpias 2017.

Durante el periodo completo la generación decreció año tras año en 0.63% en promedio, en cambio, en el subperiodo previo (2007-2013) y durante la Reforma Energética (2013-2018) la producción en la central Laguna Verde tuvo TMCA positivas. Finalmente, en los años más recientes cayó en 11.73%, registrando

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

niveles inferiores a los exhibidos en 2007. La variable de capacidad instalada se ha mantenido relativamente estable, creciendo en promedio durante los trece años en 1.27%, sin embargo, recientemente no se han realizado adiciones en este tipo de tecnología.

El desarrollo de esta tecnología podría generar beneficios en el medio ambiente, ya que no requiere de combustión para su funcionamiento y en su proceso no libera emisiones contaminantes<sup>39</sup> a la atmósfera, además no está sujeta a la volatilidad que implican los precios de los combustibles fósiles (PRODESEN 2018-2032, 2018).

**Figura 1.4. Generación Bruta (GWh) y Capacidad Instalada (MW) de las Centrales Nucleoeléctricas, 2017.**



**Fuente:** Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

### 1.7.2.5 Energía Fotovoltaica

La tecnología de una planta solar consiste en la conversión de la luz solar en electricidad por medio de un dispositivo semiconductor (celdas fotovoltaicas) o bien, mediante concentradores solares que elevan la temperatura de un fluido que pasa

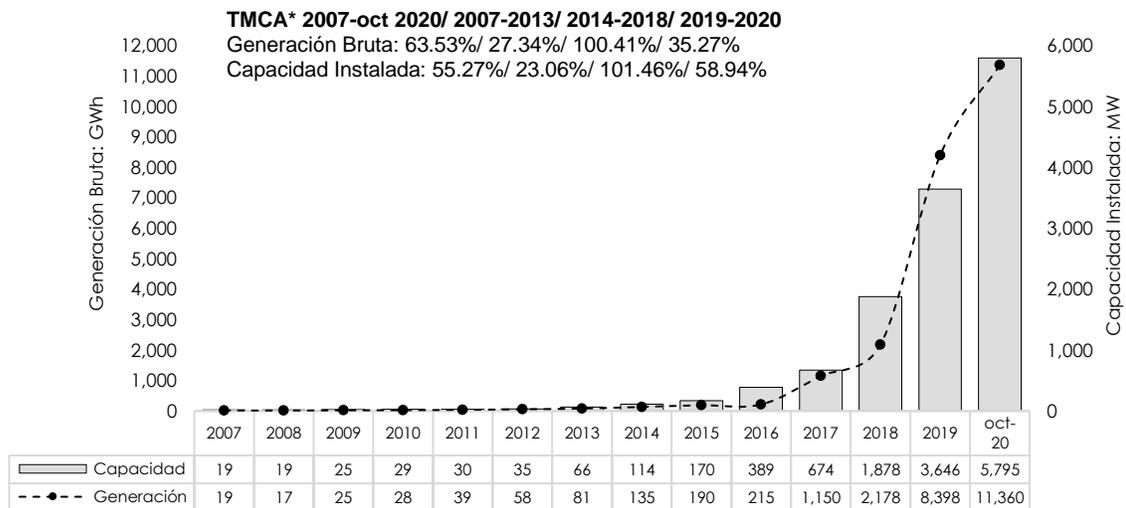
<sup>39</sup> La energía nuclear emite en promedio 65 kilogramos de CO<sub>2</sub> por MWh, considerando emisiones indirectas por construcción, fabricación de equipos, transporte de combustible, entre otros.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

a una turbina conectada a un generador para producir energía eléctrica (SENER, 2015).

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que no requiere el uso de combustibles, por lo que puede ser utilizada cerca de los centros de consumo reduciendo la congestión del sistema eléctrico. Su dependencia del recurso solar provoca intermitencia en la generación, no obstante, la disponibilidad del recurso es altamente predecible respecto a otras fuentes intermitentes, con auxilio de tecnologías de pronóstico existentes (PRODESEN 2018-2032, 2018).

**Gráfica 1.10. México: Evolución Histórica de la Energía Fotovoltaica en la Generación Bruta de Electricidad y Capacidad Instalada. GWh y MW. 2007-octubre 2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, PRODESEN 2018-2032, PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034 y Reporte de Avance de Energías Limpias 2017.

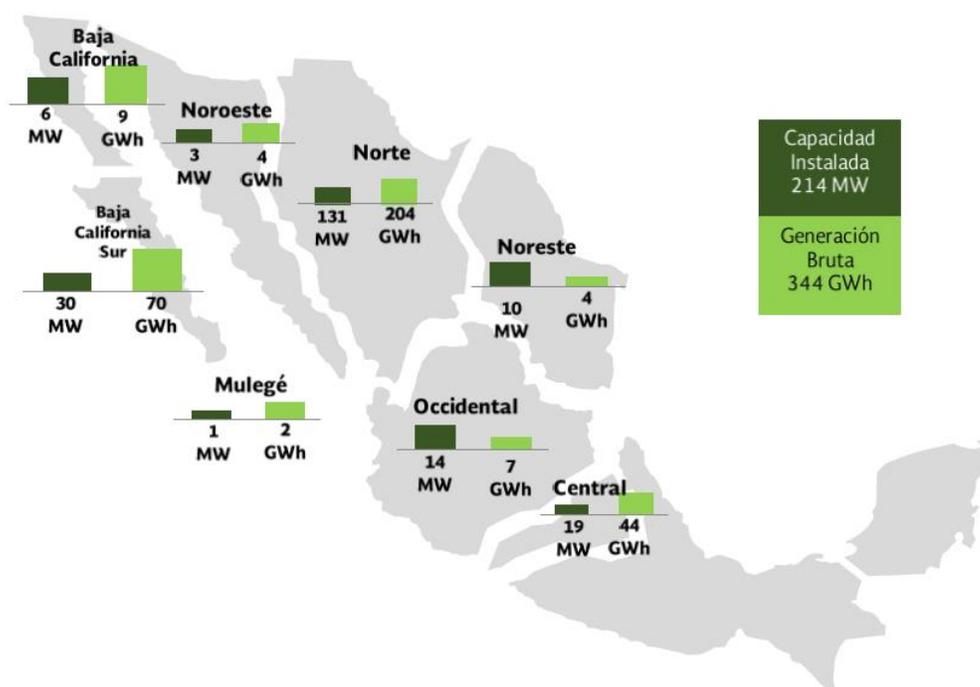
En el 2018 la generación con energía solar fotovoltaica<sup>40</sup> fue del 1,878 GWh y la capacidad de 2,178 MW, concentrando el 0.7 y 2.6% respectivamente del total nacional. En ambos indicadores las tasas medias de crecimiento anual han sido positivas, hecho que se observa claramente en la Gráfica 1.10 y que la convierte en

<sup>40</sup> Considerando sistemas de generación distribuida.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

la energía limpia que ha experimentado el mayor crecimiento entre el 2007 y 2020 y para todos los subperiodos analizados. Este rápido crecimiento se debe en gran medida a la incorporación de los proyectos de sistemas de generación distribuida<sup>41</sup>, que han servido para que más usuarios tengan acceso a la energía eléctrica, principalmente en las regiones apartadas o de difícil acceso a la red (Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, 2018).

**Figura 1.5. Generación Bruta (GWh) y Capacidad Instalada (MW) de las Centrales Solares por Región de Control, 2017.**



**Fuente:** Prospektiva de Energías Renovables 2018-2032, SENER.

Sin tomar en consideración los sistemas de generación distribuida, en el 2017 operaron 23 centrales solares, en conjunto generaron 344 GWh y su capacidad instalada fue de 214 MW. El Norte del país fue la región más representativa para esta fuente debido al alto potencial disponible del recurso, esto la llevó a concentrar

<sup>41</sup> Los esquemas de generación distribuida en México se refiere a la energía eléctrica generada en una central de menos de 500kW y que se encuentra interconectada a un circuito de distribución (Prospektiva de Energías Renovables 2017-2031,2017). El objetivo de estos esquemas es que los usuarios puedan producir su propia electricidad, con un destacado uso de sistemas fotovoltaicos, debido al vasto potencial de radiación solar que llega al país.

el 59.30% de la generación bruta y el 61.21% de la capacidad instalada. En los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila se ubican los principales parques solares (véase Anexo 5). Otras áreas del país que destacaron en la tecnología solar fueron Baja California Sur, Occidente y Centro.

### 1.7.2.6 Bioenergía

La bioenergía es la energía derivada de la conversión de biomasa<sup>42</sup>, la cual puede ser utilizada directamente como combustible o transformada en líquidos y gases (biogás) que a su vez se utilizan en la generación de electricidad, a través de un proceso convencional. Los tipos de bioenergía que se emplean en el país para la generación de electricidad son la biomasa -obtenida principalmente del bagazo de caña<sup>43</sup>-, el biogás<sup>44</sup>, relleno sanitario y licor negro<sup>45</sup>.

En el 2018 la generación a través de bioenergía se contabilizó en 1,817 GWh y la capacidad instalada ascendió a 375 MW, implicando participaciones del 0.6 y 0.5 respectivamente. Del total generado, alrededor del 85% correspondió al bagazo de caña y el 15% al resto de bioenergéticos.

Entre el 2007 y 2020 tanto la generación como la capacidad instalada de la bioenergía crecieron año tras año en aproximadamente 12%. Sin embargo, del 2018 en adelante la tendencia es negativa, reportándose una disminución pronunciada

---

<sup>42</sup> La biomasa es un compuesto orgánico cuya materia deriva de las actividades agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, residuos de la pesca, residencial, comercial, industrial, de microorganismos y de enzimas (PRODESEN 2018-2032, 2018).

<sup>43</sup> Fibra que se obtiene después de extraer el jugo de la caña en los ingenios azucareros y que se utiliza como energético o como materia prima. Se puede utilizar para generar electricidad y como insumo para la fabricación de papel y alimento para ganado (SENER, 2015).

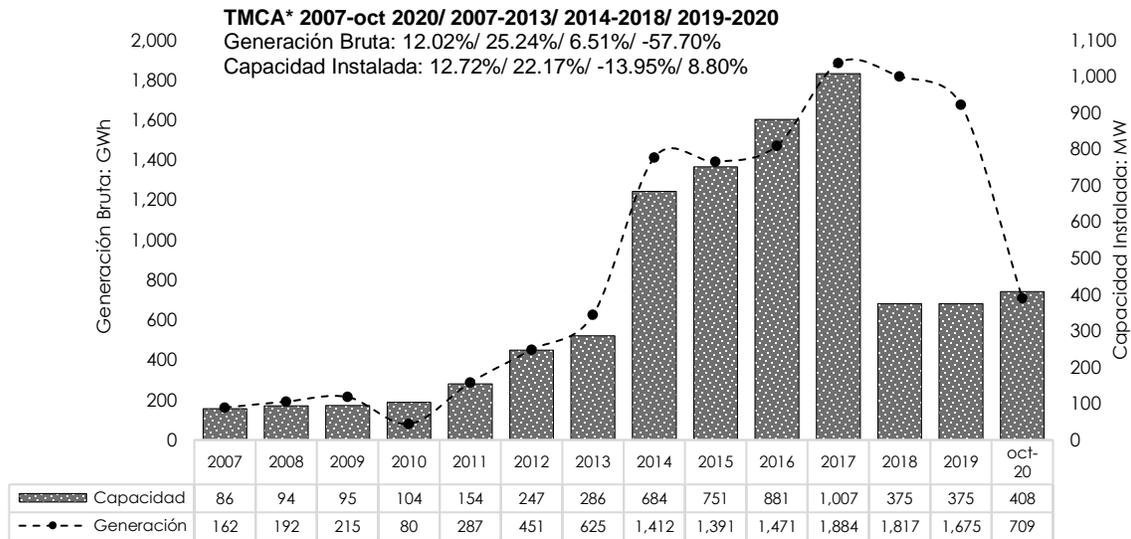
<sup>44</sup> Es un gas compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, producidos por la digestión anaeróbica de la biomasa, compuesto por: gas de relleno sanitario, gases de lodos de alcantarillado y el producido por la fermentación anaeróbica de estiércol animal, así como de desechos de animales en los mataderos, cervecerías y otras industrias agroalimentarias (SENER, 2015).

<sup>45</sup> El licor negro es un producto que se genera en el proceso de producción de pasta química en la industria papelera y consiste en una mezcla de productos químicos inorgánicos utilizados en la cocción de la madera, lignina y otros compuestos orgánicos. Comúnmente se utiliza como un biocombustible que se quema en calderas para producir vapor de agua, así también en la cogeneración de energía que se utilizan en el proceso de producción.

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

en ambas variables. Este retroceso atenta contra la diversificación de la matriz de generación eléctrica, obstaculizando así el cumplimiento de los compromisos ambientales.

**Gráfica 1.11. México: Evolución Histórica de la Bioenergía en la Generación Bruta de Electricidad y Capacidad Instalada. GWh y MW. 2007-octubre 2020**



**Fuente:** Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, PRODESEN 2018-2032, PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034 y Reporte de Avance de Energías Limpias 2017.

77 de las 270 centrales de tecnologías limpias correspondieron a plantas de bioenergía en el 2017. A nivel regional, el Oriente del país agrupó el 40.12% de la capacidad instalada y generó el 43.58% del total. La región Occidental y Noreste también son relevantes en el aprovechamiento de estas fuentes de energía limpias.

De forma específica, se destaca el papel de Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí debido al aprovechamiento de los residuos orgánicos en los ingenios<sup>46</sup> azucareros y del procesamiento de los residuos sólidos urbanos (PRODESEN 2018-2032,

<sup>46</sup> Se denomina ingenio azucarero a una antigua hacienda colonial con instalaciones para procesar caña de azúcar con el objeto de obtener azúcar, ron, alcohol y otros productos.

# ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

2018). Solo el estado de Veracruz posee una capacidad instalada superior a los 100 MW, el resto de las entidades se encuentra muy por debajo (véase Anexo 6).

**Figura 1.6. Generación Bruta (GWh) y Capacidad Instalada (MW) de las Centrales de Bioenergía por Región de Control, 2017.**



Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, SENER.

## 1.8 Resumen

- ✚ A través del Acuerdo de París en 2015, México se comprometió a reorientar su desarrollo hacia uno más sostenible y con menores emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello resulta indispensable acelerar el uso de las energías limpias en la matriz de generación eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional.
- ✚ A nivel nacional, la Ley General de Cambio Climático (2012) establece que para alcanzar la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono es necesario que: *“La Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, promoverán que la generación eléctrica proveniente*

## ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO

---

*de fuentes de energía limpias alcance por lo menos 35 por ciento para el año 2024” (Artículo Tercero Transitorio de la LGCC).*

- ✚ En octubre de 2021 se presentó una iniciativa de Reforma Constitucional a los artículos 25, 27 y 28, por medio de la cual se modificará el esquema vigente bajo el cual opera el SEN. Una de las principales disposiciones consiste en que la paraestatal genere por lo menos el 54% de electricidad y el sector privado produzca como máximo el 46% restante.
- ✚ Las principales centrales de energía limpia que operan en el SEN son: hidroeléctrica, eoloeléctrica, geotermoeléctrica, nucleoeeléctrica, solar fotovoltaica, bioenergía y cogeneración eficiente.
- ✚ En el 2018, el 21% del total generado provino de las fuentes limpias y el 79% restante por medio de centrales convencionales que hacen uso de combustibles como el gas natural, diésel, combustóleo y carbón.
- ✚ La producción en centrales hidroeléctricas fue la que mayor participación ostentó en el 2018 dentro de la categoría de limpias, seguido por la energía nuclear y eólica.
- ✚ Con el paso de los años, ha ganado importancia la generación a partir de las unidades eólicas y solares, hecho que se refleja en tasas de crecimiento positivas entre el 2007 y 2020.
- ✚ A pesar del crecimiento que han tenido las fuentes limpias en la capacidad instalada y en la generación, su contribución aún es insuficiente para cumplir con las metas planteadas en la LGCC.

---

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO METODOLÓGICO: MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL**

---

#### **2.1 Introducción**

Una Matriz de Contabilidad Social es una presentación tabular de todo el conjunto de flujos de una economía en un momento dado. La economía en cuestión puede ser nacional o regional, dependiendo del tema de interés. El propósito de construir una MCS es tener un sistema integrado de cuentas que relacione la producción, el consumo, el comercio, la inversión y el gobierno de forma coherente y cerrada.

La MCS garantiza la coherencia a nivel microeconómico y macroeconómico, esta doble consistencia es esencial para la modelización del análisis económico, ya que permite a los investigadores hacer coincidir los datos reales con un modelo operativo cuya estructura analítica se basa en los datos. Este matrimonio de datos y modelización ha sido posible gracias a la disponibilidad de MCS a gran escala, tras la labor pionera de Sir Richard Stone en 1962 (Cardenete *et al.*, 2017).

#### **2.2 Modelos Multisectoriales elaborados con MCS**

En el análisis estructural de los sistemas económicos, los modelos multisectoriales son altamente valorados. En la bibliografía es posible identificar tres grandes tipos de modelos multisectoriales 1) aquellos que se elaboran a partir de los modelos de insumo-producto; 2) los de contabilidad social; y 3) los de equilibrio general aplicado.

Los modelos de insumo-producto (MIP) o análisis interindustrial, desarrollados por Wassily Leontief a finales de la década de 1930 tienen como propósito principal examinar la interdependencia de las industrias en una economía. De acuerdo con Miller y Blair (2009) el modelo de insumo-producto consiste en un sistema de ecuaciones lineales, donde cada una de ellas describe la distribución del producto

de una industria a través de la economía. Se construye a partir de datos observados sobre una determinada economía, los cuales tienen que ver con la actividad de un grupo de industrias que producen bienes -output o productos- y a la vez consumen bienes de otras industrias -input o insumos- para la realización de su proceso de producción.

Una matriz de contabilidad social (MCS) es una base de datos, que recoge y organiza en una matriz cuadrada la información económica y social de las transacciones entre todos los agentes de una economía, en un momento determinado del tiempo (Cardenete y Flores, 2009). El propósito de construir una MCS es tener un sistema integrado de cuentas que relacione la producción, el consumo, el comercio, la inversión y el gobierno de forma coherente y cerrada.

La coherencia debe entenderse tanto en el sentido microeconómico como en el macroeconómico. Los flujos de ingresos y gastos de cada agente satisfacen una limitación presupuestaria -coherencia microeconómica- y los flujos de todos los agentes juntos satisfacen las identidades agregadas estándar -coherencia macroeconómica- (Cardenete *et al.*, 2017). Esta doble consistencia es esencial para los modelos económicos multisectoriales ya sean nacionales o regionales. Además, las MCS constituyen la base para la elaboración y calibración de los modelos de equilibrio general aplicado, ya que a partir de ellas se recuperan los valores de los parámetros necesarios para una determinada estructura económica, permitiendo así una mejor comprensión de cómo las piezas del sistema interactúan entre sí de una forma compleja -y a menudo poco evidente- y cómo responden ante estímulos provenientes del exterior.

La ventaja más relevante de las MCS frente a las de insumo-producto radica en la integración de información referente a la generación, asignación, distribución y gasto del ingreso, identificando no sólo las actividades productivas, sino a los sectores institucionales y a los agentes económicos participantes (Dávila, 2019). Es decir, las MCS pretenden integrar las estadísticas sociales en el modelo de

relaciones intersectoriales de insumo-producto, representando de forma matricial una ampliación de los modelos de Leontief (Cardenete y Flores, 2009).

De acuerdo con Thorbecke (1998), las MCS son sistemas de datos:

- ✚ Completos: identifican las dos facetas de cada transacción (compra y venta).
- ✚ Consistentes: en el sentido de que cada ingreso debe ser equivalente a los gastos.
- ✚ Comprehensivos y desagregados: incluyen estimaciones de las transacciones entre sectores productivos, instituciones y agentes económicos.

La labor pionera en el desarrollo de la metodología para la construcción de matrices de contabilidad social es atribuible a Richard Stone en 1962. Formuló la primera MCS para el Reino Unido y dicha metodología fue adoptada desde 1968 por los modernos sistemas de contabilidad social de la Organización de las Naciones Unidas. La relevancia de sus contribuciones lo hizo acreedor en 1984 al Premio Nobel de Economía.

Los insumos de información básicos para poder elaborar una Matriz Nacional de Contabilidad Social son:

- ✚ Cuadros de oferta y utilización, así como las matrices homogéneas de insumo-producto elaboradas con los mismos;
- ✚ Cuentas por sectores institucionales;
- ✚ Cuentas nacionales; y
- ✚ Encuestas de ingreso-gasto de los hogares.

Para la conformación de las Matrices Regionales de Contabilidad Social (MRCS), adicionalmente se requieren indicadores económicos estatales. Todos estos recursos estadísticos están disponibles en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Dávila, 2019). En resumen, las MCS permiten la fusión

consistente, en un solo marco contable, de las matrices de insumo-producto, los sistemas de cuentas nacionales y las cuentas de los sectores institucionales.

### **2.3 Sistema de Cuentas Nacionales**

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) proporciona un marco contable adecuado y estandarizado dentro del cual los datos económicos describen un conjunto coherente e integrado de cuentas macroeconómicas, balances y tablas basadas en conceptos, definiciones, clasificaciones y reglas acordadas internacionalmente. Las propias cuentas presentan, de manera condensada, una gran cantidad de información detallada, organizada de acuerdo con los principios y percepciones económicas sobre el funcionamiento de un sistema económico (INEGI, 2021).

En la medida en la que las sociedades se han desarrollado, los fenómenos económicos, sociales y políticos a nivel nacional e internacional se han vuelto cada vez más complejos de recopilar para producir estadísticas. Esto ha provocado que las dimensiones de los Sistemas de Cuentas Nacionales sean extensas, lo cual complica su utilización como herramienta para mejorar la comprensión de la dinámica de una economía. De acuerdo con INEGI (2021a), uno de los méritos del actual SCN es su flexibilidad, es decir, se pueden ajustar las cuentas para propósitos específicos de estudio y detallar algunas partes del sistema, así como agregar y simplificar el entorno macroeconómico, lo anterior es posible de llevar a cabo a través de una Matriz de Contabilidad Social.

Esta metodología brinda la posibilidad de integrar las cuentas nacionales con las cuentas de ingreso y gasto, proporcionando una imagen completa del flujo circular entre estas dos variables, que resulta de gran utilidad para el análisis económico y formulación de políticas públicas. Además de brindar una visión macroeconómica muy completa en una sola tabla de doble entrada, cada analista tiene la libertad para determinar el nivel de agregación de las actividades productivas y de los actores económicos en función de los objetivos de estudio.

El SCN fue desarrollado a partir de los conceptos básicos del flujo circular del ingreso y gasto en una economía. Cuando este sistema se combina con las cuentas que incorporan la actividad interindustrial asociada a la producción intermedia y final y el consumo de bienes y servicios (contenido en una matriz Insumo-Producto), la imagen de la economía se vuelve más amplia y comprensiva (Miller y Blair, 2009).

### 2.4 Flujo circular de ingresos y gastos

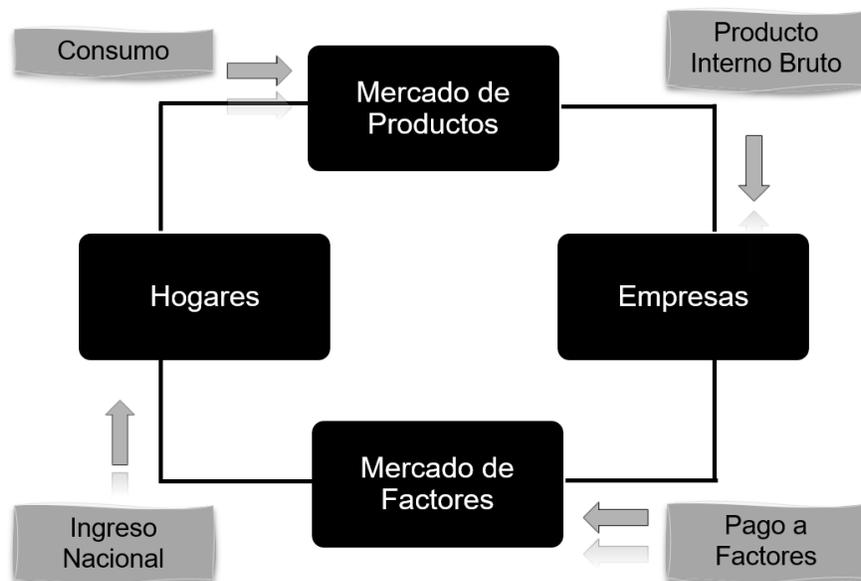
Una MCS es un marco integral, flexible y desagregado que elabora y articula la generación de ingresos por actividades de producción y la distribución y redistribución de ingresos entre grupos sociales e institucionales. El objetivo principal de compilar una MCS es reflejar diversas interdependencias en el sistema socioeconómico en su conjunto, registrando, de la manera más amplia posible, los datos reales e imputados de transacciones y transferencias entre diversos agentes del sistema (INEGI, 2021).

En una MCS el concepto implícito es el de flujo circular de ingresos y gastos, una descripción simplificada de este es la representada por la Figura 2.1. Los *hogares* poseen *factores de producción* como mano de obra y capital, los cuales venden o alquilan en los *mercados de factores* a *empresas*, ya que son insumos necesarios para llevar a cabo la *producción* y dar origen al *valor agregado* bruto. El *pago a los factores* que hacen las empresas en forma de salarios, sueldos, ganancias e impuestos, da origen a un *flujo de ingresos a los hogares* o también conocido como el *ingreso nacional*. Posteriormente, los hogares emplean estos ingresos en la adquisición de *productos finales* -bienes y servicios- generados por las empresas para la satisfacción de sus necesidades de consumo. Las actividades productivas obtienen una parte de sus ingresos de la venta de sus productos finales a los hogares, el resto proviene de la venta de *productos intermedios* a otros sectores en el *mercado de productos*, esto ocasiona un *flujo circular de ingresos y gastos entre las empresas y hogares* vinculados a través de los mercados de factores y de productos.

Los hogares pueden vender sus factores productivos a empresas nacionales o extranjeras *-resto del mundo-*, mientras que las firmas pueden contratar factores productivos a hogares nacionales o extranjeros. De forma similar, los hogares nacionales pueden adquirir sus productos finales en empresas domésticas o en el resto del mundo, por su parte, las firmas nacionales tienen la opción de comprar bienes o servicios intermedios a otras empresas domésticas o foráneas.

Por ende, los flujos contabilizados en una MCS incluyen un conjunto amplio de transacciones, las cuales van desde la contratación de factores productivos, compra de bienes intermedios, gastos de consumo final, transferencias, ahorros, inversiones y transacciones con el resto del mundo.

**Figura 2.1. Flujo circular de ingresos, gastos y mercados**



**Fuente:** Elaboración propia con información de Miller y Blair (2009).

### 2.5 Construcción de la Matriz de Contabilidad Social Nacional

Para la construcción de la Matriz de Contabilidad Social Mexicana del año 2018 se emplearon las matrices de contabilidad social, matrices de insumo producto estimadas y matrices de contabilidad nacional anuales que fueron publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en abril del 2021.

Se tomó como base la Matriz de Contabilidad Nacional (MCN) del 2018 a millones de pesos a precios corrientes en el nivel de desagregación de subsectores institucionales y productos y en la versión de demanda doméstica a precios básicos<sup>47</sup> para representar los flujos de la economía mexicana. La diferencia entre una Matriz de Contabilidad Nacional y una Matriz de Contabilidad Social es que la segunda presenta la apertura del sector institucional de los hogares en grupos socioeconómicos, usualmente en deciles. Se trabajó con la MCN en lugar de la MCS, debido a que en ésta última se expresaba la demanda total a precios de comprador<sup>48</sup> y para el análisis se requería en precios básicos. Sin embargo, posteriormente se desagregaron los hogares en diez estratos, convirtiéndose en una Matriz de Contabilidad Social. Para evitar confusiones, se le denominará como MCS durante todo el proceso de descripción y construcción.

El siguiente paso consistió en incorporar en la MCN, las Matrices de Insumo-Producto de transacciones domésticas y de importaciones del 2018 para contabilizar las transacciones intermedias. Se utilizó el formato de producto por producto con una desagregación de 260 ramas de actividad bajo la clasificación del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). También se empleó la MIP de transacciones totales para corroborar la consistencia con las dos MIP's mencionadas anteriormente. Una vez integrada la información, se procedió a agregar las 260 ramas al nivel deseado de 35 actividades, las cuales se enlistan a continuación:

---

<sup>47</sup> Los precios básicos reflejan el monto que recibe el productor por parte del comprador por una unidad de bienes o servicios, menos cualquier impuesto por pagar y más cualquier subsidio por cobrar como consecuencia de la producción o la venta. Este precio refleja los costos de producción y la tasa de retorno del capital, es decir, el ingreso efectivo de los productores.

<sup>48</sup> El precio de comprador es aquel que pagan los compradores de forma efectiva, el cual incluye márgenes de comercio y transporte, e impuestos sobre los productos, excepto el IVA deducible.

Cuadro 2.1. Clasificación de las actividades económicas de acuerdo con el código SCIAN

<b>Código</b>	<b>Sector/Subsector</b>
<b>Sector Primario</b>	
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal y pesca.
<b>Sector Secundario</b>	
21P	Minería petrolera.
2121	Minería de carbón mineral.
21NP	Minería no petrolera.
221	Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
222	Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final.
23	Construcción.
311	Industria alimentaria.
312	Industria de las bebidas y del tabaco.
313-314	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir.
315-316	Fabricación de prendas de vestir; Curtido y acabado de cuero y piel.
321	Industria de la madera.
322-323	Industria del papel; Impresión e industrias conexas.
324-326	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón; Industria química; Industria del plástico y del hule.
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos.
331-332	Industrias metálicas básicas; Fabricación de productos metálicos.
333-335	Fabricación de maquinaria y equipo.
336	Fabricación de equipo de transporte.
337	Fabricación de muebles, colchones y persianas.
339	Otras industrias manufactureras.
<b>Sector Terciario</b>	
431	Comercio al por mayor.
461	Comercio al por menor.
48-49	Transportes, correos y almacenamiento.
51	Información en medios masivos.
52	Servicios financieros y de seguros.
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles.
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos.
55	Corporativos.
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos.
61	Servicios educativos.
62	Servicios de salud y de asistencia social.
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos.
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas.
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales.
93	Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia.

Fuente: Elaboración propia con Información de la MCS 2018 e INEGI.

### 2.6 Cuentas de la MCS

Para la elaboración de la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018 se emplearon las bases de datos enlistadas en el apartado anterior y para la descripción de las cuentas que la integran se tomó como base el documento “Matrices de Contabilidad Social de México” publicado en 2021 por el INEGI.

La elaboración de la MCS parte de una secuencia de cuentas, las cuales se agrupan en dos categorías:

- 1) Cuentas corrientes. Engloban la producción, la generación, la distribución y el uso de los ingresos de los hogares.
- 2) Cuentas de acumulación. Cubren las variaciones de los activos y pasivos y los cambios en el patrimonio neto de los sectores institucionales. Está integrado por la cuenta de capital y la cuenta financiera.

Una MCS es una matriz cuadrada de doble entrada, en la que cada cuenta que la integra está representada por una fila y una columna. Las filas muestran los recursos o ingresos que recibe una cuenta y las columnas los usos, disposiciones o gastos que efectúa. De acuerdo con Miller y Blair (2009), en una MCS el equilibrio en las ecuaciones contables se mantiene a través de la exigencia o requisito de que los totales de cada fila sean iguales a los totales de cada columna para todas las cuentas. Es decir, para cada ingreso o recurso, hay un gasto o desembolso correspondiente.

#### 2.6.1 Cuenta de producción

En la cuenta de producción está contenida la Matriz Insumo-Producto de transacciones domésticas en el formato producto por producto. En el lado de los recursos o ingresos -filas- se contabiliza la producción de bienes y servicios generada por las actividades productivas. Y en el lado de los usos o disposiciones -columnas- se registra el consumo o demanda intermedia, la cual hace referencia a los insumos (inputs) que las actividades consumen de otras industrias para llevar a cabo su proceso productivo y generar productos (outputs); además se contabiliza la

demanda final, cuyos componentes son el consumo final de los hogares y del gobierno (privado y público), la variación de existencias, la formación bruta de capital fijo y las exportaciones de bienes y servicios.

### **2.6.2 Cuenta de distribución del ingreso**

El proceso de distribución y redistribución del ingreso es tan importante que vale la pena distinguir varios pasos y representarlos por separado en diferentes cuentas. La distribución del ingreso se descompone en tres pasos principales: distribución primaria, distribución secundaria y redistribución en especie (INEGI, 2021a).

#### **2.6.2.1 Cuenta de distribución primaria del ingreso**

Esta cuenta muestra cómo el valor agregado generado en el proceso de transformación se distribuye hacia la mano de obra, capital, gobierno y resto del mundo. La cuenta de distribución primaria del ingreso se desagrega en dos subcuentas:

- 1) Cuenta de generación del ingreso: En este apartado el valor agregado se asigna a los factores primarios, a la mano de obra en forma de remuneración de los empleados, al gobierno como impuestos a la producción menos subsidios y al capital como excedente de operación o ingreso mixto.
- 2) Cuenta de asignación del ingreso primario: Refleja la parte restante del proceso de distribución primaria del ingreso. Contiene el excedente de operación o ingreso mixto como un recurso y muestra cómo se asigna a cada sector institucional (empresas, instituciones financieras, hogares y gobierno). Para cada uno de ellos se registran: rentas de la propiedad por cobrar y pagar, la remuneración de los empleados y los impuestos, menos subsidios a la producción que reciben los hogares y el gobierno, respectivamente. Dado que las transacciones de este tipo pueden aparecer en la cuenta del resto del mundo, también deben incluirse -ingresos a la propiedad y remuneraciones recibidas del resto del mundo-.

El saldo de la cuenta de asignación de ingresos primarios y de la cuenta completa de distribución primaria de ingresos es el Ingreso Nacional Neto.

### **2.6.2.2 Cuenta de distribución secundaria del ingreso**

La cuenta de distribución secundaria del ingreso cubre la redistribución del ingreso a través de transferencias corrientes. Tiene como recursos, además del Ingreso Nacional Neto, los impuestos corrientes sobre el ingreso, la riqueza, etc... y otras transferencias corrientes, excepto las transferencias sociales en especie. Por el lado de los usos, también se registran los mismos tipos de transferencias, dado que éstas son recursos para algunos sectores y disposiciones para otros, su contenido preciso varía de un sector a otro.

El saldo entre los recursos y usos de la cuenta de distribución secundaria es el Ingreso Disponible. Para los hogares, este es el ingreso que puede utilizarse para el gasto en consumo final y el ahorro. Para las corporaciones no financieras y financieras, es el ingreso no distribuido a los propietarios de capital restante después de pagar impuestos sobre la renta (INEGI, 2021a).

### **2.6.3 Cuenta de utilización del ingreso disponible**

El recurso de esta sección de la MCS es el Ingreso Disponible Neto y exhibe cómo los sectores institucionales -hogares, instituciones sin fines de lucro y gobierno- lo distribuyen entre el consumo final -gastos de consumo privado y público- y el ahorro.

Además, incluye para los hogares y para los fondos de pensiones, una partida de ajuste por el cambio en los derechos de pensión que se relaciona con la forma en que las transacciones entre hogares y fondos de pensiones se registran en el Sistema de Cuentas Nacionales. También se incorpora en esta cuenta algunos ajustes a la contabilidad derivados del registro del gasto en consumo final de aquellos individuos residentes del país que gastaron en el extranjero, tales como estudiantes de intercambio, trabajadores de las embajadas, etc., por el lado de los usos o disposiciones. También se agrega un ajuste en el lado de los recursos o

ingresos, el cual muestra el gasto que realizaron en el país los no residentes (INEGI, 2021).

El elemento de equilibrio de la cuenta de utilización del ingreso disponible es el Ahorro Neto, con el que termina la secuencia de las cuentas corrientes y se convierte en el punto de partida o inicial de las cuentas de acumulación -capital y financiera-.

### **2.6.4 Cuenta de capital**

Contabiliza las transacciones referentes a la compra de activos no financieros y transferencias de capital que inciden en la redistribución de la riqueza. Los ingresos o recursos de esta cuenta son el ahorro, las transferencias netas y de capital por cobrar y las transferencias de capital por pagar (con un signo de menos). Mientras que los usos o disposiciones son los diferentes tipos de inversión en activos no financieros.

El saldo de la cuenta de capital se denomina préstamo neto, el cual puede ser positivo o negativo. Cuando es positivo, mide el monto neto que una unidad o sector institucional tiene disponible para financiar, directa o indirectamente a otras unidades o sectores. Cuando la variable exhibe el signo negativo representa el monto que el sector está obligado a pedir prestado a otros, también se conoce como endeudamiento neto. Sin embargo, para integrar estos elementos en el formato de la MCS, el endeudamiento o préstamo neto se separa en dos partes, la primera de ellas es la adquisición neta de activos financieros y la segunda, la emisión neta de pasivos financieros.

### **2.6.5 Cuenta financiera**

Registra las transacciones en instrumentos financieros, en el lado de los ingresos se computa la adquisición neta de activos financieros y en los usos, la adquisición neta de pasivos. La partida de saldo de la cuenta financiera es nuevamente préstamo o endeudamiento neto.

### 2.6.6 Cuenta del resto del mundo

Esta cuenta contabiliza las transacciones entre unidades institucionales residentes y no residentes y los acervos relacionados de activos y pasivos correspondientes.

La cuenta de bienes y servicios del resto del mundo se muestra al mismo nivel que la cuenta de producción doméstica. Las importaciones de bienes y servicios son un ingreso para el resto del mundo, en tanto que las exportaciones son un uso. Si el saldo de la balanza comercial (diferencia entre exportaciones e importaciones) es positivo, es un superávit para la nación (un déficit para el resto del mundo) y un déficit si es negativo.

### 2.6.7 Formato matricial de las cuentas nacionales

La disposición de las cuentas en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018 se muestra en la Figura 2.2.

En color amarillo se resaltan las submatrices de consumo intermedio, gastos de consumo final y la generación de ingresos por la producción. En verde se muestra la distribución posterior y la redistribución de los ingresos entre los sectores institucionales y finalmente, en anaranjado, el papel del circuito financiero en la acumulación de activos financieros y no financieros.

### 2.7 Sectores Institucionales

Un sector institucional se define como una entidad económica que tiene capacidad, por derecho propio, de poseer bienes o activos, contraer pasivos, realizar actividades económicas y transacciones con otras entidades (INEGI, 2021a).

En las matrices de contabilidad social y de contabilidad nacional anuales publicadas por INEGI se maneja un amplio nivel de desagregación a nivel institucional. Se presentan 19 unidades, las cuales fueron agregadas en cuatro sectores institucionales en función de los objetivos que persigue la investigación y para facilitar el manejo de la MCS.

Figura 2.2. Formato matricial de las cuentas nacionales

		Cuenta de producción	Cuenta de generación del ingreso	Cuenta de asignación del ingreso primario	Cuenta de distribución secundaria del ingreso	Cuenta utilización del ingreso	Cuenta de capital	Variación de Existencias	Formación bruta de capital fijo	Cuenta financiera	Exportaciones / Importaciones	Cuenta corriente con el RM	Cuenta de capital con el RM	VBP
		Industrias	Categorías de ingresos primarios	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Industrias	Industrias	Activos financieros	Países	Cuenta corriente con el RM	Cuenta de capital con el RM	
Cuenta de producción	Productos	<b>Consumo Intermedio</b>				<u>Gastos de Consumo</u>		<b>Variación de existencias</b>	<b>FBKF</b>		<u>Exportaciones</u>			
Cuenta de generación del ingreso	Categorías de ingresos primarios	<u>Valor agregado bruto</u>												
Cuenta de asignación del ingreso primario	Sectores institucionales	<u>Impuestos sobre los productos (CI)</u>	<u>Ingreso Generado Neto</u>	<u>Ingresos a la propiedad</u>		<u>Impuestos sobre los productos (CP)</u>			<u>Impuestos sobre los productos (FBKF)</u>			<u>Ingresos a la propiedad y remuneraciones recibidas del RM</u>		
Cuenta de distribución secundaria del ingreso	Sectores institucionales			<b>Ingreso Nacional Neto</b>	<b>Transferencias Corrientes</b>							<b>Transferencias corrientes del RM</b>		
Cuenta utilización del ingreso	Sectores institucionales				<u>Ingreso Disponible Neto</u>	<u>Ajuste por cambio en los derechos de pensiones</u>						<u>Compras de no residentes en el país</u>		
Cuenta de capital	Sectores institucionales					<u>Ahorro Neto</u>	<u>Transferencias de capital</u>			<u>Emisión neta de pasivos financieros</u>			<u>Transferencias de capital del RM</u>	
Variación de Existencias	Industrias						<u>Variación de existencias</u>							
Formación bruta de capital fijo	Industrias		<u>Consumo de Capital fijo</u>				<u>FNKF</u>							
Cuenta financiera	Activos financieros						<u>Adquisición neta de activos financieros</u>						<u>Endeudamiento neto</u>	
Exportaciones / Importaciones	Países	<u>Importaciones intermedias</u>				<u>Importaciones de Consumo Privado</u>		<u>Variación de existencias de importaciones</u>	<u>Importaciones de bienes de capital</u>			<u>Saldo de la balanza comercial</u>		
Cuenta corriente con el RM	Cuenta corriente con el RM			<u>Ingresos a la propiedad pagados al RM</u>	<b>Transferencias corrientes al RM</b>	<u>Compras de residentes en el extranjero</u>								
Cuenta de capital con el RM	Cuenta de capital con el RM						<u>Transferencias de capital al RM</u>					<u>Balance corriente externo</u>		
<b>Valor Bruto de la Producción</b>														

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021a).

Figura 2.3. Formato cuantitativo de la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018

		Cuenta de producción	Cuenta de generación del ingreso	Cuenta de asignación del ingreso primario	Cuenta de distribución secundaria del ingreso	Cuenta utilización del ingreso	Cuenta de capital	Variación de Existencias	Formación bruta de capital fijo	Cuenta financiera	Exportaciones / Importaciones	Cuenta corriente con el RM	Cuenta de capital con el RM	VBP
		Industrias	Categorías de ingresos primarios	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Industrias	Industrias	Activos financieros	Países	Cuenta corriente con el RM	Cuenta de capital con el RM	
Cuenta de producción	Productos	10,177,682				15,935,144		751,090	4,145,144		8,792,977			39,802,036
Cuenta de generación del ingreso	Categorías de ingresos primarios	22,191,164												22,191,164
Cuenta de asignación del ingreso primario	Sectores institucionales	145,722	18,101,506	6,653,307		1,115,282			39,340			240,989		26,296,145
Cuenta de distribución secundaria del ingreso	Sectores institucionales			18,798,789	9,359,022							650,550		28,808,361
Cuenta utilización del ingreso	Sectores institucionales				19,428,518	299,031						436,673		20,164,222
Cuenta de capital	Sectores institucionales					1,472,800	820,909			3,758,129			4,523	6,056,361
Variación de Existencias	Industrias						790,354							790,354
Formación bruta de capital fijo	Industrias		4,089,658				1,094,999							5,184,658
Cuenta financiera	Activos financieros						3,344,340						413,790	3,758,129
Exportaciones / Importaciones	Países	7,287,469				1,124,263		39,265	1,000,174			-658,194		8,792,977
Cuenta corriente con el RM	Cuenta corriente con el RM			844,049	20,821	217,702								1,082,573
Cuenta de capital con el RM	Cuenta de capital con el RM						5,759					412,553		418,312
<b>Valor Bruto de la Producción</b>		<b>39,802,036</b>	<b>22,191,164</b>	<b>26,296,145</b>	<b>28,808,361</b>	<b>20,164,222</b>	<b>6,056,361</b>	<b>790,354</b>	<b>5,184,658</b>	<b>3,758,129</b>	<b>8,792,977</b>	<b>1,082,573</b>	<b>418,312</b>	

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021a) y Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018.

Los sectores en los que se simplificó la MCS fueron los siguientes:

**Cuadro 2.2. Sectores Institucionales de la MCS**

Unidades Institucionales Agregadas	Sector Institucional	Actividad y función principal
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.11001 - Sociedades no financieras públicas.</li> <li>• S.11002 y S.11003 - Sociedades no financieras privadas nacionales y de control extranjero.</li> </ul>	<b>Empresas</b>	Producción de bienes y servicios no financieros de mercado.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.121 - Banco Central.</li> <li>• S.122 - Sociedades depositarias, excepto el Banco Central.</li> <li>• S.123 - Fondos del mercado de dinero.</li> <li>• S.124 - Fondos de inversión fuera del mercado de dinero.</li> <li>• S.125 - Otros intermediarios financieros, excepto sociedades de seguros.</li> <li>• S.126 - Auxiliares financieros.</li> <li>• S.127 - Instituciones financieras cautivas y prestamistas de dinero.</li> <li>• S.128 - Sociedades de seguros.</li> <li>• S.129 - Fondos de pensión.</li> </ul>	<b>Instituciones Financieras</b>	Intermediación financiera, incluido el seguro; actividades auxiliares de la intermediación financiera y administración de carteras de activos y pasivos financieros.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.1311_1 - Gobierno Federal Integrado.</li> <li>• S.1311_2 - Organismos Descentralizados.</li> <li>• S.1312_1 - Gobierno de la Ciudad de México.</li> <li>• S.1312_2 - Gobiernos de los estados.</li> <li>• S.1313 - Gobiernos Locales.</li> <li>• S.1314 - Fondos de seguridad social.</li> </ul>	<b>Gobierno</b>	Producción y suministro de otros bienes y servicios no de mercado para consumo individual y colectivo; realización de operaciones de redistribución de la renta y de la riqueza nacional.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.14 – Hogares.</li> <li>• S.15 - Instituciones sin fines de lucro al servicio de los hogares (ISFLSH).</li> </ul>	<b>Hogares</b>	<p>*Como consumidores: Demanda de bienes y servicios.</p> <p>*Como empresarios: producción de bienes, servicios de mercado y para uso final propio.</p>

**Fuente:** Elaboración propia con información de INEGI (2021a) y Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018.

## 2.8 Formulación básica de los Modelos de Contabilidad Social

De acuerdo con Holland y Wyeth (2013), para pasar de un conjunto de cuentas nacionales a un modelo de contabilidad social, se requiere adoptar algunas suposiciones adicionales. Dado que una Matriz de Contabilidad Social incluye una visión más completa del flujo circular de ingresos y gastos que una matriz Insumo-Producto<sup>49</sup>, es necesario que el supuesto de coeficientes fijos se extienda a los coeficientes de gasto de los hogares, cuando éstos se integran de forma endógena en el modelo.

El resultado de tratar a los hogares como variable endógena es el siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Actividades} \\ \text{Valor Agregado} \\ \text{Instituciones Endógenas} \end{array} \quad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} & \mathbf{C} \\ \mathbf{V} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Y} & \mathbf{H} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Dónde:

- ✚ S: matriz de coeficientes directos de la MCS.
- ✚ A: matriz de coeficientes técnicos.
- ✚ V: matriz de coeficientes de valor agregado.
- ✚ Y: matriz de coeficientes de distribución del valor agregado.
- ✚ C: matriz de coeficientes de gasto.
- ✚ H: matriz de coeficientes de distribución institucionales y de hogares.

Las ecuaciones de equilibrio de oferta y demanda se pueden escribir como:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{v} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix} = \mathbf{S} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{v} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f} \\ \mathbf{w} \\ \mathbf{h} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Dónde:

- ✚ x: vector de producto bruto de las actividades productivas.
- ✚ v: vector de valor agregado por categorías.
- ✚ y: vector de ingresos de los hogares.

<sup>49</sup> La descripción del modelo Insumo-Producto y el supuesto de coeficientes fijos se presenta en el Anexo 13.

✚ **f**: vector de demanda exógena de las actividades productivas.

✚ **w**: vector de valor agregado exógeno.

✚ **h**: vector de ingresos de los hogares exógenos.

La matriz  $(\mathbf{I} - \mathbf{S})$  puede invertirse para especificar una ecuación matricial que exprese los niveles de producción de las actividades, de valor agregado e ingreso familiar, como una función de las variables exógenas. Esto se traduce en:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{v} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix} = (\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{f} \\ \mathbf{w} \\ \mathbf{h} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

El término  $(\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1} = \mathbf{M}$  representa la *matriz de coeficientes inversos de la MCS*, el análogo a la Inversa de Leontief del modelo Insumo-Producto (expresada en la ecuación A.8.10b). Por su parte, la matriz de *coeficientes directos de la MCS* se define como:

$$\mathbf{S} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (2.4)$$

Dónde:

✚ **Z**: Contiene la información de las variables que se manejarán como endógenas en el modelo.

✚  $\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ : Inversa de la matriz diagonal de productos brutos endógenos.

Por lo tanto, la formulación básica del modelo de producción de la MCS es:

$$\mathbf{x} = \mathbf{S}\mathbf{x} + \mathbf{f} \quad (2.5)^{50}$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1}\mathbf{f} \quad (2.6)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{M}\mathbf{f} \quad (2.7)$$

Si la ecuación (2.7) reproduce los productos brutos de la parte endógena, el modelo es consistente.

---

<sup>50</sup> La expresión es la simplificación de la ecuación (2.2).

### 2.9 Método de Desagregación del Sector Eléctrico Mexicano

Usualmente, las tablas de insumo-producto nacionales se caracterizan por agregar en un solo sector a las actividades con una estructura de producción similar, sin embargo, esto se llega a traducir en una pérdida de información detallada sobre los subsectores involucrados, conduciendo al llamado problema del sesgo de agregación (Morimoto, 1970; Fisher, 1986; Kymn, 1990, como se citó en Linder, Legault y Guan, 2013).

En términos de análisis ambiental, la agregación de sectores puede influir significativamente en los resultados, impidiendo reconocer las actividades que tienen un mayor efecto en la degradación del medio ambiente. Por ello, es conveniente su desagregación aunque se cuente con información parcial, ya que el error al que conduce será relativamente menor en comparación con el escenario donde se mantienen juntos los subsectores.

Con el propósito de contribuir a una mejor comprensión del sector eléctrico en México, este se desagregó en ocho subsectores, siete de ellos hacen referencia a la actividad de generación y uno a la transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. La producción se dividió considerando la tecnología que emplean, la cual se clasifica en dos tipos, convencional y limpia.

De acuerdo con la revisión de bibliografía compilada por Linder et al. (2013) sobre la desagregación del sector eléctrico en particular, se reveló que existen tres tipos de enfoques. El primero se basa en una metodología que combina las tablas de insumo-producto con información sobre los procesos de las plantas de generación de electricidad, un ejemplo de ello fue lo realizado por Wiedman et al. (2011) para desagregar el subsector de la energía eólica del sector eléctrico en Reino Unido. El segundo enfoque muestra cómo es posible estimar una tabla I-O desagregada con información sobre los precios, dentro de esta categoría se encuentra el trabajo de Turner et al. (2007). En su estudio se utilizan datos sobre ventas y precios de la electricidad para desagregar al sector eléctrico escocés en ocho tecnologías de generación. Finalmente, el tercero, denominado enfoque de

unidades híbridas, emplea datos sobre el consumo de energía primaria por industrias. Algunas aplicaciones de este método son las expuestas por Lui et al. (2012), Cruz (2002, 2004), Limmeechokchai y Suksuntornsiri (2007) y Linder et al. (2011) para el sector eléctrico de Taiwán, Portugal, Tailandia y China, respectivamente.

Por su parte, en Linder et al. (2013) se puede identificar una cuarta dirección, la cual consistió en ampliar el enfoque de Wolsky<sup>51</sup> (1984), ya que además de calcular las ponderaciones de producción utilizando el ratio de producto de los nuevos sectores en relación con el sector nacional agregado del que proceden, se incluyó información sobre los costos de operación y mantenimiento de las centrales eléctricas y el mix de generación de electricidad de cada uno de los seis sistemas de red existentes en China, con el objetivo era capturar de mejor forma las diferencias regionales en términos de intensidades de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El método usado en la desagregación del sector eléctrico mexicano forma parte del tercer enfoque, ya que en primer instancia se hizo uso de la proporción del producto bruto que representa cada subsector respecto al total y posteriormente se incorporaron los costos primarios relacionados al consumo de combustible que efectuaron las centrales incluidas en cada uno de los siete tipos de tecnologías de generación. En el siguiente apartado se describe el procedimiento que se llevó a cabo y las fuentes de información correspondientes.

### **2.10 Desagregación del Sector Eléctrico Mexicano en la MNCS 2018**

Una vez conformada la Matriz Nacional de Contabilidad Social (MNCS) para el 2018, se procedió, de acuerdo con los objetivos específicos de la presente investigación a desagregar el sector de generación, transmisión, distribución y comercialización (clasificado bajo el código 221) por tipo de tecnología de producción. Para ello, primero fue necesario realizar la distinción entre la generación

---

<sup>51</sup> Wolsky (1984) demuestra cómo se puede desagregar un sector en un número arbitrario de nuevos sectores cuando la producción total de estos últimos es la única información disponible.

y el resto de las actividades (transmisión, distribución y comercialización) asociadas al sector eléctrico.

La información utilizada para llevarlo a cabo se obtuvo del Censo Económico 2019 de INEGI. A través de la variable censal A111A referente a la producción bruta total reportada en millones de pesos para el 2018 se conoció la participación de cada subrama en el total del sector 221. Como se puede observar en la siguiente tabla, la generación contribuye con dos tercios de la producción bruta total del sector eléctrico, mientras que el tercio restante es atribuible a la transmisión, distribución y comercialización de electricidad. Dicha estructura se empleó para aperturar el sector 221 en la Matriz Nacional de Contabilidad Social en dos:

✚ 22111: *Generación de energía eléctrica.*

✚ 22112: *Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.*

**Cuadro 2.3. México: Participación de las subramas en la producción bruta del sector eléctrico. Millones de pesos y %. 2018**

Actividad Económica		PBT	%
Subrama 22111	Generación de energía eléctrica.	376,930	67%
Subrama 22112	Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.	185,038	33%
Rama 2211	<b>Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.</b>	<b>561,968</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información de Censos Económicos 2019. INEGI.

A su vez, la subrama 22111 fue necesario desagregarla de acuerdo con el tipo de energía que se emplea para la generación de electricidad. Se eligieron las siete tecnologías más representativas del Sistema Eléctrico Mexicano (SEN). Las convencionales se clasificaron en tres:

✚ Ciclo Combinado.

✚ Carboeléctrica.

✚ Otras Convencionales.

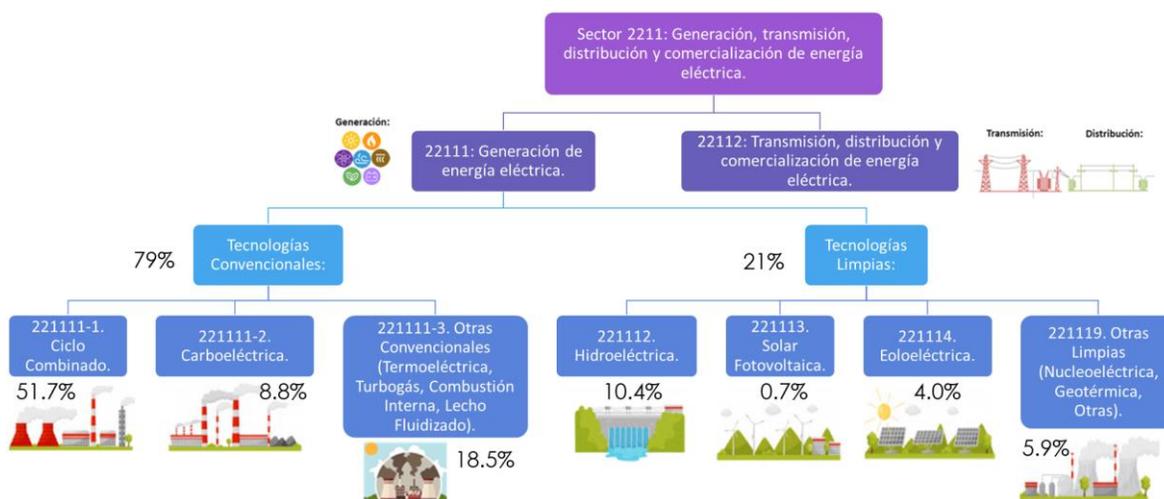
En otras se incorporaron las centrales termoeléctricas convencionales, turbogás, lecho fluidizado y combustión interna.

En lo que concierne a las tecnologías limpias, estas fueron divididas en 4 grupos de centrales:

- ✚ Hidroeléctricas.
- ✚ Solar Fotovoltaicas.
- ✚ Eoloeléctricas.
- ✚ Otras.

Dentro de otras se incluyeron nucleoelectrica, geotérmica, bioenergía y cogeneración eficiente (véase el diagrama de la Figura 2.4). Como resultado de la desagregación del sector 221 por tipo de tecnología de generación, la MNCS quedó conformada por 42 actividades productivas, las cuales se enlistan en el Anexo 16.

**Figura 2.4. México: Desagregación del Sector Eléctrico por tipo de tecnología**



**Fuente:** Elaboración propia. Las cifras indican la participación de cada tipo de tecnología en la generación de electricidad del 2018, la fuente de información es el Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

Para obtener la estructura de desagregación por tipo de tecnología de generación se utilizaron los ingresos anuales obtenidos de la venta de energía eléctrica en el Mercado de Corto Plazo del Mercado Eléctrico Mayorista<sup>52</sup>. Para su

<sup>52</sup> La descripción del funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista y de los Precios Marginales Locales se encuentra en el Anexo 29.

estimación se consideró la energía eléctrica generada por día y por hora (MWh) durante el 2018 por tipo de central y los precios marginales locales (PML) promedios diarios y por hora (Pesos por MWh) a los cuales se vendió la electricidad en el Mercado del Día en Adelanto (MDA)<sup>53</sup> a los diferentes tipos de usuarios del SEN.

Se multiplicó la generación por su PML correspondiente y el producto resultante se sumó, obteniéndose los ingresos en pesos de cada una de las siete centrales eléctricas para el año de análisis. La fuente de información fue el Observatorio de la Transición Energética en México y las participaciones obtenidas se muestran a continuación:

**Cuadro 2.4. México: Participación de las clases en los ingresos anuales obtenidos de la venta de energía eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista. Millones de pesos y %. 2018**

	<b>Actividad Económica</b>	<b>Ingresos</b>	<b>%</b>
<b>Clase 221111-1</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales de Ciclo Combinado.	258,126	50.7%
<b>Clase 221111-2</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales Carboeléctricas.	44,727	8.8%
<b>Clase 221111-3</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales Termoeléctricas Convencionales.	96,835	19.0%
<b>Clase 221112</b>	Generación de electricidad a partir de energía hidráulica.	58,664	11.5%
<b>Clase 221113</b>	Generación de electricidad a partir de energía solar.	3,817	0.7%
<b>Clase 221114</b>	Generación de electricidad a partir de energía eólica.	18,439	3.6%
<b>Clase 221119</b>	Generación de electricidad a partir de otro tipo de energía.	28,447	5.6%
<b>22111</b>	<b>Generación de energía eléctrica.</b>	<b>509,054</b>	<b>100%</b>

<sup>53</sup> Se emplearon los Precios Marginales Locales promedios del Mercado de Día en Adelanto (MDA) en lugar de los PML del Mercado de Tiempo Real, ya que los primeros, es el precio que se asigna a la estimación inicial de demanda de energía por parte de los usuarios y los segundos son los imputados a las devoluciones y adquisiciones adicionales de energía (véase Anexo 29).

**Fuente:** Elaboración propia con información del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

Las estructuras plasmadas en los cuadros 2.3 y 2.4 se aplicaron al Producto Bruto Total y a las Importaciones Totales del Sector Eléctrico reportadas en la matriz construida para el 2018. Las cifras resultantes fueron las siguientes:

**Cuadro 2.5. México: Producto Bruto Total (PBT) e Importaciones (IMP) del Sector Eléctrico por tipo de tecnología. Millones de pesos. 2018**

<b>Código</b>	<b>Actividad Económica</b>	<b>PBT</b>	<b>IMP</b>
<b>221111-1</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales de Ciclo Combinado.	204,938	21,057
<b>221111-2</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales Carboeléctricas.	35,511	3,649
<b>221111-3</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales con Tecnología Convencional.	76,882	7,899
<b>221112</b>	Generación de electricidad a partir de energía hidráulica.	46,576	4,785
<b>221113</b>	Generación de electricidad a partir de energía solar.	3,030	311
<b>221114</b>	Generación de electricidad a partir de energía eólica.	14,639	1,504
<b>221119</b>	Generación de electricidad a partir de otro tipo de energía.	22,586	2,321
<b>22112</b>	Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.	198,407	20,385

**Fuente:** Elaboración propia con información de Censos Económicos 2019 (INEGI), Observatorio de la Transición Energética en México y Matriz de Contabilidad Nacional 2018.

Las estructuras de compras intermedias domésticas e importadas como porcentaje del PBT del sector 221 de la MNCS se utilizaron para desagregar en primera instancia las transacciones intersectoriales por tipo de tecnología de generación y para la transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, ya que se hizo el supuesto de que todos los subsectores presentan el mismo patrón que se exhibe a nivel agregado para la industria eléctrica.

Posteriormente se integró el costo primario referente al consumo de combustible<sup>54</sup> en el que incurrieron los diversos tipos de centrales empleadas para la generación de electricidad en el SEN durante el 2018. Para estimar el costo de combustible se siguió la metodología descrita en COPAR (2015).

El primer paso y como se muestra en la ecuación (2.8), consistió en calcular el consumo de combustible de una central dividiendo el régimen térmico<sup>55</sup> de la misma entre el poder calorífico<sup>56</sup> del combustible que utiliza para su funcionamiento.

$$\text{Consumo}_{\text{COMBUSTIBLE}}: \frac{\text{Régimen Térmico de la Central}}{\text{Poder Calorífico del Combustible}} \quad (2.8)$$

Una vez estimado el consumo de combustible de cada tipo de central eléctrica, éste se multiplica por el precio del combustible que utiliza para la producción y como resultado se obtiene el costo de generación por consumo de combustible, el cual indica cuánto costó en unidades monetarias (pesos) generar 1 MWh de energía eléctrica en la central analizada.

$$\text{Costo}_{\text{COMBUSTIBLE} \times \text{MWh}}: \text{Consumo}_{\text{COMBUSTIBLE}} * \text{Precio}_{\text{COMBUSTIBLE}} = \frac{\text{Pesos}}{\text{MWh}} \quad (2.9)$$

Finalmente, para calcular el *costo total de generación asociado al concepto de consumo de combustible*, se multiplicó el costo promedio de combustible por MWh (obtenido en el paso anterior) por la energía eléctrica generada en el 2018 en cada tipo de central:

---

<sup>54</sup> Un combustible es cualquier material que, al oxidarse de manera violenta, libera energía en forma de calor. Se trata de sustancias susceptibles a quemarse, donde se transforma una energía potencial o energía química en energía calorífica.

<sup>55</sup> El régimen térmico es un parámetro que mide la eficiencia de un ciclo termoeléctrico en cuanto a consumo de combustible, indica cuanto calor se necesita por cada unidad de energía eléctrica generada, sus unidades son [kJ/kWh] o también se expresa en [BTU/kWh].

<sup>56</sup> El poder calorífico del combustible es el calor transferido cuando los productos de la combustión se enfrían hasta la temperatura inicial del aire y el combustible.

$Costo_{COMBUSTIBLE_{total}}: Consumo_{COMBUSTIBLE} \times MWh * Generación de electricidad en 2018$

$$= \frac{Pesos}{MWh} * MWh = Pesos \quad (2.10)$$

La sumatoria del costo total de los seis tipos de centrales eléctricas analizadas proporciona el costo total aproximado<sup>57</sup> en el cual incurrió el Sistema Eléctrico Nacional en el 2018 por concepto de consumo de combustible.

Para poder llevar a cabo la estimación presentada anteriormente, se empleó la base de datos del Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) contenida en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032 (PRODESEN), la cual provee información sobre las centrales eléctricas del Sistema Eléctrico Nacional que operaron de forma regular o que iniciaron operaciones durante el 2017<sup>58</sup>, de acuerdo con lo reportado por la CFE, el CENACE y la CRE.

Algunas de las variables que se reportan en el PIIRCE y que fueron utilizadas para calcular el costo de generación por concepto de combustible de las centrales fueron las siguientes:

✚ Nombre de la central y tecnología empleada. La estimación se basó en los seis tipos de centrales que emplean combustibles fósiles para su funcionamiento, es decir, se excluyeron las centrales con tecnología limpia<sup>59</sup>, exceptuando la nucleoelectrica:

1. Carboeléctrica.
2. Ciclo combinado.
3. Combustión interna.
4. Termoeléctrica convencional.
5. Turbogás.
6. Nucleoelectrica.

---

<sup>57</sup> Es una aproximación del costo total por consumo de combustible debido a que no se dispone información para la totalidad de las centrales que operaron en el 2017 en el SEN.

<sup>58</sup> El análisis se realizó para las centrales reportadas en la base de datos del PIIRCE con datos del 2017, que fue el año más reciente para el cual se encontró disponible la información requerida para replicar la metodología descrita en COPAR (2015).

<sup>59</sup>Las centrales con tecnología limpia que se excluyeron fueron: eoloelectrica, hidroeléctrica, geotermoeléctrica, bioenergía, cogeneración eficiente, solar fotovoltaica y termosolar.

✚ Combustible utilizado en la central. Los considerados en el análisis fueron cinco<sup>60</sup>:

1. Carbón.
2. Gas natural.
3. Combustóleo.
4. Diésel.
5. Uranio.

✚ Combustibles empleados en cada tipo de central:

Central Eléctrica	Combustibles Empleados
Carboeléctrica	Carbón
Ciclo Combinado	Gas Natural
Combustión Interna	Gas Natural Diésel Combustóleo
Termoeléctrica Convencional	Gas Natural Combustóleo Carbón
Turbogás	Gas Natural Diésel
Nucleoeléctrica	Uranio

✚ Régimen térmico promedio (GJ/MWh) del tipo de central. Relación entre la energía suministrada al ciclo termodinámico de la unidad generadora en GJ/h, dado el consumo de combustible y la energía que se obtiene a la salida del generador eléctrico en MW (PRODESEN 2018-2032).

Adicionalmente se requirió información sobre las siguientes variables para replicar el procedimiento:

✚ Poder calorífico del combustible que se emplea en la central para su funcionamiento. Es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción

---

<sup>60</sup> No se consideraron para el análisis el gas residual que se emplea en algunas centrales de ciclo combinado y termoeléctricas convencionales. Tampoco se incluyó el vapor reportado como combustible en la tecnología termoeléctrica.

química de oxidación. Expresa la energía que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente. La fuente de información del poder calorífico de los combustibles fue la COPAR, 2015 (véase Anexo 14).

- ✚ Precio promedio de los combustibles fósiles empleados para la generación de energía eléctrica. Se usaron los precios establecidos en el Anexo B del Acuerdo Núm. A/058/2017: Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía expide la metodología para determinar el cálculo y ajuste de las tarifas finales, así como las tarifas de operación que aplicarán a la empresa productiva subsidiaria CFE Suministrador de Servicios Básicos durante el periodo que comprende del 1 de diciembre de 2017 y hasta el 31 de diciembre de 2018 (véase Anexo 15).
- ✚ El tipo de cambio usado para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera se cotizó en 19.23 MXN/USD (PRODESEN 2019-2033, 2019).
- ✚ Generación de energía eléctrica para cada uno de los tipos de centrales en el 2018. Dicha información se extrajo del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX y la unidad de medida fue MWh.

La réplica del procedimiento de la COPAR (2015) arrojó el costo por consumo de combustible en millones de pesos para el 2018. La participación en el costo total de cada combustible se exhibe en la siguiente tabla:

**Cuadro 2.6. México. Participación de los combustibles en el costo total. %. 2018**

Combustible	%
Gas Natural	64.70%
Carbón	11.44%
Combustóleo	13.47%
Diésel	9.83%
Uranio	0.57%

**Fuente:** Elaboración propia con información de COPAR (2015), PIIRCE (2018), Anexo B del Acuerdo A/058/2017 y OBTREN MX.

Con la estructura estimada se procedió a asignar los costos de energía primaria en las submatrices de compra-venta de insumos domésticos e importados en la MNCS 2018. Para ello se identificaron los sectores de la matriz que están relacionados con el costo primario:

- ✚ 2121: *Minería de carbón mineral.*
- ✚ 324-326: *Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón; industria química e industria del plástico y del hule.*

Las transacciones intermedias domésticas e importadas entre el sector de minería de carbón (2121) y el 221 (antes de ser desagregado por tipo de tecnología) ascendieron en el 2018 a 7,467 y 13,747 millones de pesos respectivamente. Dichos montos se distribuyeron entre las centrales carboeléctricas (221111-2) y termoeléctricas convencionales (221111-3) con una participación de 95% y 5% respectivamente, de acuerdo con la información obtenida de la muestra proporcionada por el PIIRCE sobre el número de unidades eléctricas que emplean carbón.

Por su parte, en el sector 324-326 se asignaron los costos del gas natural, combustóleo, diésel y uranio con la participación reportada en el cuadro 2.6 pero excluyendo al carbón, cuyo costo se reportó en el sector 2121. La nueva estructura de asignación se muestra a continuación:

**Cuadro 2.7. México. Participación de los combustibles en el costo total excluyendo al carbón. %. 2018**

<b>Combustible</b>	<b>%</b>
Gas Natural	73.05%
Combustóleo	15.21%
Diésel	11.10%
Uranio	0.64%

**Fuente:** Elaboración propia con información de COPAR (2015), PIIRCE (2018), Anexo B del Acuerdo A/058/2017 y OBTREN MX.

Para realizar la asignación en la actividad 324-326 fue necesario precisar a través de los Balances Nacionales de Gas Natural, Combustóleo y Diésel del 2017<sup>61</sup>, el porcentaje de los combustible que tuvo como origen la producción doméstica y la parte que provino de importaciones. El 100% del uranio necesario para el funcionamiento de la central nucleoelectrónica Laguna Verde se obtiene del mercado externo. Por tanto, las participaciones quedaron conformadas de la siguiente manera:

**Cuadro 2.8. México. Origen doméstico e importado del Gas Natural, Combustóleo y Diésel. %. 2017**

Origen	Doméstico	Importado
Gas Natural	39%	61%
Combustóleo	85%	15%
Diésel	37%	63%
Uranio	0%	100%

**Fuente:** Elaboración propia con información de Prospectiva del Gas Natural 2018-2032 y Prospectiva del petróleo crudo y petrolíferos 2018-2032 de la Secretaría de Energía, SENER.

Las compras intermedias totales (domésticas más importadas) entre el sector 324-326 y 221 (antes de ser desagregado por tipo de tecnología) se reportaron en 89,239 millones de pesos en la Matriz Nacional de Contabilidad Social. Se hizo una distinción de este monto, ya que no todos los subsectores contenidos en él tenían relación con los costos primarios, de forma específica el 326 alusivo a la industria del plástico y del hule. Con base en la matriz de Insumo-Producto formato producto por producto del 2018 y en sus versiones origen doméstico e importado se estimaron estructuras sobre la participación que tiene cada subsector en el consumo intermedio del sector eléctrico.

---

<sup>61</sup> Información disponible más cercana al año de construcción de la Matriz Nacional de Contabilidad Social.

**Cuadro 2.9. México. Participación de los subsectores del sector 324-326 en las compras intermedias del sector eléctrico 221. %. 2018**

<b>Subsector</b>	<b>Estructura Doméstica</b>	<b>Estructura Importada</b>
324- Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.	67.0%	93.3%
325- Industria química.	32.7%	6.4%
326- Industria del plástico y del hule.	0.3%	0.3%
<b>324+325</b>	<b>99.7%</b>	<b>99.7%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información de las matrices de Insumo-Producto 2018 formato producto por producto en sus versiones Origen importado, Origen doméstico y Transacciones Totales.

Las proporciones se aplicaron a la cifra de la MNCS y la suma del subsector 324 y 325 se convirtió en el nuevo monto a asignar entre los cuatro combustibles considerados dentro de estas actividades. Las compras intermedias del 221 con la industria del plástico y del hule (326) se desagregaron usando las proporciones de 2/3 y 1/3 para la generación y transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica respectivamente. Y para dividir la generación por tipo de tecnología se aplicaron los porcentajes reportados en el Cuadro 2.4.

Una vez construida la información anterior se pudieron asignar los costos a las centrales. Para el gas natural se multiplicó la participación del combustible en el costo total -excluyendo al carbón- por el monto de compras intermedias entre 324-325 y 221 de la MNCS. La cifra resultante se desagregó en consumo doméstico e importado a través de las proporciones del Cuadro 2.8. Posteriormente se dividió por tipo de central, el 64.5% se repartió para las de ciclo combinado (código 221111-1 en la MNCS) y el 35.5% restantes para las termoeléctricas convencionales (221111-3), nuevamente haciendo uso de la muestra facilitada por el PIIRCE sobre el número de unidades eléctricas que emplean gas natural.

Para el caso del combustóleo y del diésel se siguió el mismo procedimiento que el gas natural, sin embargo, el 100% se asignó a las centrales convencionales

(221111-3), ya que de acuerdo con el PIIRCE las centrales que hacen uso de estos combustibles son las de combustión interna (combustóleo y diésel), termoeléctrica convencional (combustóleo) y turbogás (diésel), las cuales están contenidas en esa categoría dentro de la Matriz Nacional de Contabilidad Social.

Y para el uranio se multiplicó la participación del combustible por las compras intermedias de 324-325 y 221. Y el 100% se asignó al consumo importado en el sector 221119 de la MNCS referente a la generación de electricidad a partir de otro tipo de energía limpia, dónde se encuentra la central nucleoelectrica que opera en el SEN.

Una vez incorporados los costos primarios de energía en la MNCS, ésta se desbalanceó y para volver a garantizar su consistencia fue necesario aplicar a las matrices de compras intermedias domésticas e importadas el Método de ajuste biproportional (RAS) siguiendo la metodología descrita en Miller y Blair (2009). De forma específica se utilizó una versión modificada del método RAS, el cual consistió en tomar como fijos los datos del consumo primario de los subsectores del sector eléctrico estimados para la MNCS.

De acuerdo con la metodología del manual de Insumo-Producto de Naciones Unidas (1999), estas celdas no participaron en el proceso de ajuste. Su valor se restó de las restricciones de filas y columnas y dichas celdas se pusieron en cero en la matriz de referencia, constituyendo así, el punto de partida para el ajuste. Posteriormente, el procedimiento de ajuste RAS se llevó a cabo de forma normal y cuando se alcanzó una solución, el cero contenido en las celdas se sustituyó por el valor conocido, quedando equilibrada tanto en filas como en columnas la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

La Matriz Nacional de Contabilidad Social (MNCS), que será representada por ( $\bar{G}$ ), es una matriz particionada que muestra las transacciones económicas realizadas en la economía mexicana durante el 2018. Hasta este punto, la parte endógena estuvo integrada por 60 cuentas y el segmento exógeno por 8, resultando en una matriz de dimensión 68x68.

### 2.11 Desagregación de los Hogares en la MCS

Para darle el aspecto social a la Matriz de Contabilidad Nacional que se tomó como base para la construcción de la matriz  $\bar{G}$ , se incluyó una caracterización más detallada de los hogares. Este sector institucional se dividió en diez de acuerdo con su nivel de ingreso.

Los hogares reportados en la cuenta de utilización del ingreso se desagregaron en deciles, tanto en filas como en columnas para mantener el equilibrio contable de la matriz. Este nivel de detalle permite ver cómo el nivel de ingreso de los hogares influye en la distribución de las siguientes variables: consumo privado, impuestos sobre los productos de consumo privado, importaciones de consumo privado, compras de residentes en el extranjero, compras de no residentes en el país, ajuste por cambio en los derechos de pensiones, ahorro neto e ingreso disponible neto.

Para hacer la apertura por deciles de las variables enlistadas se utilizó la estructura contenida en la Matriz de Contabilidad Social publicada por el INEGI para el 2018 en la versión de demanda total a precios comprador. Las únicas excepciones fueron los impuestos sobre los productos de consumo privado y el consumo privado; para la primera variable se hizo uso de un documento de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que reporta la distribución del pago de impuestos por deciles de hogares para el año de estudio y para la segunda, la fuente de información fue el gasto trimestral por sector de actividad económica y por decil de hogar reportado en la ENIGH 2018.

La incorporación de los deciles en la MNCS produjo una matriz  $\bar{G}$  de dimensión  $77 \times 77$ , con 69 variables endógenas conformadas por las cuentas de producción; generación del ingreso; asignación del ingreso primario, excluyendo al gobierno; distribución secundaria del ingreso; utilización del ingreso, excluyendo al gobierno; cuenta capital y cuenta financiera. En la parte exógena de ocho componentes se consideraron las siguientes cuentas: variación de existencias; formación bruta de capital fijo; resto del mundo, incorporado por exportaciones/importaciones, cuenta

corriente y cuenta de capital; el papel del gobierno en la asignación del ingreso primario y en la utilización del ingreso y un ajuste por compatibilidad de fuentes.

Finalmente, la matriz resultante se utilizó para estimar las matrices de coeficientes directos (ecuación 2.4) y de coeficientes inversos. Además, se aplicó el modelo de producción expresado en la fórmula 2.7, resultando ser consistente, ya que reprodujo el vector columna de productos brutos de las cuentas consideradas como endógenas en  $\bar{G}$ .

### **2.12 Usos y aplicaciones de la Matriz de Contabilidad Social**

Los modelos multisectoriales elaborados a partir de las matrices de Insumo-Producto tienen la utilidad de recoger la interdependencia de los sectores productivos y su relación con la demanda final. Mientras que aquellos que toman como base las Matrices de Contabilidad Social incorporan todas las transacciones que se realizan entre los factores productivos y los componentes de la demanda final, ampliando con ello la información que ofrece el análisis interindustrial y completando el flujo circular de la renta en una matriz cuadrada (Cardenete y Fuentes, 2009).

La elaboración de MCS tiene dos propósitos principales. El primero es organizar la información disponible de un año sobre la estructura económica y social de un sistema económico, ya sea país, varios países, región, estado, ciudad o localidad, en forma de cuadro. Y el segundo propósito es la construcción de modelos multisectoriales aplicados, ya sea de multiplicadores o de Equilibrio General.

En lo referente a los multiplicadores contables, estos captan los efectos sobre la actividad económica que se generan durante el proceso del flujo circular del ingreso y gracias a su descomposición es posible cuantificar los efectos directos, indirectos y de retroalimentación. El análisis de multiplicadores tiene diversas aplicaciones empíricas, por ejemplo para realizar comparaciones entre regiones, analizar relaciones entre sectores de actividad productiva, captar la contribución de determinadas cuentas (sectores) en la estructura económica o en la generación de

ingreso, efectos de inyecciones exógenas sobre determinadas cuentas del sistema económico, entre otras.

En cuanto a los Modelos de Equilibrio General, estos son instrumentos de análisis de los fenómenos económicos y de las intervenciones públicas en la economía. Aportan un marco de visualización de las interrelaciones que existen entre variables y agentes, permitiendo calcular las consecuencias de un cambio en el escenario original donde operan dichos agentes y explicar así la nueva situación. Su propósito principal consiste en mejorar el conocimiento del sistema económico en general y de las medidas de intervención en particular (Cardenete, 2005). En el terreno empírico su construcción exige conocer el valor de todos los parámetros o variables exógenas del modelo, los cuales pueden obtenerse mediante estimaciones econométricas o a través el procedimiento de calibración (Cardenete y Llop, 2005). En gran parte de los modelos de equilibrio general los parámetros se calibran a partir de una representación adecuada del sistema económico, como lo es la Matriz de Contabilidad Social.

Estas tres metodologías han sido de gran utilidad para analizar diversos impactos relacionados con la energía y el medio ambiente, temas de interés en la presente investigación. En el siguiente cuadro se presenta una revisión de literatura nacional e internacional empleando los modelos de Insumo- Producto (I-O), Contabilidad Social (SAM) y Equilibrio General Computable (CGE).

Cuadro 2.10. Revisión Bibliográfica

Autor/es (Año)/Modelo	Ámbito Espacial/ Territorio	Resultados
<i>Fuentes (2006)</i> <i>IO</i>	<i>Regional/ Nuevo León</i>	El objetivo es cuantificar el efecto derrame causado en la entidad por el impacto negativo en el crecimiento económico y en la competitividad industrial que puede provocar la elevación de precios de los derivados petrolíferos, gas natural y electricidad en ciertos sectores productivos. La fuente de información utilizada fue la MIP de Nuevo León de 1998. El incremento de los precios energéticos afecta al sector manufacturero, principalmente a las actividades ligadas a la producción doméstica que son intensivas en electricidad y gas. Las alzas del gas natural, combustóleo y diésel afectan a las industrias de bienes duraderos como: metálicas básicas, vidrio y productos de minerales no metálicos como el cemento. Los sectores más sensibles a las variaciones en las tarifas de electricidad son: comercio, hoteles, restaurantes, textil, prendas de vestir e industrias de la madera. El aumento exógeno en los precios de los productos energéticos atenta contra la continuidad del crecimiento económico de Nuevo León, puesto que el estado tiene un perfil energético.
<i>Chen y Zhang (2010)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ China</i>	Se construye un inventario de GEI (conformado por CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O) para la economía china en 2007 y se asocia con un análisis Insumo-Producto para revelar las emisiones incorporadas en el consumo final y el comercio internacional. La emisión directa total de GEI estimada asciende a 7,456.12 toneladas de CO <sub>2e</sub> , con un 63.39% de CO <sub>2</sub> relacionado con la energía, un 22.31% de CO <sub>2</sub> no relacionado con la energía, un 11.15% de CH <sub>4</sub> y un 3.15% de N <sub>2</sub> O. Los responsables del 81.32% del total de las emisiones de GEI son los cinco sectores de producción y suministro de energía eléctrica/agua caliente y vapor, fundición y prensado de metales férricos y no férricos, minerales no metálicos, agricultura y extracción del carbón. China es un exportador neto de emisiones de GEI incorporadas, las cuales fueron calculadas en 3,060.18 toneladas de CO <sub>2e</sub> , representando el 41.04% de la emisión directa total.
<i>Lin, Lui y Lewis (2012)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ Taiwán</i>	Entre 1990 y 2009, la electricidad ha desempeñado un papel fundamental en la promoción del desarrollo industrial y el crecimiento económico de Taiwán. A través de una tabla I-O para 42 sectores se examinaron los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante entre varios sectores y la industria eléctrica en relación con sus emisiones de CO <sub>2</sub> . A partir de los resultados, se sugiere que, según los multiplicadores de CO <sub>2</sub> y los efectos de encadenamiento, la fibra artificial, los productos de carbón, el cemento y el transporte terrestre son los cuatro sectores más intensivos en CO <sub>2</sub> relacionados con el sector eléctrico en Taiwán. Cabe destacar que muchos sectores presentaron mayores emisiones indirectas de CO <sub>2</sub> que directas. Esta conclusión proporciona un punto de referencia para que los investigadores y las agencias gubernamentales relacionadas exploren las medidas de mitigación más apropiadas para la reducción de CO <sub>2</sub> y mejoren las prácticas medioambientales.
<i>Park (2013)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ Corea</i>	Para cuantificar el consumo directo, indirecto y total de energía de los hogares se utilizaron tablas I-O para los años: 1995, 2000, 2005, 2009 y 2010. Dichas matrices IO monetarias se transformaron en matrices IO energéticas, a través de precios promedio de energía, los cuales fueron calculados como la ratio entre el consumo de energía y el PIB. Se consideraron siete sectores energéticos: nafta, derivados del petróleo, otros productos derivados del petróleo, carbón, electricidad, gas y vapor y calor. El sector doméstico fue responsable de más del 55% del consumo total de energía en Corea durante el período analizado y más del 69% del consumo de energía de los hogares fue indirecto. El consumo de electricidad se convirtió en 2009 en la principal fuente de consumo de energía de los hogares en Corea, demostrando que consumen cada vez más bienes y servicios intensivos en esta fuente de energía, como un signo del aumento del nivel de vida. Sin embargo,

		en 2010, los hogares coreanos gastaron solo el 6.1% de sus ingresos para pagar facturas de servicios de energía y comprar gasolina, diésel y gas licuado de petróleo para sus automóviles; ya que este tipo de combustibles están altamente gravados por parte del gobierno. Empero, realizaron un alto consumo de energía indirecta debido a las bajas tasas impositivas que existen para los combustibles industriales.
<i>Livas-García (2015)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ México</i>	El principal objetivo del estudio fue estimar los requerimientos energéticos del país y conocer los cambios en el consumo de energía a través de un análisis estructural de Insumo-Producto para un periodo de 40 años (1970-2010). Se consideraron 14 fuentes de energía, entre las cuales destacaron el carbón, petróleo, gas natural, hidroenergía, coque de carbón, petróleo, gasolinas, gas seco y electricidad. El análisis de cambio estructural develó que la energía producida tuvo un crecimiento del 388% entre 1970 y 2010. Los combustibles de mayor peso tanto en producción como en consumo fueron el petróleo crudo y el gas natural, como consecuencia el sistema energético está fuertemente anclado a fuentes fósiles, altamente contaminantes. Y son las exportaciones de energía, los sectores económicos, el residencial y el transporte los principales consumidores. La relación del consumo directo e indirecto con respecto al consumo total ha cambiado de 70%-30% a 40%-60%, respectivamente. Se concluye que la principal causa de los cambios directos e indirectos en el consumo de energía lo provocó la producción de hidrocarburos en la década de los 70's.
<i>Muangthai, Lin y Lewis (2016)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ Tailandia</i>	El vital sector de la generación de electricidad contribuye sustancialmente a la emisión de CO <sub>2</sub> en Tailandia. En este estudio se han agregado 19 sectores relevantes, basados en las tablas I-O de los años 2000, 2005 y 2010, para investigar los vínculos interindustriales entre el sector eléctrico y otros sectores. Asimismo, se emplean multiplicadores de energía y de CO <sub>2</sub> para estimar las intensidades directas e indirectas durante 2010. Los resultados muestran que el sector de generación de electricidad tiene un alto efecto de encadenamiento hacia delante, pero un bajo multiplicador hacia atrás. Es decir, la industria eléctrica tiene una influencia significativa como fuente de insumos para otras actividades, pero tiene una baja capacidad para atraer la producción de otros sectores. Además, en 2010 fue la industria con mayor intensidad energética y por consecuencia la que generó la mayor cantidad de emisiones de CO <sub>2</sub> . Por su parte, la construcción, la maquinaria y otros sectores manufactureros exhibieron una alta intensidad energética y de emisiones indirecta.
<i>Beidari, Lin y Lewis (2017)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ Sudáfrica</i>	En este trabajo se ha analizado el consumo de energía y la emisión de CO <sub>2</sub> de 18 sectores industriales, y también se ha evaluado el consumo de energía directo e indirecto y las emisiones vinculadas a cambios en la demanda final de la economía de Sudáfrica. Para lograr este objetivo, se han empleado tablas de I-O de 1995, 2000, 2005, 2010 y 2012. Los datos revelaron que la industria eléctrica tiene una débil vinculación con otros sectores, lo que significa que es mayormente independiente de otras actividades. En otras palabras, no induce ni permite el crecimiento económico. Además, dos sectores, como el de la industria química y petroquímica y el de los metales básicos, resultaron ser sectores clave en la economía sudafricana en 1995, 2000 y 2012. Por su parte, el sector comercial y de servicios públicos fue el que exhibió el mayor multiplicador hacia adelante en el país africano. Las estimaciones también demostraron que el sector de la electricidad era el principal consumidor directo de energía y emisor de CO <sub>2</sub> , por lo tanto, es la fuente más dominante en términos de intensidades energéticas y de emisiones entre todas las actividades consideradas en el estudio.
<i>Lam et al. (2019)</i> <i>IO</i>	<i>Nacional/ Australia</i>	Realizaron un análisis Insumo-Producto medioambiental sobre el uso de la energía en Australia entre 2006 y 2015 para investigar la intensidad energética total de los sectores industriales, y el flujo de energía incorporada desde las fuentes de uso de la energía hasta el consumo final de los productos. Entre 2006 y 2015, la intensidad energética directa nacional se redujo en promedio un 2% anual. Casi todos los grupos sectoriales de la industria redujeron su intensidad energética total debido a la disminución de la intensidad energética directa de otros grupos

		sectoriales o dentro de ellos. A pesar de una ligera reducción del uso directo de energía per cápita en los hogares (3%), el uso indirecto de energía per cápita incorporado al consumo de productos básicos en los hogares aumentó un 7%. Dado que el uso indirecto de la energía en los hogares es más de tres veces superior al uso directo, la mejora de la eficiencia energética en el uso final debería tener en cuenta también la energía incorporada en los productos básicos.
<i>Manresa y Sancho (2004) SAM</i>	<i>Regional/ Cataluña</i>	Se estiman las intensidades energéticas sectoriales y las emisiones de CO <sub>2</sub> para la economía catalana. Para evaluar las intensidades energéticas, se utiliza el análisis de multiplicadores SAM. Las emisiones de CO <sub>2</sub> se estiman mediante el submodelo Insumo-Producto de Leontief, junto con una tabla de coeficientes de emisiones por unidad de gasto monetario. Los multiplicadores simples de energía mostraron que un aumento unitario en la demanda final requerirá que la producción de electricidad sea aproximadamente el doble que la producción de petróleo crudo y gas natural, cuatro veces mayor que la producción de gas, vapor y agua de calefacción y aproximadamente veinte veces la de carbón. Además, una ganancia del 10% en la eficiencia del uso de los insumos energéticos (coeficientes técnicos de energía) en el proceso de producción permitiría reducir las emisiones de forma agregada en 8.9%.
<i>Cardenete et al. (2008) SAM</i>	<i>Regional/ Andalucía</i>	En este artículo se estiman las intensidades energéticas y emisiones de CO <sub>2</sub> para la economía andaluza en el año 2000. Las intensidades energéticas de las ramas productivas se calculan en varios escenarios empleando un modelo SAM especificado con la Matriz de Contabilidad Social elaborada por los autores. Las emisiones se estiman con el modelo I-O, distinguiendo la polución intermedia de la originada por la demanda final. Los resultados destacan la importancia de las relaciones intersectoriales entre los propios sectores energéticos (extractivas energéticas, refinación de petróleo, electricidad, gas, agua caliente y vapor de agua) que los colocan en las primeras posiciones en cuanto a la magnitud de la intensidad energética. Además, al simular un incremento de los componentes de la demanda interior de un 5%, como ejemplo de crecimiento económico, implicaría un costo en términos de aumento de las emisiones totales de un 3.96%.
<i>Akkemik (2011) SAM</i>	<i>Nacional/ Turquía</i>	Las recientes reformas del sector eléctrico turco desde 2001 pretenden introducir un sistema de tarifas que refleje los costes. Se espera que esto afecte a los precios de producción y de consumo de la electricidad y que posteriormente, se reflejen en los costes de producción de otros segmentos de la economía. El impacto potencial de los cambios en los precios de la electricidad que provocarán las reformas en curso en Turquía puede tener importantes implicaciones en la formación de precios en las actividades económicas y en el coste de la vida de los hogares. Este trabajo evalúa los impactos potenciales de dichos cambios en los precios de la electricidad desde una perspectiva de modelización de precios de la SAM. Se constata que, sobre la base de los multiplicadores estimados, los precios de los sectores productores de energía, la minería y la fabricación de hierro y acero serían los más afectados en comparación con el resto de los sectores de la economía. Los precios al consumidor se ven ligeramente menos afectados que los dirigidos al productor.
<i>Cansino et al. (2012) IO y SAM</i>	<i>Nacional/ España</i>	El volumen de emisiones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nítrico) a la atmósfera generado por la actividad económica de España se calcula aplicando un modelo I-O. La investigación toma como punto de partida las Matrices de Contabilidad Social de España para los años 2002-2007, a partir de las cuales se obtienen los vectores de emisión para cada uno de estos años. Los resultados muestran que los sectores que emiten el mayor volumen de emisiones son energía eléctrica y calefacción, transporte y agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Los valores de los vectores de emisión disminuyeron en la mayoría de los sectores durante el periodo considerado, especialmente en lo que respecta al sector energía eléctrica y calefacción en el caso de la producción de dióxido de carbono. El sector agricultura, ganadería, silvicultura y pesca constituyó una excepción, ya que no se registró una tendencia a la disminución de las emisiones

		para ninguno de los gases. A partir de los vectores calculados, se estimó que la reducción del 20% de las emisiones de GEI que se exige a los países de la UE-27 para 2020 se logrará mediante el descenso de las emisiones de dióxido de carbono.
<i>Chang y Khoon (2013) SAM</i>	<i>Nacional/ Corea</i>	Esta investigación pretende descubrir la existencia de un considerable efecto inducido que el modelo I-O convencional no puede. En primer lugar, se construye una Matriz de Contabilidad Social medioambiental para Corea combinando estadísticas sobre el PIB e I-O con datos físicos sobre el consumo de energía fósil y las emisiones de CO <sub>2</sub> . Los impactos de las actividades productivas sobre el consumo y las emisiones se evaluaron calculando los multiplicadores de la SAM. Además, aplicando la técnica de descomposición, se obtienen los efectos directos, indirectos e inducidos de las actividades productivas por industria. La descomposición de la e-SAM muestra que mientras el efecto directo de la industria eléctrica es grande, su efecto indirecto es muy pequeño. En el caso de la industria primaria del metal -acero y hierro-, tanto la influencia directa como la indirecta son muy grandes. Por el contrario, para el sector terciario, el efecto inducido del consumo de energía fósil llegaba al 50% del efecto bruto.
<i>Fathurrahman, Kat y Soytaş (2017) SAM</i>	<i>Nacional/ Indonesia</i>	El objetivo principal de este estudio es estimar los impactos de los subsidios a los combustibles desde el punto de vista económico, social y medioambiental, y proponer opciones políticas para una reforma de los subsidios. Para ello, se emplea un modelo de Matriz de Contabilidad Social para simular el análisis de impacto. Se simulan escenarios que incluyen la reasignación de la subvención a otros sectores o a grupos de renta para conocer los impactos. Los resultados muestran que la reasignación de la subvención de los combustibles a otros sectores podrá aumentar positivamente el desarrollo económico general, aunque comprometiendo los aspectos medioambientales. En cambio, la reasignación directa de la subvención a los hogares con bajos ingresos frenará el desarrollo económico general, pero mostrará un efecto positivo para el bienestar social de Indonesia.
<i>Mardones y Brevis (2020) SAM</i>	<i>Nacional/ Chile</i>	En este estudio se construye una SAM con cuentas ambientales (SAMEA) para Chile a partir de las tablas Insumo-Producto de 2016, la encuesta socioeconómica de hogares, la encuesta de gasto, entre otras fuentes de información. La SAMEA tiene una alta desagregación del sector eléctrico que no está disponible actualmente en las cuentas nacionales. Se obtiene información complementaria sobre los costos de operación de los diferentes subsectores eléctricos (termoeléctrico, solar, eólico, hidroeléctrico y biomasa) de estudios nacionales e internacionales. Se calculan indicadores intersectoriales, multiplicadores contables y simulaciones de shocks (subvención a los subsectores de energías renovables no convencionales e impuestos medioambientales). Las conclusiones muestran que cada subsector eléctrico tiene una tecnología de producción y una intensidad de emisiones diferentes. Por tanto, las políticas energéticas y medioambientales simuladas con modelos intersectoriales que no desagregan el sector eléctrico producirían importantes sesgos en los resultados.
<i>Selçuk (2003) CGE</i>	<i>Nacional/ Turquía</i>	Explora los efectos económicos de la tributación ambiental empleando un CGE de la economía turca. Se aplicaron cinco escenarios con diferentes cantidades de impuestos sobre las emisiones de dióxido de azufre SO <sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> . Las mayores pérdidas de PIB causadas por los impuestos sobre las emisiones son del orden del 1.5% en comparación con el escenario base sin regulación. La aplicación de un impuesto sobre el azufre en lugar de un impuesto sobre las emisiones de SO <sub>2</sub> provocaría pérdidas en el producto de aproximadamente cuatro veces mayor. En cambio, los impuestos sobre las emisiones de NO <sub>x</sub> provocan un ligero aumento del PIB, esto se debe, en gran medida, al consumo de combustibles importados, esencialmente petróleo, en el sector del transporte. Bajo estos escenarios disminuyen las importaciones de petróleo y provocan un desplazamiento de sector transporte hacia otros, que incrementan sus exportaciones y contribuyen a reducir la brecha de comercio exterior.

<p><i>O’Ryan et al. (2005) CGE</i></p>	<p><i>Nacional/ Chile</i></p>	<p>Simularon los impactos de diferentes impuestos a las emisiones de las partículas PM<sub>10</sub>, dióxido de azufre SO<sub>2</sub> y dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> en la economía chilena. La principal fuente de información fue la MCS de Chile de 1996, elaborada con la matriz de insumo producto del mismo año. Los hallazgos indicaron que la elección del contaminante que se va a gravar es importante, ya que un impuesto sobre la emisión de PM<sub>10</sub> conduce a resultados ambientales superiores que gravar el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub>. De forma general, los impactos de estas políticas ambientales fueron moderados en las variables macro, las reducciones en el PIB real, consumo, exportaciones e importaciones rondarían en aproximadamente 1%. Sin embargo, a nivel sectorial los efectos son más pronunciados, debido a que la aplicación de los impuestos beneficiaría directamente a la industria eléctrica, ya que parte de la demanda del petróleo y gas se sustituye por electricidad. En contraste, los sectores de transporte, extracción de petróleo y gas y el refinado de petróleo son los que registrarían el mayor impacto negativo de las simulaciones.</p>
<p><i>Bravo (2009) CGE</i></p>	<p><i>Nacional/ México</i></p>	<p>Estima por medio de un CGE para la economía mexicana, los costos en el bienestar y en la eficiencia económica de gravar el consumo de combustibles fósiles con un impuesto, esto con el fin de disminuir la demanda del insumo y por ende la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera. Los bienes gravados fueron carbón y derivados, extracción de petróleo, refinación de petróleo y electricidad, gas y agua. El rango de los impuestos simulados fue de 10 a 50%. Los resultados conseguidos muestran que la efectividad en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es bastante alta, ya que podría lograrse una contracción de 5% en el total de emisiones si se gravan simultáneamente todos sectores energéticos y de hasta de 17% si se gravan con 50% a todos los sectores energéticos. A pesar de que se logra reducir las emisiones, la aplicación de los impuestos también tiene costos sociales, los cuales se traducen en una disminución del bienestar del consumidor y de la producción. La pérdida en bienestar cuando se gravan simultáneamente todos los sectores energéticos con 50%, es tres veces superior que cuando se les grava con el 10%. Además, el incremento en los precios de la energía reduce la demanda de energía y provoca una caída del PIB en México de cerca de 2.5%.</p>
<p><i>Cardenete et al. (2010) CGE</i></p>	<p><i>Regional/ Andalucía</i></p>	<p>Estimación del impacto económico regional del desarrollo de las energías renovables basadas en el uso de biomasa a través de un Modelo de Equilibrio General Aplicado, el cual fue construido en base a la información de la Matriz de Contabilidad Social del 2008 para Andalucía, España. De forma específica se cuantifica el impacto sobre la producción andaluza que provocaría una expansión de la capacidad de generación de energía a partir de la biomasa para uso térmico, para generación eléctrica y en plantas de co-combustión. Las simulaciones demostraron que de alcanzarse las metas planteadas en lo relativo a la capacidad de los tres tipos de tecnologías relacionadas con la biomasa, se generaría un aumento del 4.02% en la producción regional a la largo del periodo de vida útil de las plantas (20 años). Desde el punto de vista socioeconómico, las plantas de biomasa para uso térmico tendrían un impacto superior al resto de las tecnologías, ya que en estas se registrarían los mayores incrementos en las variables de empleo directo, indirecto e inducido, remuneraciones, EBO y recaudación impositiva.</p>
<p><i>Böhringer y Rutherford (2013) CGE</i></p>	<p><i>Nacional/ Polonia</i></p>	<p>Análisis del paquete climático y energético de la Unión Europea que busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 20% (en comparación con los niveles de emisión de 2005) para el 2020. De forma particular se aborda el caso de Polonia, debido a que su fuerte dependencia del carbón en su sistema energético dificulta la transición hacia un crecimiento económico bajo en emisiones. Para medir el costo económico emplearon un CGE. A través de las simulaciones numéricas se encontró que el cumplimiento de la meta induce un costo económico considerable para Polonia (una pérdida de ingresos reales de aproximadamente el 1% en comparación con el punto de referencia donde no se aplican regulaciones) que es notablemente más elevado -más del triple- que en el resto de la Unión Europea. Adicionalmente, los precios de la electricidad se elevarían en aproximadamente un 20% a causa de la gran dependencia del carbón que tiene el sector. En resumen, la</p>

		reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> del sector energético se llevaría a cabo mediante la disminución de la producción, la expansión de la producción de energía renovable y la sustitución del carbón por gas natural.
<i>Elizondo y Boyd (2016) CGE</i>	<i>Nacional/ México</i>	Estimaron el impacto en el PIB, producción sectorial, consumo y bienestar social de la aplicación de un subsidio a la producción de etanol a través de un modelo de Equilibrio General Computable para la economía mexicana. Subvencionar el etanol no tiene un impacto importante en la economía agregada, ni mejora el crecimiento económico. Por el contrario, afecta negativamente al PIB, provocándole una ligera disminución de 0.04%. Aunado a ello, la producción del biocombustible disminuye el refinado (-2.49%) debido a la llegada de un sustituto. El petróleo y el gas también se ven afectados negativamente (entre -1.11 y -1.03%), y el sector de los servicios sufre un pequeño descenso, ya que los pagos de subsidios hacen que haya menos fondos disponibles para que el gobierno adquiera los servicios. El modelo indicó que la expansión de los cultivos de etanol disminuye la tierra disponible para el ganado, y, como consecuencia, la producción ganadera disminuye en un 0.15%. Además, aunque la producción total de los cultivos aumenta, la parte que llega a la mesa disminuye. En respuesta a los altos precios, el consumo de alimentos disminuye un 0.03%, ya que se dedican más recursos de la tierra a la producción de etanol. Se concluye que la promoción pública del etanol no puede justificarse fácilmente en términos de bienestar social, PIB o seguridad energética.
<i>Vandyck et al. (2016) CGE</i>	<i>Multirregional/ Mundo</i>	Evaluación de las políticas de mitigación implícitas en las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC) y una política que probablemente contribuya a limitar el calentamiento global a 2°C. Para ello, combinaron un modelo de equilibrio parcial del sector energético y un CGE para la economía mundial. El impacto de los escenarios se refleja en un cambio en el nivel y composición del consumo de energía. La fijación del precio del carbono provocaría una caída de la demanda total de energía entre 4 y 10% en el 2030 y de 9-34% en el 2050. Aunado a ello, el aumento de los precios de los combustibles incentiva su sustitución por fuentes de energía con bajas emisiones de carbono. En las dos simulaciones se presenta una disminución de los GEI, en este rubro, una transformación del sector de generación de electricidad sería responsable de más de un tercio de las reducciones proyectadas para el 2030. Es decir, un alejamiento de los combustibles fósiles intensivos en emisiones es el principal impulsor de la reducción de emisiones dentro del sector energético.
<i>Bravo et al. (2017) CGE</i>	<i>Nacional/ México</i>	Evaluaron la eficacia de una política ambiental que promueve la sustitución de energías tradicionales o intensivas en el uso de combustibles fósiles por energías renovables mediante una política fiscal activa, utilizando un Modelo Estático de Equilibrio General Aplicado para la economía mexicana. La política fiscal se simuló a través de dos modalidades: la primera consistía en aplicar impuestos a las energías contaminantes de origen fósil, como la extracción de petróleo y gas y la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón y la segunda consistía en otorgar subsidios a la producción de energía limpia. En el escenario con rigidez en la sustitución técnica, el impuesto no resultó ser efectivo para lograr la sustitución de energías contaminantes por energías renovables, ya que la cantidad demandada de todas las energías desciende al aumentar sus precios relativos. Mientras que en el escenario que presenta flexibilidad en la sustitución técnica, la política impositiva resultó ser efectiva, ya que la economía es capaz de sustituir los insumos energéticos gravados al aumentar su precio relativo. De igual forma, la aplicación del subsidio bajo rigidez en la sustitución no es eficiente para reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> , en cambio bajo el escenario de flexibilidad, se recomiendan los subsidios para evitar que la economía sufra los efectos distorsionantes que provocan los impuestos a las energías convencionales.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.13 Resumen

- ✚ Una Matriz de Contabilidad Social (MCS) es una base de datos que recoge y organiza la información económica y social de las transacciones entre todos los agentes en un momento determinado del tiempo de forma clara, coherente y cerrada.
- ✚ Las MCS's han sido de gran utilidad para analizar temáticas vinculadas con el uso de la energía y su impacto en el medio ambiente, tal como se corroboró en la revisión bibliográfica, dónde se presenta evidencia para México y a nivel internacional.
- ✚ Para la construcción de la Matriz de Contabilidad Social Mexicana (MNCS) para el 2018 se emplearon las matrices de insumo producto, de contabilidad nacional y contabilidad social que fueron publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en abril del 2021.
- ✚ La MNCS quedó compuesta en su parte endógena por las siguientes cuentas:
  - Producción
  - Generación del ingreso
  - Asignación del ingreso primario
  - Distribución secundaria del ingreso
  - Utilización del ingreso
  - Capital
  - Financiera
- ✚ Los sectores institucionales se agregaron en cuatro categorías:
  - Empresas
  - Gobierno
  - Instituciones Financieras
  - Hogares
- ✚ Una vez conformada la MNCS se desagregó en sector de electricidad en dos actividades: generación y trasmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Para ello se utilizó la variable de producción bruta del Censo Económico 2019.
- ✚ Con el objetivo de reducir el sesgo de agregación, se dividió la generación en convencional y limpia. En la primer categoría se englobaron las centrales

de ciclo combinado, carboeléctrica y otras convencionales. Y en el segundo grupo, a las unidades que funcionan con energía hidráulica, solar, eólica y otras.

- ✚ A continuación, se incorporaron los costos primarios relacionados con el consumo de combustibles. La estimación se realizó a través de la metodología descrita en COPAR (2015) y de información de diversas fuentes como: PIIRCE 2018, PRODESEN 2018-2032, OBTREN MX y SENER.
- ✚ Finalmente, la matriz resultante quedó de una dimensión de 77x77, con 69 variables endógenas y 8 exógenas.

## CAPÍTULO 3

### ESTIMACIÓN DEL VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO NACIONAL Y DE EMISIONES DE CO<sub>2e</sub>

---

#### 3.1 Introducción

Una de las ventajas de la Matriz de Contabilidad Social es la posibilidad de mostrar el impacto de un shock externo en la economía a través de sus multiplicadores. Estos generan información de utilidad para los tomadores de decisiones políticas, ya que les permite comprender el proceso de ajuste económico ante diversos tipos de perturbaciones.

Dicha utilidad puede hacerse extensiva para el tema energético, objetivo al que se pretende contribuir con la presente investigación. Para lograrlo fue necesario estimar un vector que cuantificara el consumo de electricidad que realizaron los hogares y las actividades productivas nacionales durante el 2018. Adicionalmente se construyó un vector sobre las emisiones de CO<sub>2e</sub> asociadas a los patrones de consumo y producción de los agentes económicos analizados.

Las principales fuentes de información para la estimación de los vectores fueron el consumo de electricidad de los sectores finales (doméstico, comercial, servicios, agrícola e industrial) reportados en el PRODESEN 2019-2033 para el 2018, la ENIGH 2018, el Censo Económico 2019 y el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional para el cálculo de emisiones por consumo de electricidad para el año de estudio.

#### 3.2 Formulación energética

Para conocer los hogares y las actividades productivas que efectúan un mayor consumo en términos eléctricos y aquellos que son más sensibles ante un estímulo exógeno en la demanda final es necesario calcular en primera instancia un vector

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

que mida al mismo nivel de desagregación de la Matriz Nacional de Contabilidad Social, el uso de esta energía secundaria durante el 2018 en unidades físicas (GWh).

Las actividades productivas requieren de una determinada cantidad de electricidad para entregar un producto a la demanda final, esta engloba tanto la energía consumida directamente en el proceso de producción, como la energía indirecta, es decir, aquella que está incorporada en los insumos. El cálculo del requisito total de energía es el resultado de lo que se denomina análisis de proceso<sup>62</sup>, éste consiste en identificar un producto y compilar una lista de los bienes y servicios empleados en su generación.

El mismo razonamiento se extiende para los hogares, ya que estos demandan electricidad de forma directa en procesos como la calefacción y enfriamiento de la vivienda, iluminación, cocción de alimentos, calentamiento del agua, funcionamiento de electrodomésticos, entre otros. Y de forma indirecta en los bienes y servicios que consumen para satisfacer sus necesidades.

Para calcular en cuánto se modifica el consumo total -directo e indirecto- de energía eléctrica de las actividades productivas y deciles de hogares ante un cambio unitario en la demanda final, es decir, los multiplicadores totales, se puede seguir la formulación propuesta por Miller y Blair (2009):

$$\alpha = V(\hat{x})^{-1}(I - S)^{-1} \quad (3.1)$$

$$\alpha = V(\hat{x})^{-1}M \quad (3.2)$$

Dónde:

✚  $\alpha$ : *multiplicadores totales de consumo eléctrico.*

✚  $V$ : *vector de consumo eléctrico.*

✚  $(\hat{x})^{-1}$ : *inversa de la matriz diagonal de productos brutos.*

✚  $M$ : *inversa de la Matriz de Contabilidad Social.*

---

<sup>62</sup> Por ejemplo, la energía requerida en el montaje de automóviles sería un requerimiento de energía directa, mientras que la energía incorporada en los materiales utilizados en la planta de ensamblaje (neumáticos, motores, etc.) se clasificarían como energía indirecta.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

La ecuación para estimar los multiplicadores de consumo directo de electricidad es la siguiente:

$$\delta = V(\hat{x})^{-1}S \quad (3.3)$$

Dónde:

✚  $\delta$ : *multiplicadores directos de consumo eléctrico.*

✚  $S$ : *matriz de coeficientes directos de la MCS.*

Los multiplicadores indirectos de energía eléctrica se obtienen de restar los multiplicadores directos -ecuación 3.3- de los totales -ecuación 3.2-:

$$\sigma = \alpha - \delta \quad (3.4)$$

Dónde:

✚  $\sigma$ : *multiplicadores indirectos de consumo eléctrico.*

Por ende, dado que se contaba con las matrices  $S$ ,  $M$  y  $(\hat{x})^{-1}$ , se procedió a construir el vector de consumo eléctrico nacional del 2018 -el cual será denotado como  $V_{GWh}$ - para estimar  $\alpha$ ,  $\delta$  y  $\sigma$ . Debido a que los patrones de producción y consumo de los agentes económicos tiene una repercusión directa en la cantidad de gases de efecto invernadero que se liberan a la atmósfera, resulta conveniente elaborar un vector de emisiones de  $CO_{2e}$  asociadas a la demanda de electricidad, este será representado por  $V_{TonCO_{2e}}$ .

En resumen, los vectores se pueden expresar de la siguiente forma:

✚ Vector de consumo eléctrico. Unidad de medida: GWh.

$V_{GWh}$ : *Consumo de energía eléctrica de las actividades productivas y deciles de hogares*

$$V_{GWh} = V_{GWh_{ap}} + V_{GWh_h} \quad (3.5)$$

✚ Vector de emisiones. Unidad de medida: Toneladas de  $CO_{2e}$ .

$V_{TonCO_{2e}}$ : *Emisiones de  $CO_{2e}$  de las actividades productivas y deciles de hogares*

$$V_{GWh} = V_{TonCO_{2e_{ap}}} + V_{TonCO_{2e_h}} \quad (3.6)$$

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

Y la estimación de los vectores permitirá obtener distintos tipos de multiplicadores:

### **Multiplicadores de Consumo Eléctrico Totales, Directos e Indirectos:**

*Ante un cambio unitario en la demanda final, ¿En cuánto se modificaría el consumo de energía eléctrica total, directo e indirecto en GWh?*

### **Multiplicadores de Emisiones de CO<sub>2e</sub> Totales, Directas e Indirectas:**

*Ante un cambio unitario en la demanda final, ¿En cuánto se modificarían las emisiones de CO<sub>2e</sub> totales, directas e indirectas en Toneladas de CO<sub>2e</sub>?*

### **3.3 Procedimiento de estimación de los vectores de consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2e</sub> asociadas**

A continuación, se describe el procedimiento empleado para la construcción de los vectores de consumo eléctrico y de emisiones de CO<sub>2e</sub> para México durante el 2018.

#### **3.3.1 Vector de Consumo Eléctrico: $V_{GWh}$**

Para conformar el vector se estimará el consumo de electricidad que efectúa cada uno de sus componentes, las actividades productivas y los hogares (véase Ecuación 3.5). La variable empleada para la estimación es el *consumo final de electricidad*, la cual hace referencia a la energía empleada por los diferentes usuarios de la industria eléctrica -Usuarios del Suministro Básico<sup>63</sup>, Usuarios del Suministro Calificado<sup>64</sup> y autoabastecimiento remoto<sup>65</sup>-. La información se agrupa en seis sectores:

---

<sup>63</sup> Usuario final que adquiere el Suministro Básico -se provee bajo regulación tarifaria a cualquier persona que lo solicite que no sea Usuario Calificado-.

<sup>64</sup> Usuario final que cuenta con registro ante la CRE para adquirir el Suministro Eléctrico como Participante del Mercado o mediante un Suministrador de Servicios Calificados -se provee en un régimen de competencia a los Usuarios Calificados-.

<sup>65</sup> Es el suministro de los requerimientos de energía eléctrica de los miembros de una sociedad de particulares mediante una central generadora propia. Se entiende como la generación de energía eléctrica para fines de autoconsumo siempre y cuando dicha energía se destine a satisfacer las necesidades de personas físicas o morales y no resulte inconveniente para el país.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

 Residencial.

 Servicios.

 Empresa Mediana.

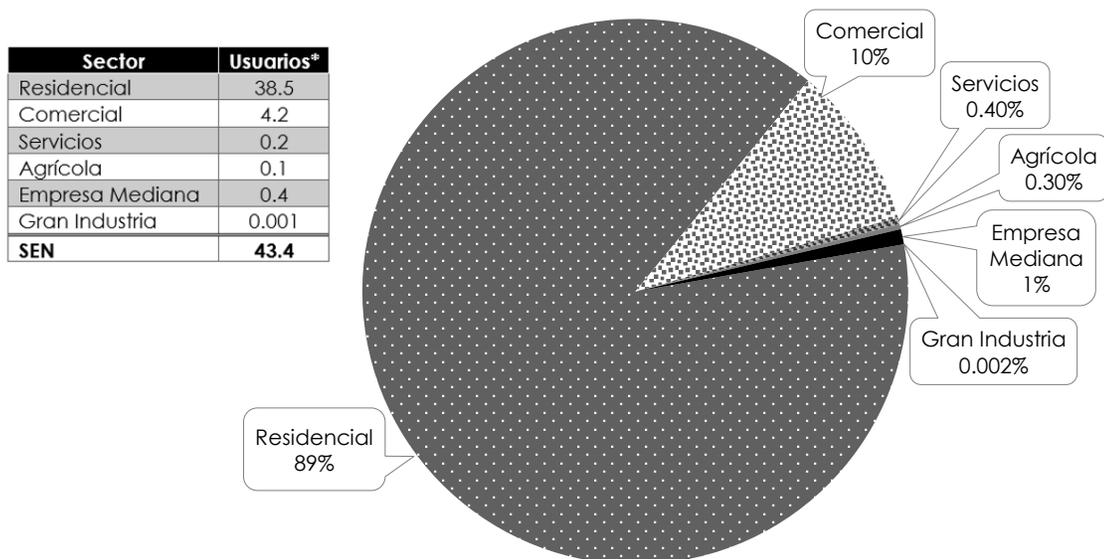
 Comercial.

 Agrícola.

 Gran Industria.

A nivel nacional, durante el 2018 el número de usuarios totales ascendió a 43.4 millones, representando un incremento de 2.7% respecto a los 42.2 millones contabilizados en el año previo.

**Gráfica 3.1. México: Participación de los sectores de consumo final en los usuarios del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). %. 2018**

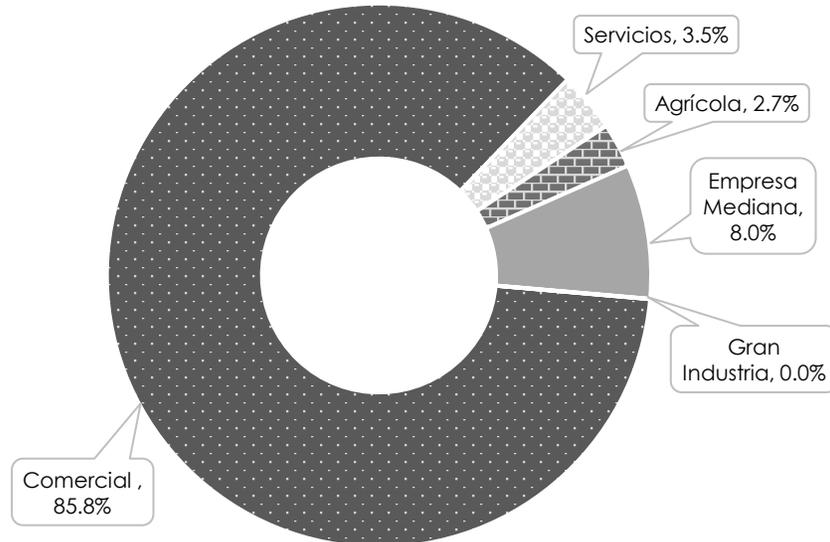


**Fuente:** Elaboración propia con información de PRODESEN 2019-2033. \*La variable se reporta en millones de usuarios.

El sector doméstico o residencial fue el que aglomeró la mayor parte de usuarios del Sector Eléctrico Mexicano con el 88.7%, es decir, aproximadamente 38.5 millones de clientes. Por su parte, las actividades productivas -engloban a los sectores comercial, agrícola, servicios, empresa mediana y gran industria- agruparon a 4.9 millones de usuarios en conjunto, representado el 11.3% del total contabilizado en 2018. Dentro de este subconjunto, el sector comercial acaparó casi el 86% del total de clientes productivos, seguido por la mediana empresa, servicios y agrícola (véase Gráfica 3.2). En el caso de la gran industria, esta solo participó con el 0.02% de clientes.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

Gráfica 3.2. México: Participación de los sectores de consumo final en los usuarios de actividades productivas del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). %. 2018



Fuente: Elaboración propia con información de PRODESEN 2019-2033.

En lo relacionado con la variable de interés, el consumo final total del SEN en 2018 se reportó en 268,811 GWh. El sector doméstico o residencial se ubicó en el segundo puesto en orden importancia al consumir el 23.7% del total nacional, siendo equivalente a **63,574 GWh**.

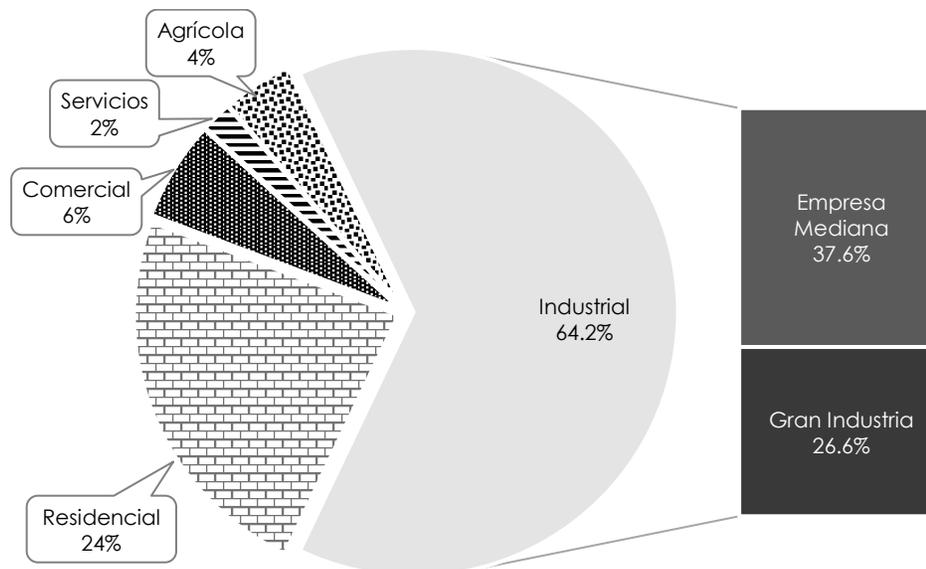
Las actividades productivas contribuyeron con el 76.4% del consumo, es decir, **205,237 GWh**. Y dentro de ellas, el sector que demandó la mayor cantidad de energía eléctrica para su funcionamiento fue el industrial con el 64.2% del total nacional, siendo la empresa mediana responsable del 37.6% y la gran industria del 26.6% restante. El porcentaje de consumo de los sectores comercial, agrícola y servicios fue de 6.1, 4.3 y 1.9 respectivamente (véase Gráfica 3.3).

Las cifras mencionadas anteriormente -resaltadas en negritas-, serán las que integrarán el vector de consumo y posteriormente serán desagregadas en deciles y en 42 actividades, respectivamente.

$$V_{GWh} = V_{GWh_{ap}} + V_{GWh_h} = 205,237 + 63,574 = 268,811 \text{ GWh} \quad (3.7)$$

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

**Gráfica 3.3. México: Participación de los sectores en el consumo final de energía eléctrica. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PRODESEN 2019-2033.

### 3.3.1.1 Consumo de energía eléctrica de los deciles de hogares: $V_{GWh_h}$

El consumo doméstico de electricidad se distribuye entre las tarifas que la Comisión Federal de Electricidad agrupa en esta categoría y que se exhiben en el Cuadro 3.1. Por ende, el vector de consumo doméstico queda integrado por:

$$V_{GWh_h} = 1_{GWh_h} + 1A_{GWh_h} + 1B_{GWh_h} + 1C_{GWh_h} + 1D_{GWh_h} + 1E_{GWh_h} + 1F_{GWh_h} + DAC_{GWh_h} = 63,574 \text{ GWh} \quad (3.8)$$

**Cuadro 3.1. México: Tarifas domésticas. 2018**

<b>TARIFAS DOMÉSTICAS</b>	
<b>1</b>	Doméstico
<b>1A</b>	Doméstico con temperatura media mínima en verano de 25
<b>1B</b>	Doméstico con temperatura media mínima en verano de 28
<b>1C</b>	Doméstico con temperatura media mínima en verano de 30
<b>1D</b>	Doméstico con temperatura media mínima en verano de 31
<b>1E</b>	Doméstico con temperatura media mínima en verano de 32
<b>1F</b>	Doméstico con temperatura media mínima en verano de 33
<b>DAC</b>	Doméstico alto consumo

**Fuente:** Elaboración propia con información de CFE.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

Las tarifas domésticas o residenciales son ocho y están en función de las temperaturas medias mínimas que se presentan en verano en el país. En cada una de las siete primeras tarifas (1 a 1F) el precio incrementa de acuerdo con los bloques de consumo de energía eléctrica. El tamaño de los bloques y los precios marginales de las tarifas difieren en las temporadas de verano e invierno. Cada tarifa cuenta con 3 o 4 bloques, denotados por  $b$  y clasificados en: consumo básico, intermedio, intermedio bajo, intermedio alto y excedente. Dichos bloques tienen un rango o intervalo de consumo de electricidad, expresados por  $b_b$  y medidos en kWh (véase Cuadro 3.2).

El consumo mensual de cada usuario (hogar) se asigna al bloque cero ( $b_0$ ) de la tarifa en la que ha sido clasificado, donde el precio marginal es el más bajo ( $p_0$ ). Si el usuario excede el umbral, el consumo adicional se cargará a un precio mayor correspondiente al primer bloque ( $p_1$ ) y así sucesivamente hasta el bloque tres. A medida que el consumo mensual incrementa, el consumo excedente es asignado a los bloques más caros.

**Cuadro 3.2. México: Bloques y precios por tarifa doméstica. Temporada de Verano 2018**

Tarifa	1	1A	1B	1C	1D	1E	1F
$b_0$	<i>Básico</i> 1-75	<i>Básico</i> 1-100	<i>Básico</i> 1-125	<i>Básico</i> 1-150.	<i>Básico</i> 1-175	<i>Básico</i> 1-300	<i>Básico</i> 1-300
$p_0$	75 (kWh) 0.793 (\$)	100 0.697	125 0.697	150 0.697	175 0.697	300 0.583	300 0.583
$b_1$	<i>Intermedio</i> 76-140	<i>Intermedio</i> 101-150	<i>Intermedio</i> 126-225	<i>Intermedio</i> <i>bajo</i> 151-300	<i>Intermedio</i> <i>bajo</i> 176-400	<i>Intermedio</i> <i>bajo</i> 301-750	<i>Intermedio</i> <i>bajo</i> 301-1,200
$p_1$	65 0.956	50 0.822	100 0.822	150 0.822	225 0.822	400 0.726	900 0.726
$b_2$	<i>Excedente</i>	<i>Excedente</i>	<i>Excedente</i>	<i>Intermedio</i> <i>alto</i> 301-450	<i>Intermedio</i> <i>alto</i> 401-600	<i>Intermedio</i> <i>alto</i> 751-900	<i>Intermedio</i> <i>alto</i> 1,201-2,500
$p_2$	2.802	2.802	2.802	150 1.05	200 1.05	150 0.948	1,300 1.768
$b_3$				<i>Excedente</i>	<i>Excedente</i>	<i>Excedente</i>	<i>Excedente</i>
$p_3$				2.802	2.802	2.802	2.802
<b>DAC</b>	>250 kWh	>300 kWh	>400 kWh	>850 kWh	>1,000 kWh	>2,000 kWh	>2,500 kWh

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE. Precios de la Temporada de Verano 2018.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses excede el umbral de consumo de una tarifa específica, los hogares son reclasificados a la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo con la localidad donde se encuentra ubicado.

Los usuarios de DAC pagan una tarifa en dos partes, la cual se compone de un cargo fijo y de un precio marginal uniforme (cuota por energía consumida), el cual es aplicable a cualquier nivel de consumo registrado y es sustancialmente más caro que las tarifas en bloque mencionadas anteriormente. Los límites para la aplicación de la tarifa DAC se muestran en el Cuadro 3.3, el cargo fijo por mes fue de \$103.78 y para la cuota por energía consumida se aplicó un valor de \$4.59<sup>66</sup>.

**Cuadro 3.3. México: Límites para la aplicación de la Tarifa DAC. kWh. 2018**

Tarifa	Límite
Tarifa 1:	250 kWh/mes
Tarifa 1A:	300 kWh/mes
Tarifa 1B:	400 kWh/mes
Tarifa 1C:	850 kWh/mes
Tarifa 1D:	1,000 kWh/mes
Tarifa 1E:	2,000 kWh/mes
Tarifa 1F:	2,500 kWh/mes

**Fuente:** Elaboración propia con datos de CFE.

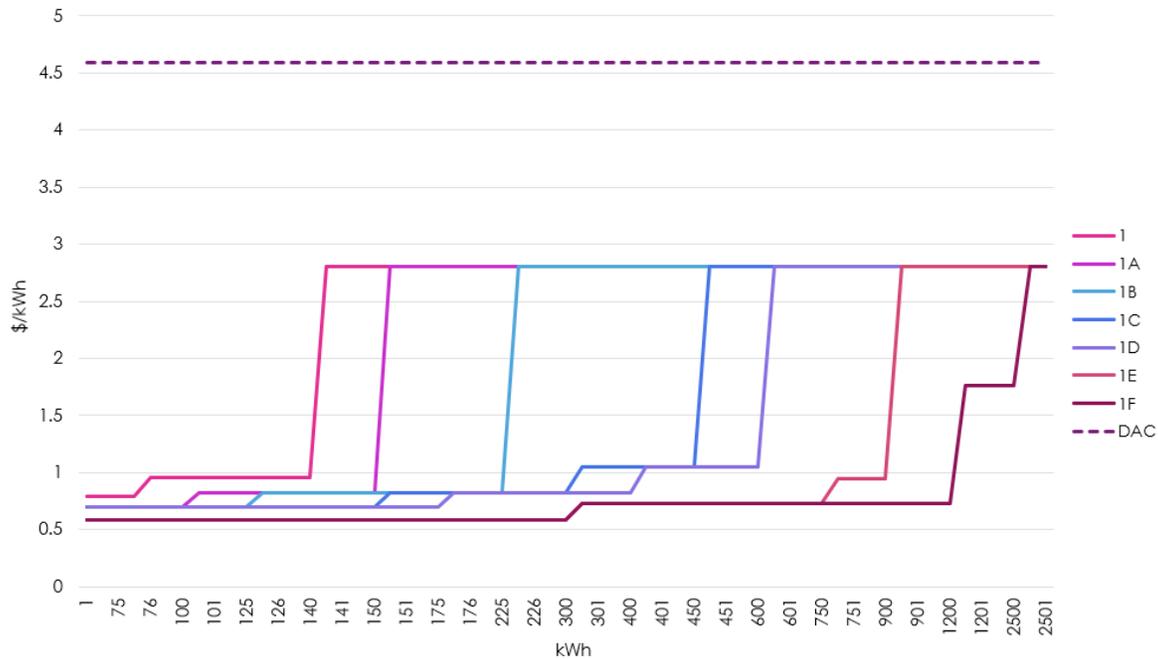
En la Figura 3.1, se muestran el comportamiento de las tarifas domésticas a nivel nacional. En el eje de las abscisas se presentan los límites o umbrales de cada bloque, medidos en kWh, mientras que en el eje de las ordenadas se exhibe el precio por cada kWh de electricidad consumido.

Se puede observar cómo, a medida que el consumo sobrepasa el umbral de un bloque, se produce un escalón, a partir del cual el consumo se cobra a un precio más alto y así sucesivamente hasta agotar los bloques de cada tarifa. Por su parte, la tarifa DAC es lineal, cobrándose la misma cuota por la energía consumida.

---

<sup>66</sup> Promedio anual de las temporadas de verano e invierno de las ocho regiones (Baja California, Baja California Sur, Central, Noroeste, Norte, Noreste, Sur y Peninsular) que consideró la Tarifa DAC para el 2018.

**Figura 3.1. México: Tarifas Domésticas. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de CFE. Precios de la Temporada de Verano del 2018.

Para la apertura por deciles de la cifra reportada en la Ecuación 3.8, se realizó un proceso de Facturación Inversa, el cual consistió en derivar el consumo de energía eléctrica de los hogares a través del gasto reportado en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del 2018 en la variable R001.

### ENIGH 2018

El primer paso consistió en trabajar la ENIGH 2018 a fin de generar una base de datos apropiada para aplicar la facturación inversa. El procedimiento que se siguió se relata a continuación:

- ✚ Se empleó la base de datos “GastosHogar” que contiene los gastos monetarios y no monetarios que realizó un determinado hogar en el periodo de referencia, dentro de ella se seleccionó la variable “R001”, la cual hace referencia al gasto en recibo de energía eléctrica. El número de hogares que se conservaron fueron 67,597.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

- ✚ En la base “GastosPersona” se aplicó el mismo criterio que a la base anterior, obteniéndose 246 observaciones con presencia de la variable “R001”, las cuales se adicionaron a los hogares resultantes de la primera depuración, quedando como resultado 67,846.
- ✚ Las características de las viviendas en las que habitan los encuestados se obtuvieron de la base “Vivienda”, de forma específica se trabajó con la variable que mide la disponibilidad eléctrica (disp\_elect). Dicha información se fusionó con la resultante de las bases “GastosHogar” y “GastosPersona” y se le denominó “Gasto en Recibo de Luz”, contando con 67,846 observaciones. Algunos criterios aplicados a la base “Gasto en Recibo de Luz” fueron los siguientes:
  - a) De los 67,846 datos se eliminaron 38, ya que estos presentaron un valor de 5 en la variable de dips\_elect, revelando que esos hogares no tenían acceso al servicio de electricidad.
  - b) Se desecharon 6,619 hogares cuyo número de meses pagados fue diferente de dos, es decir, solo se consideraron a aquellos cuyo pago fue bimestral. Para esto se empleó la variable de num\_meses: Meses pagados que contabiliza el número de meses que abarca el recibo en cuestión.
  - c) Adicionalmente, se identificó el año en el que se pagó el recibo a través de la variable ultim\_pago: Fecha (mes y año). Se consideraron solo los pagos correspondientes al año 2018 -año de construcción de la Matriz de Contabilidad Social Nacional-. Se eliminaron 302 observaciones, restando un total de 60, 884 hogares después de aplicar los criterios de selección.
  - d) Con la variable ultim\_pago también se identificó el mes de pago de los recibos, con el objetivo de seleccionar que tipo de tarifas se emplearían (verano o invierno). Como se muestra en la Anexo 17, el 75.81% de los pagos se efectuaron en los meses de verano (junio- septiembre), es por ello, que se aplicaron las tarifas de verano para la derivación del consumo eléctrico.
- ✚ Una vez depurada la base “Gasto en Recibo de Luz”, se realizó un emparejamiento con los municipios que existen a nivel nacional (2,456 municipios). De esta forma cada hogar quedó asignado al municipio que

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

pertenece y se le pudo atribuir una determinada tarifa doméstica, de acuerdo con la información de usuarios por municipio de la CFE para el 2018.

- ✚ Para la asignación de las tarifas residenciales a cada uno de los hogares se tomó aquella cuyo porcentaje de usuarios fuera mayor al 70%. Y en los hogares donde ninguna de las tarifas superó esta cifra, se eligió la más cara. Se eliminaron 13 municipios que presentaron la tarifa 9N, referente al riego agrícola y no al consumo doméstico, conservándose finalmente 60,871 observaciones en la base.
- ✚ Después de asignar una tarifa doméstica a cada hogar, se hizo el emparejamiento con la información específica a cada una de dichas tarifas (amplitud del bloque:  $b_b$ , precios por bloque:  $p_b$ , límite para la aplicación de la tarifa DAC:  $b_{DAC}$ , cargo fijo mensual:  $cfm_{DAC}$  y cuota por energía consumida:  $cuot_{DAC}$ ) mostrada en el Cuadro 3.2, pero multiplicadas por dos, ya que como se mencionó anteriormente, el análisis se realizó bimestralmente. La incorporación de esta información fue necesaria para realizar el proceso de facturación inversa.
- ✚ Finalmente, por medio de la base “ConcentradoHogar”, se construyó el decil de ingreso empleando las variables de ingreso corriente, estimación del alquiler y remuneraciones en especie. Posteriormente se le asignó a cada hogar su decil de ingreso con el objetivo de obtener la participación de cada uno de estos en el consumo de energía eléctrica. Además, se conservó el factor de expansión, este constituye el peso que se le da a cada unidad muestral para generalizar los resultados de la muestra a la población (ENIGH 2018, 2019) y que se utilizó posteriormente para hacer inferencias.

### Facturación Inversa

Una vez construida la base de gasto en electricidad y asignadas las tarifas domésticas y los deciles a cada uno de los hogares, se obtuvo el gasto monetario en cada bloque de consumo, empleando la siguiente formulación:

$$e^0 = \begin{cases} e^h, & \text{si: } e^h < b_0 p_0 \\ b_0 p_0, & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (3.9)$$

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

$$e^1 = \begin{cases} e^h - e^0, & \text{si: } e^h - e^0 \leq b_1 p_1 \\ b_1 p_1, & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (3.10)$$

$$e^2 = \begin{cases} e^h - e^1 - e^0, & \text{si: } e^h - e^1 - e^0 \leq b_2 p_2 \\ b_2 p_2, & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$e^3 = \begin{cases} e^h - e^2 - e^1 - e^0, & \text{si: } e^h - e^2 - e^1 - e^0 \leq b_3 p_3 \\ b_3 p_3, & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (3.12)$$

Dónde:

✚  $e^h$  = *gasto total de los hogares en electricidad (sin iva).*

Unidad de medida: Pesos (\$). Fuente de información: gasto en recibo de energía eléctrica que reportó la ENIGH 2018 para los hogares. A dicha variable se le descontó el IVA, dividiendo el gasto entre 1.16.

✚  $e^b$  = *gasto en los bloques b.*

Variable que se pretende derivar a través del gasto ( $e^h$ ). Unidad de medida: Pesos (\$).

✚  $b_b$  = *rango o intervalo de consumo eléctrico por bloque. Unidad de medida: kWh*

✚  $p_b$  = *precio por bloque de consumo eléctrico. Unidad de medida: Pesos (\$)*

Posteriormente, se derivó el consumo por bloque en kWh y por decil de hogar. Para ello, se siguieron las siguientes ecuaciones:

$$x_0 = \frac{e^0}{p_0} = \text{consumo de energía eléctrica en el bloque 0 (kWh)} \quad (3.13)$$

$$x_1 = \frac{e^1}{p_1} = \text{consumo de energía eléctrica en el bloque 1 (kWh)} \quad (3.14)$$

$$x_2 = \frac{e^2}{p_2} = \text{consumo de energía eléctrica en el bloque 2 (kWh)} \quad (3.15)$$

$$x_3 = \frac{e^3}{p_3} = \text{consumo de energía eléctrica en el bloque 3 (kWh)} \quad (3.16)$$

$$x = x_0 + x_1 + x_2 + x_3 = \text{Consumo total de energía eléctrica por tarifa} \quad (3.17)$$

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

Dónde:

$x = \text{consumo eléctrico. Unidad de medida: kWh.}$

$x = \text{Variable tomada como referencia para calcular la estructura de consumo eléctrico}$

En seguida, se identificó si el consumo total de electricidad (kWh) superaba al límite específico para cada tarifa residencial (véase Cuadro 3.2), con el propósito de identificar los usuarios DAC. De ser clasificado en esa tarifa, el gasto sin IVA se dividió entre la cuota de energía consumida más el costo fijo mensual multiplicado por dos (análisis bimestral). Una vez distinguidos los usuarios DAC, la distribución de los hogares por tarifa residencial quedó conformada de la siguiente forma:

**Cuadro 3.4. México: Distribución de las tarifas domésticas entre los hogares. 2018**

Tarifa	Hogares	%
1	23,485	38.6%
1A	5,494	9.0%
1B	8,604	14.1%
1C	8,629	14.2%
1D	2,983	4.9%
1E	2,698	4.4%
1F	1,796	3.0%
DAC	7,182	11.8%
<b>Total</b>	<b>60,871</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos de la ENIGH 2018.

Al 39% de los hogares a nivel nacional se les asignó la tarifa 1, seguida por la 1B y 1C, cada una con 14%. Por su parte, el 12% de los usuarios domésticos fueron clasificados en alto consumo. El resto de las tarifas aglomeraron el 21% y dentro de estas, la de menor relevancia fue la 1F con menos del 3%, ya que solo tiene presencia en el noroeste del país.

### Estructura de Consumo

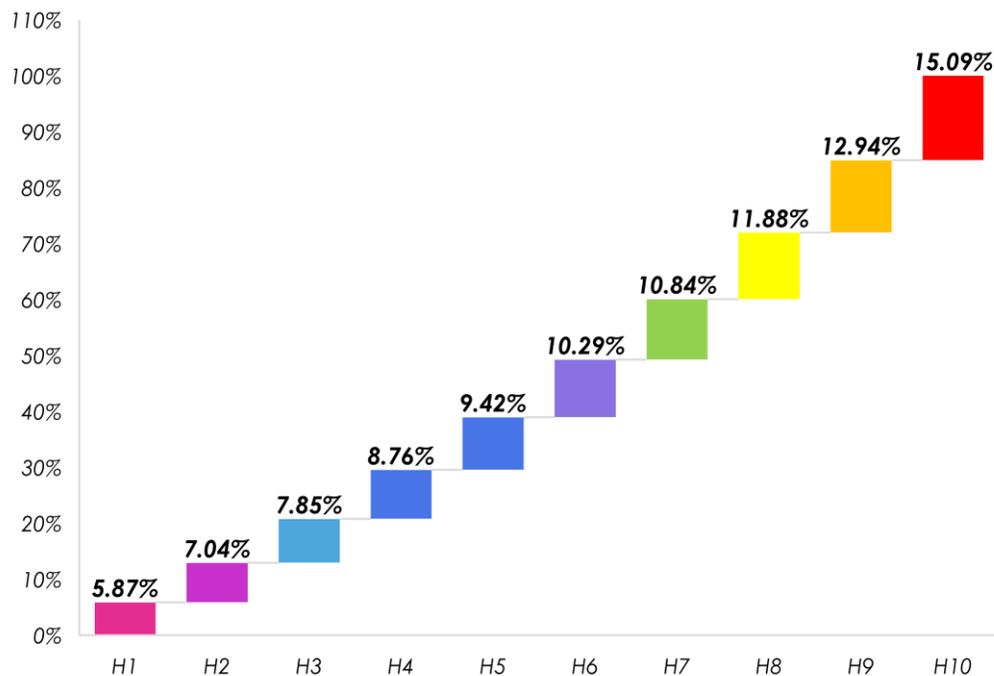
Finalmente, por medio del proceso de facturación inversa realizado con datos de la ENIGH 2018, se obtuvo la participación de los deciles en el consumo eléctrico (kWh) nacional.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

En la Gráfica 3.4, se muestra la estructura por decil de hogar a nivel nacional. El decil que efectuó el menor consumo de electricidad fue el 1 con 5.87%, debido a su bajo nivel de ingresos. En conjunto, los tres deciles con menor capacidad adquisitiva (1, 2 y 3) agruparon solo el 20.76% del consumo en México. En cambio, los deciles más acaudalados (8, 9 y 10) concentraron el 39.92%, es decir, casi el doble respecto al primer grupo.

*A nivel nacional se observa que, a medida que se transita hacia los deciles con mayor nivel de ingreso, mayor es la participación de estos en el consumo de energía eléctrica en el 2018.*

**Gráfica 3.4. México: Estructura de consumo eléctrico por deciles de hogar. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de la ENIGH 2018.

### Consumo de energía eléctrica por deciles de hogar

La estructura por deciles de hogar mostrada en la Figura 3.2 para México se aplicó al monto de consumo doméstico (GWh) de la Ecuación 3.8.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

**Cuadro 3.5. México: Consumo doméstico por deciles de hogar. GWh. 2018.**

Decil	Consumo Nacional (GWh)
1	<b>3,735</b>
2	<b>4,477</b>
3	<b>4,989</b>
4	5,570
5	5,989
6	6,542
7	6,894
8	7,553
9	8,229
10	9,595
<b>TOTAL</b>	<b>63,574</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del PRODESEN 2019-2033, CFE y ENIGH 2018. Nota: se resaltan los tres deciles con menores ventas domésticas en negritas y los tres con las ventas más altas en color gris.

### 3.3.1.2 Consumo de energía eléctrica de las actividades productivas:

$$V_{GWh_{ap}}$$

Para obtener el consumo productivo de electricidad se sumaron cuatro tarifas que la CFE clasifica como comercial, servicios, agrícola e industrial<sup>67</sup>. El desglose de las tarifas se encuentra en el Anexo 18. El vector de consumo productivo queda compuesto de la siguiente forma:

$$V_{GWh_{ap}} = \textit{Tarifa Comercial} + \textit{Tarifa Servicios} + \textit{Tarifa Agrícola} + \textit{Tarifa industrial} = 205,237 \textit{ GWh} \quad (3.18)$$

La ecuación (3.18) se compone de trece tarifas (véase Anexo 18):

$$V_{GWh_{ap}} = PDBT_{GWh_{ap}} + GDBT_{GWh_{ap}} + APBT_{GWh_{ap}} + APMT_{GWh_{ap}} + RABT_{GWh_{ap}} + RAMT_{GWh_{ap}} + 9CU_{GWh_{ap}} + 9N_{GWh_{ap}} + EA_{GWh_{ap}} + GDMTO_{GWh_{ap}} + GDMTH_{GWh_{ap}} + DIST_{GWh_{ap}} + DIT_{GWh_{ap}} = 205,237 \textit{ GWh} \quad (3.19)$$

<sup>67</sup> Las tarifas industriales están en función del tamaño de la empresa o establecimiento y voltaje o potencia con la cual se transmite la energía.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

---

El monto de la Ecuación 3.18 es necesario abrirlo al nivel de desagregación de la cuenta de producción de la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018, es decir, 42 actividades productivas. Para obtener una estructura se realizó un proceso de Facturación Inversa que consistió en derivar el consumo a través del gasto en electricidad realizado en el 2018 por las unidades económicas. La fuente de información fue el Censo Económico 2019 de INEGI y la variable empleada fue la K412A, reportada en millones de pesos.

El procedimiento aplicado para obtener la cantidad de energía eléctrica consumida (GWh) de cada una de las actividades productivas a través del gasto fue el siguiente:

$$x_i = \frac{e^i}{p_m} = \text{consumo de energía eléctrica en la actividad productiva } i \text{ (GWh)} \quad (3.20)$$

Dónde:

✚  $e^i$  = gasto por consumo de electricidad de las UE<sup>68</sup> de la actividad productiva  $i$ .

Fuente de información: gasto por consumo de energía eléctrica efectuado en 2018 por las unidades económicas de las actividades productivas, reportado por INEGI en el Censo Económico 2019. Unidad de medida: Millones de pesos (\$).

✚  $p_m$  = precio medio de energía eléctrica para las actividades productivas (comercial, servicios, agrícola e industrial) = 1.96 \$/kWh.

Unidad de medida: Pesos por kWh (\$/kWh).

✚  $x_i$  = consumo de energía eléctrica de la actividad productiva  $i$ .

Unidad de medida: GWh. Variable tomada como referencia para calcular la estructura de consumo eléctrico.

✚  $i$  = actividades productivas = 42 = 11; 21P; 2121; ... ..; 72; 81; 93.

---

<sup>68</sup> Unidades económicas. Establecimiento (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentado en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios (INEGI, 2019).

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

### Estructura de Consumo

La estructura resultante del proceso de facturación inversa (reportada en el Anexo 19) se aplicó al monto de consumo eléctrico productivo de la Ecuación 3.19. A nivel nacional, las diez actividades productivas con mayor consumo de electricidad aglomeraron el 68.42% del total reportado para el 2018 y el resto (32) agruparon menos de un tercio (31.58%) de la demanda. Dentro del primer subgrupo, el comercio al por menor fue el más relevante con el 12.52%, seguido por la fabricación de equipo de transporte, la industria química y las industrias metálicas básicas con 11.58%, 9.97% y 6.52% respectivamente. Convirtiéndose en las actividades más intensivas en términos eléctricos (véase Cuadro 3.6 y Gráfica 3.5).

**Cuadro 3.6. México: Actividades productivas con mayor consumo de energía eléctrica. % y GWh. 2018**

Actividades Productivas	%	GWh
46- Comercio al por menor	12.52%	25,697.41
336- Fabricación equipo de transporte	11.58%	23,757.11
324-326 Industria química, del plástico y del hule	9.97%	20,470.82
331-332- Industrias metálicas básicas	6.52%	13,391.19
333-335 Maquinaria y equipo	5.43%	11,143.13
21NP- Minería no petrolera	5.30%	10,883.99
311- Industria alimentaria	5.28%	10,844.11
222 -Suministro de agua y gas por ductos	4.60%	9,445.49
221111-1 - Generación de electricidad en centrales de Ciclo Combinado	3.83%	7,867.14
72- Servicios de alojamiento temporal	3.37%	6,914.11
<b>Subtotal (10 actividades productivas)</b>	<b>68.42%</b>	<b>140,414.52</b>
<b>Resto (32 actividades productivas)</b>	<b>31.58%</b>	<b>64,822.68</b>
<b>Total (42 actividades productivas)</b>	<b>100.00%</b>	<b>205,237.20</b>

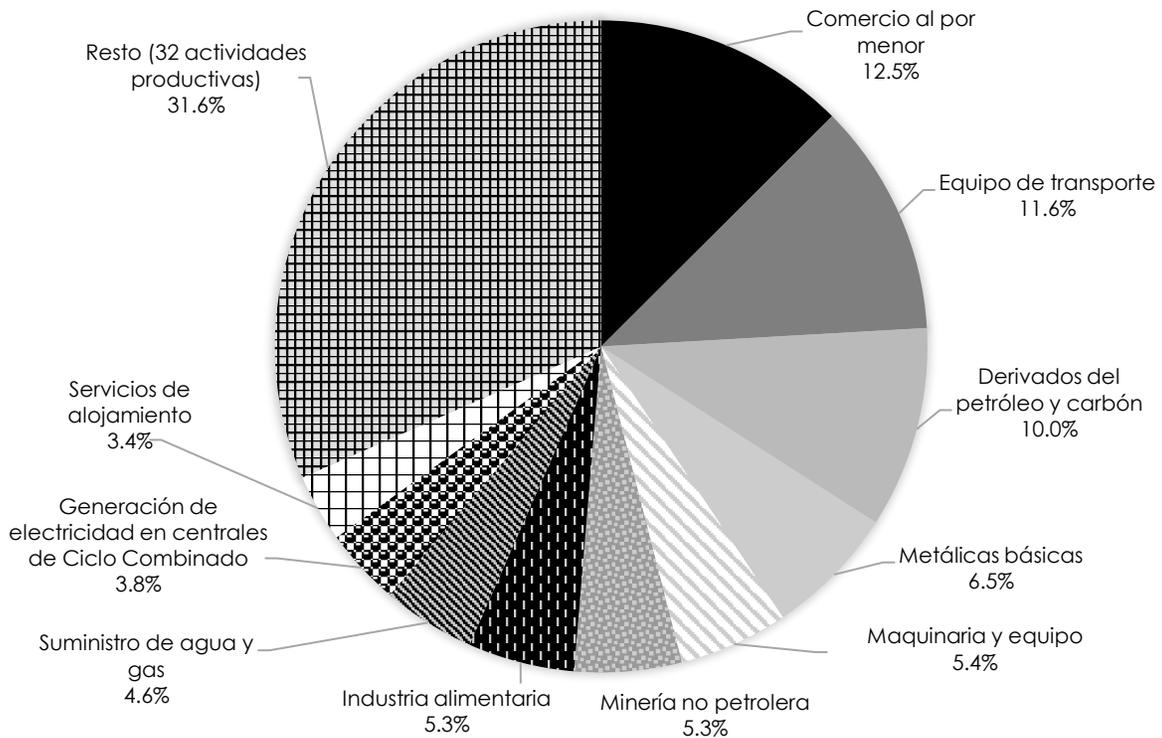
**Fuente:** Elaboración propia con información de PRODESEN 2019-2033, CFE y Censo Económico 2019.

Cinco de las diez actividades pertenecieron a la industria manufacturera (31-33), dos al sector terciario y tres al secundario, en este último destacaron la minería petrolera con 5.3%, el suministro de agua y gas con 4.60% y la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales de Ciclo Combinado con

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

3.83%, lo cual es congruente, ya que dicho tipo de tecnología fue responsable del 50% de la producción de energía secundaria del país en 2018.

**Gráfica 3.5. México: Participación (%) de las actividades productivas en el consumo eléctrico. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con información de PRODESEN 2019-2033, CFE y Censo Económico 2019.

### 3.3.2 Vector de Emisiones de CO<sub>2e</sub>: $V_{\text{TonCO}_{2e}}$

Para obtener las emisiones de CO<sub>2e</sub> derivadas del consumo de electricidad de las actividades productivas y de los hogares, se multiplicó el consumo eléctrico (medido en GWh) por el factor de emisión.

De acuerdo con la SEMARNAT, el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional para el cálculo de emisiones por consumo de electricidad correspondiente al año 2018 fue:

**0.527 toneladas de CO<sub>2e</sub>/MWh**

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

### 3.3.2.1 Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los deciles de hogares: $V_{\text{TonCO}_2e_h}$

Las emisiones domésticas de CO<sub>2e</sub> liberadas en el 2018 en México se reportan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.7. México: Emisiones de CO<sub>2e</sub> por decil de hogar. Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

Decil	Emisiones Nacionales (ton CO <sub>2e</sub> )	%
1	1,968,315	5.87%
2	2,359,471	7.04%
3	2,628,971	7.85%
4	2,935,484	8.76%
5	3,156,317	9.42%
6	3,447,897	10.29%
7	3,632,977	10.84%
8	3,980,246	11.88%
9	4,336,934	12.94%
10	5,056,782	15.09%
<b>TOTAL</b>	<b>33,503,393</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033, CFE, ENIGH 2018 y SEMARNAT. Nota: se resaltan los tres deciles con menores emisiones domésticas se resaltan en negritas y los tres con las emisiones más altas en color gris.

A nivel nacional, las emisiones de CO<sub>2e</sub> asociadas al consumo doméstico de energía eléctrica en el 2018 ascendieron a 33,503,393 toneladas de CO<sub>2e</sub>. De esta cifra, el décimo decil fue responsable del 15.1% de las emisiones, suceso que se vincula directamente con el alto consumo de electricidad que sustentan los hogares clasificados en este nivel de ingreso. Dicha cifra es aproximadamente 2.6 veces mayor que las emisiones liberadas por el decil menos acaudalado.

### 3.3.2.2 Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las actividades productivas: $V_{\text{TonCO}_2e_{ap}}$

El consumo de energía eléctrica de las actividades productivas provocó que en el 2018 se emitieran 108,160,004 toneladas de CO<sub>2e</sub> en México. Las diez actividades con mayor consumo expuestas en el Cuadro 3.6 produjeron 73,998,454 toneladas,

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

lo cual representó el 68.4% del total emitido. Las emisiones para cada uno de los 42 sectores productivos se muestran en el Cuadro 3.8.

### 3.3.3 Vectores de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub>: $V_{GWh}$ y

$$V_{TonCO_2e}$$

Una vez obtenido el consumo y las emisiones de los deciles de hogares y actividades productivas se conformaron vectores nacionales para ambas variables (véase Cuadro 3.8). En el siguiente cuadro se muestra el consumo total (doméstico y productivo) en GWh y las emisiones en toneladas de CO<sub>2e</sub> registradas en el 2018.

**Cuadro 3.9. México: Participación de las actividades productivas y deciles de hogares en el consumo total de energía eléctrica y emisiones de CO<sub>2e</sub>. GWh, Toneladas de CO<sub>2e</sub>, %. 2018**

Variable	Consumo Total (GWh)	Consumo Doméstico	Consumo Productivo
Nacional	268,811	63,574	205,237
Variable	Emisiones Totales (Ton CO <sub>2e</sub> )	Emisiones Domésticas	Emisiones Productivas
Nacional	141,663,397	33,503,393	108,160,004

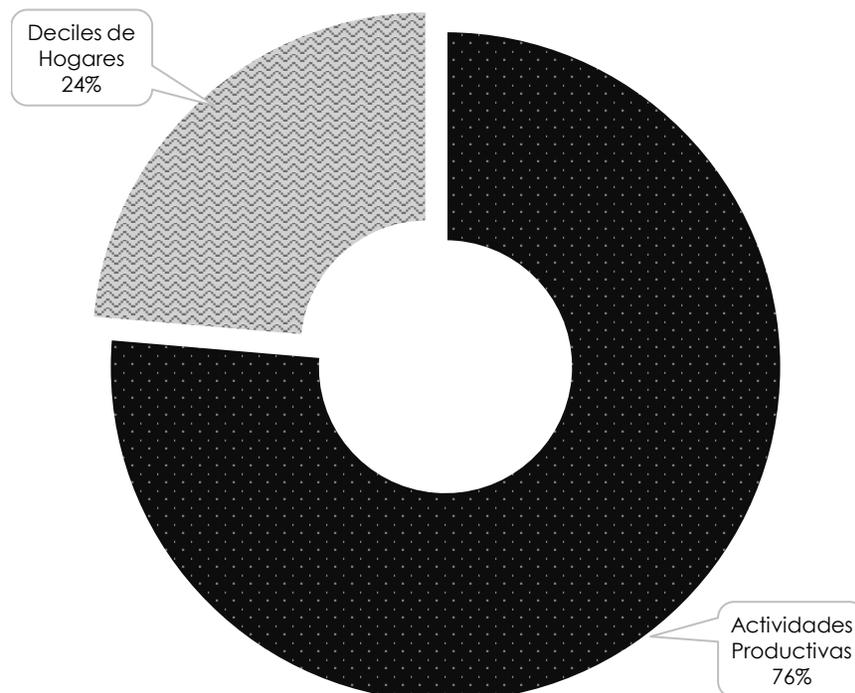
**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033, CFE, ENIGH 2018 y SEMARNAT.

El consumo total en 2018 fue de 268,811 GWh en México, lo cual fue equivalente a aproximadamente 158,598,490 barriles de petróleo<sup>69</sup>. Por su parte, las emisiones de CO<sub>2e</sub> ascendieron a 141,663,397 toneladas de CO<sub>2e</sub>. Las actividades productivas demandaron el 76% del consumo final y los hogares el 24% restante. El mismo patrón se reproduce para las emisiones contaminantes.

<sup>69</sup> Un MWh es equivalente a 0.59 barriles de petróleo (un barril de petróleo es igual a 42 galones, aproximadamente 158.98 litros). Un GWh equivale a 590 barriles de petróleo.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

Gráfica 3.6. México: Participación de las actividades productivas y deciles de hogares en el consumo total de energía eléctrica y emisiones de CO<sub>2e</sub>. GWh, Toneladas de CO<sub>2e</sub> y %. 2018



**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033, CFE, ENIGH 2018 y SEMARNAT.

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

**Cuadro 3.8. México: Vector de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub>. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

Actividades Productivas	Nacional (GWh)	Nacional (Ton CO <sub>2e</sub> )
11	278	146,738
21P	1,266	666,963
2121	333	175,314
21NP	10,884	5,735,865
221111-1	7,867	4,145,984
221111-2	705	371,489
221111-3	3,425	1,804,917
221112	79	41,804
221113	70	36,892
221114	606	319,343
221119	546	287,645
22112	6,528	3,440,323
222	9,445	4,977,775
23	668	351,783
311	10,844	5,714,847
312	2,599	1,369,557
313-314	2,828	1,490,133
315-316	1,603	845,015
321	364	191,888
322-323	3,787	1,995,508
324-326	20,471	10,788,125
327	4,313	2,273,018
331-332	13,391	7,057,159
333-335	11,143	5,872,430
336	23,757	12,519,997
337	588	309,705
339	2,046	1,078,112
431	6,453	3,400,511
461	25,697	13,542,536
48-49	2,815	1,483,307
51	3,352	1,766,596
52	3,017	1,590,016
53	1,061	559,064
54	1,097	578,268
55	329	173,289
56	1,635	861,530
61	1,523	802,801
62	1,750	922,117
71	3,512	1,851,003
72	6,914	3,643,737
81	2,517	1,326,500
93	3,132	1,650,402
<b>Total Actividades Productivas</b>	<b>205,237</b>	<b>108,160,004</b>

## VECTOR DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES

Continuación Cuadro 3.8. México: Vector de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub>. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

Deciles de Hogares	Nacional (GWh)	Nacional (Ton CO <sub>2e</sub> )
H1	3,735	1,968,315
H2	4,477	2,359,471
H3	4,989	2,628,971
H4	5,570	2,935,484
H5	5,989	3,156,317
H6	6,542	3,447,897
H7	6,894	3,632,977
H8	7,553	3,980,246
H9	8,229	4,336,934
H10	9,595	5,056,782
<b>Total hogares</b>	<b>63,574</b>	<b>33,503,393</b>
<b>TOTAL (Actividades Productivas + Deciles)</b>	<b>268,811</b>	<b>141,663,397</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Censo Económico 2018, ENIGH 2018, CFE, PRODESEN 2019-2033 y SEMARNAT.

### 3.4 Resumen

- ✚ La variable empleada para la estimación del vector fue el consumo final de electricidad, que hace referencia a la energía empleada por los diferentes usuarios de la industria eléctrica.
  - En el 2018 el consumo final del SEN fue de 268,811 GWh, de dicho monto, el 24% fue demandado por el sector residencial y el 76% por las actividades productivas.
- ✚ Para la desagregación del consumo productivo al nivel de 42 actividades productivas, se aplicó un proceso de facturación inversa, que consistió en derivar el consumo de energía eléctrica a través del gasto efectuado por las unidades económicas en el Censo Económico 2019.
  - Se obtuvo que las actividades más intensivas en energía eléctrica durante el 2018 fueron el comercio al por menor, la fabricación de equipo de transporte, industria química, metálicas básicas, maquinaria y equipo, entre otras.
- ✚ En lo que atañe a los hogares, estos se desagregaron en diez estratos de acuerdo con su nivel ingreso. Se siguió un proceso análogo al del sector productivo, pero en ese caso la facturación inversa se aplicó al gasto reportado en recibo de luz en la ENIGH (2018). Para este procedimiento se consideraron las tarifas domésticas de la CFE y su estructura de bloques para la asignación de precios.
  - A nivel nacional se observó que durante el 2018, a medida que se transita hacia los deciles con mayor nivel de ingreso, mayor es la participación de estos en el consumo de energía eléctrica.
- ✚ Finalmente, para el vector de emisiones, se multiplicó el consumo por el factor de emisión, el cual fue reportado por la SEMARNAT en 0.527 toneladas de CO<sub>2e</sub> por MWh.
  - Las emisiones nacionales por el consumo de energía eléctrica fueron de 141 megatoneladas de CO<sub>2e</sub>. 33 de ellas fueron producidas por los hogares y 108 por el sector productivo.

## CAPÍTULO 4

### MULTIPLICADORES DE CONSUMO ELÉCTRICO Y EMISIONES DE CO<sub>2e</sub>

---

#### 4.1 Introducción

Con los vectores construidos y la formulación energética propuesta por Miller y Blair (2009) fue factible conocer, a través de los multiplicadores, en qué magnitud, en este caso GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>, se modificaría el consumo de electricidad y las emisiones de las actividades productivas y hogares ante un cambio unitario<sup>70</sup> en la demanda final.

Además, fue posible descomponer la magnitud total en consumo directo e indirecto y, por ende, las emisiones asociadas a la electricidad empleada directamente en el proceso de producción y en el funcionamiento de los hogares y en aquellas originadas por el consumo de insumos intermedios y de bienes y servicios finales necesarios para la satisfacción de necesidades.

Dichas estimaciones permitieron identificar los sectores y deciles de hogares que serían los más sensibles ante el estímulo exógeno de un millón de pesos en la demanda final, dicha información resulta oportuna en el proceso de formulación de políticas y estrategias que faciliten el proceso de transición energética y a su vez contribuyan a frenar la problemática del Cambio Climático.

#### 4.2 Multiplicadores Totales de Consumo de Energía Eléctrica ( $\alpha_{GWh}$ ) y Emisiones de CO<sub>2e</sub> ( $\alpha_{ton CO_2e}$ )

Una vez estimado el vector de consumo de energía eléctrica  $-V_{GWh}-$  y el de emisiones  $-V_{TonCO_2e}-$  a nivel nacional y para el 2018 (reportados en el Cuadro 3.8),

---

<sup>70</sup> Como la MNCS del 2018 se cuantifica en millones de pesos, un cambio unitario hace referencia a un aumento de un millón de pesos en la demanda final.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

se procedió a calcular los multiplicadores totales ( $\alpha_{GWh}$  y  $\alpha_{ton CO_{2e}}$ ) para ambas variables siguiendo la Ecuación 3.2.

Ante un cambio de un millón de pesos en la demanda final exógena, el consumo eléctrico en la economía nacional se elevaría en un total de 1.184 GWh (698.60 barriles de petróleo), de los cuales el 84.13% los demandarían las 42 actividades productivas y el 15.87% los hogares. Los multiplicadores totales se reportan en el Cuadro 4.2 y 4.3. Por su parte, las emisiones aumentarían en 624.01 toneladas de CO<sub>2e</sub> como respuesta al mayor consumo de electricidad.

**Cuadro 4.1. México: Incremento total en el consumo energía eléctrica y en las emisiones de CO<sub>2e</sub> ante un cambio unitario en la demanda final. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

Variable	Aumento Total	Deciles de hogares	Actividades productivas
Consumo (GWh)	1.184	0.188	0.996
Emisiones de CO <sub>2e</sub> (Ton CO <sub>2e</sub> )	624.01	99.03	524.98

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 4.2.1 Actividades Productivas

Las diez actividades productivas con multiplicadores de consumo y emisiones más altos a nivel nacional se muestran en el Cuadro 4.4. Como se observa en la tabla resumen, ocho de las diez actividades enlistadas corresponden a los subsectores en los cuales se desagregó a la industria de la electricidad en la MNCS.

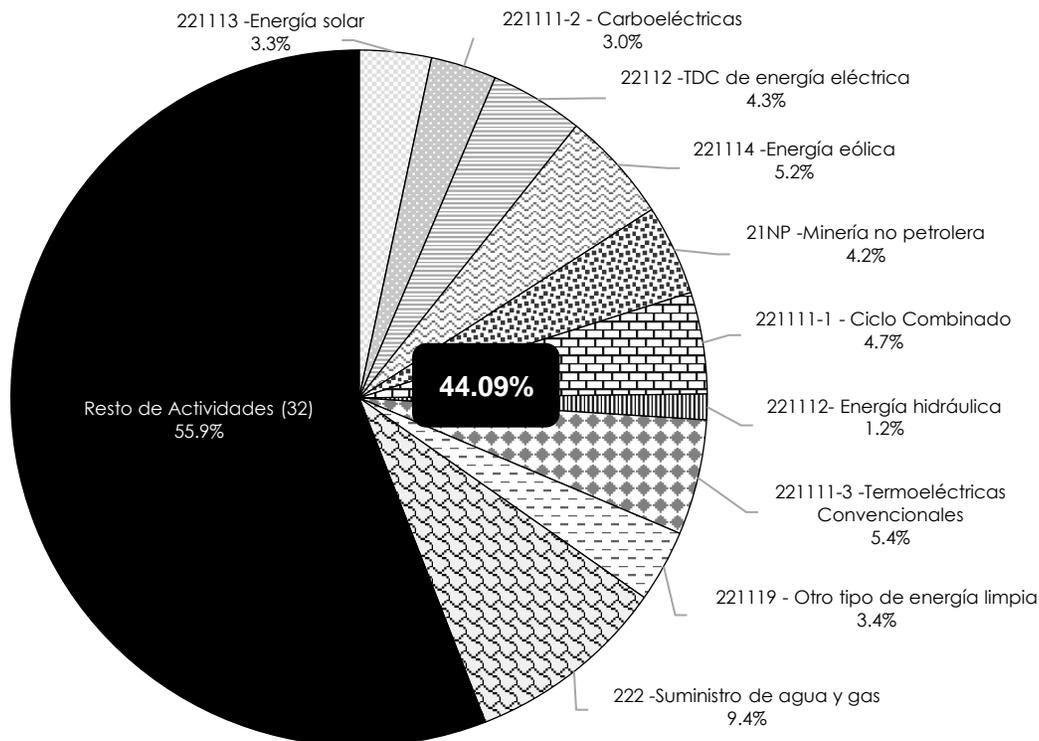
El consumo de electricidad de la industria eléctrica en su conjunto se incrementaría en 0.30 GWh como respuesta al cambio unitario en la demanda final, dicho monto representaría aproximadamente un tercio del aumento total productivo registrado a nivel nacional (0.996 GWh o 587.74 barriles de petróleo). Estos subsectores demandarían un mayor consumo de electricidad en forma de usos propios para incrementar la generación de dicho insumo productivo y dar respuesta a las nuevas necesidades energéticas del resto de actividades como resultado del

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

estímulo exógeno. En lo referente a emisiones, estas ascenderían a 160.23 toneladas de CO<sub>2e</sub> y exhibirían la misma estructura que el consumo respecto al total.

El grupo de diez actividades, donde se añade al sector eléctrico, la minería petrolera y el suministro de agua y gas, demandaría 0.44 GWh adicionales de electricidad y emitiría 231.48 toneladas de CO<sub>2e</sub> al medio ambiente, concentrando el 44.09% de la variación total a nivel industrial.

**Gráfica 4.1. México: Participación de las 10 actividades productivas con multiplicadores totales de consumo y emisiones más altos. %. 2018**



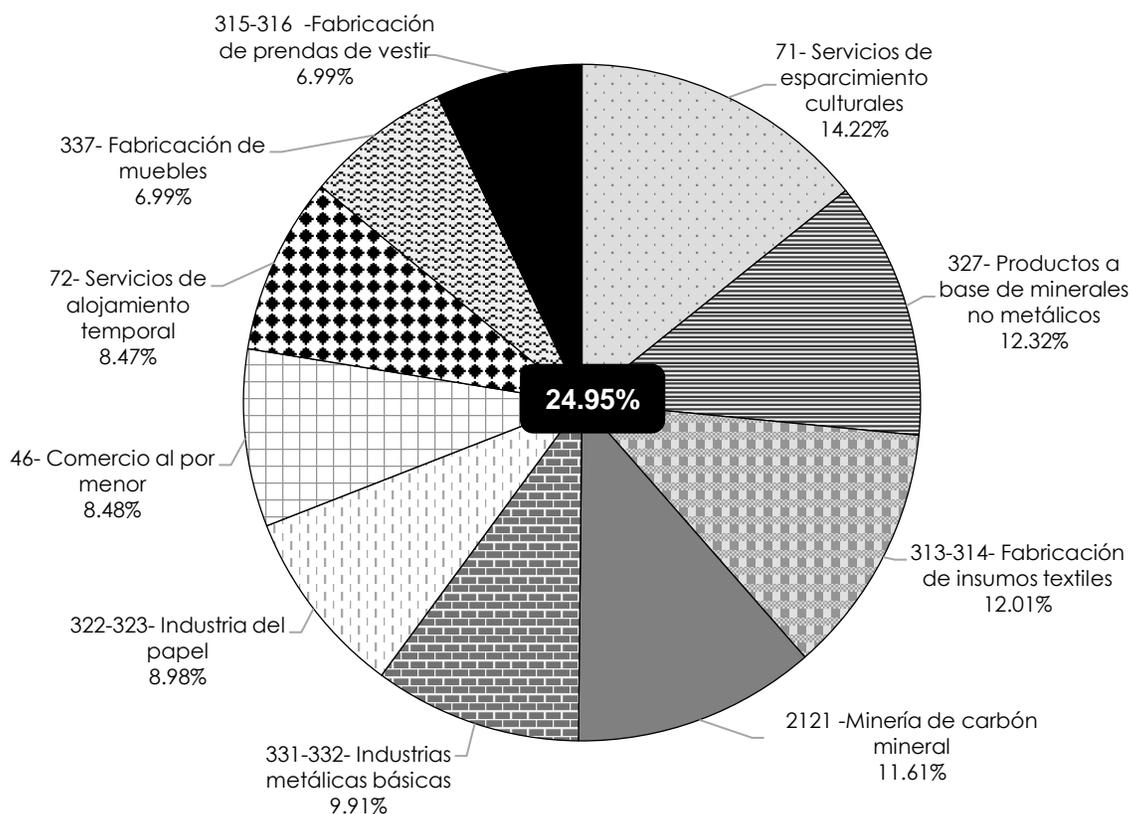
**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

Las actividades no relacionadas con el sector eléctrico que presentarían los multiplicadores más altos se registran en el Cuadro 4.4. Los servicios de esparcimiento se posicionarían como los más sensibles, al ostentar los multiplicadores más altos en ambas variables. Seis de las diez actividades pertenecerían a la industria manufacturera, destacando la fabricación de productos a base de minerales no metálicos (327), la fabricación de insumos textiles (313-314)

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

y las industrias metálicas básicas (331-332). Finalmente, además del sector 71, el comercio al por menor (46) y los servicios de alojamiento temporal (72) exhibirían los mayores incrementos dentro del sector terciario. Este subgrupo no vinculado con el sector energético se convertiría en el responsable de un poco menos de la cuarta parte (24.95%) de la variación total que registrarían las actividades productivas en su conjunto.

**Gráfica 4.2. México: Participación de las 10 actividades productivas no vinculadas con el sector eléctrico con multiplicadores totales de consumo y emisiones más altos. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 4.2.2 Hogares

A nivel nacional el consumo doméstico experimentaría un aumento de 0.188 GWh (110.86 bdp<sup>71</sup>) en respuesta al cambio de un millón de pesos en la demanda final

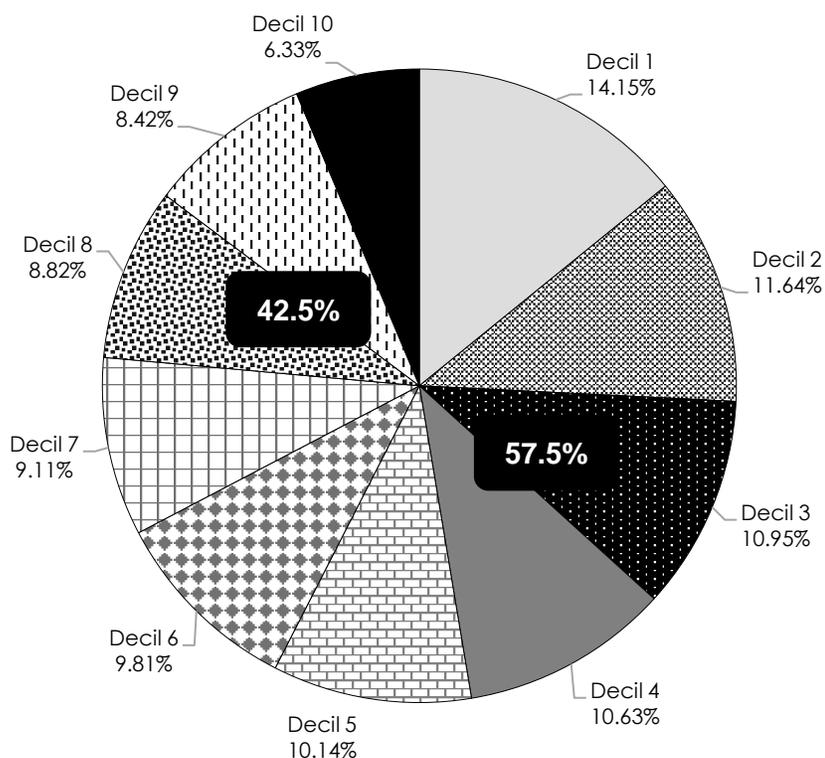
<sup>71</sup> Barriles de petróleo.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

exógena. Los deciles más sensibles serían los de menor capacidad adquisitiva (1, 2 y 3), ya que su consumo eléctrico se acrecentaría en 0.069 GWh (40.72 bdp) contra 0.044 GWh (26.13 bdp) de los deciles con mayor ingreso, es decir, 1.56 veces mayor (véase Cuadros 4.3 y 4.4).

En conjunto los cinco primeros deciles explicarían el 57.51% de la variación en el consumo doméstico total que se originaría en el país. El incremento en la demanda final permitiría a los hogares con los menores ingresos consumir una mayor cantidad de energía eléctrica gracias a los efectos de retroalimentación que funcionan como un importante mecanismo de difusión del shock a través de su impacto sobre los ingresos que perciben los propietarios de los factores productivos. En cambio, los deciles más altos, cuyo ingreso les permite sustentar un alto consumo, no experimentarían un cambio tan significativo.

**Gráfica 4.3. México: Participación de los deciles de hogares en los multiplicadores totales de consumo y emisiones. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

## **MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES**

---

Las emisiones asociadas al aumento en la demanda doméstica de energía eléctrica se contabilizarían en 99.03 toneladas de CO<sub>2e</sub> y al igual que en la variable de consumo, los deciles con los menores niveles de ingreso se encargarían de liberar a la atmósfera una mayor cantidad de gases de efecto invernadero en comparación con los hogares clasificados dentro de los deciles 6 al 10, con 56.96 y 42.07 toneladas respectivamente.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.2. México: Multiplicadores Totales de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Multiplicadores Totales de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>		
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>
11	0.0120	6.3250
21P	0.0112	5.9168
2121	0.0289	15.2119
21NP	0.0419	22.0940
221111-1	0.0470	24.7910
221111-2	0.0304	16.0065
221111-3	0.0533	28.1093
221112	0.0119	6.2519
221113	0.0333	17.5402
221114	0.0516	27.1724
221119	0.0335	17.6480
22112	0.0431	22.7073
222	0.0933	49.1668
23	0.0126	6.6374
311	0.0164	8.6569
312	0.0164	8.6216
313-314	0.0299	15.7365
315-316	0.0174	9.1547
321	0.0162	8.5258
322-323	0.0223	11.7679
324-326	0.0167	8.8059
327	0.0306	16.1442
331-332	0.0246	12.9859
333-335	0.0095	5.0326
336	0.0145	7.6570
337	0.0174	9.1602
339	0.0142	7.5087
431	0.0126	6.6327
461	0.0211	11.1107
48-49	0.0117	6.1720
51	0.0155	8.1477

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

Continuación Cuadro 4.2. México: Multiplicadores Totales de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

<b>Multiplicadores Totales de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>		
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>
52	0.0135	7.0973
53	0.0105	5.5511
54	0.0138	7.2887
55	0.0121	6.3937
56	0.0151	7.9587
61	0.0159	8.3932
62	0.0155	8.1731
71	0.0353	18.6249
72	0.0211	11.0953
81	0.0161	8.4727
93	0.0162	8.5353
<b>Multiplicador Total Actividades Productivas</b>	<b>0.996</b>	<b>524.98</b>
<b>% respecto al MT</b>	<b>84.13%</b>	<b>84.13%</b>
<b>Multiplicador Total* (MT)</b>	<b>1.184</b>	<b>624.01</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Se resaltan en negro las diez actividades con los multiplicadores más altos. En gris oscuro las actividades no vinculadas con la industria eléctrica con los multiplicadores más altos. Y en gris claro los sectores con los multiplicadores más pequeños. \*El multiplicador total engloba las actividades productivas y los deciles de hogares.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.3. México: Multiplicadores Totales de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los Deciles de Hogares. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Multiplicadores Totales de Consumo y Emisiones de los Deciles de Hogares (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>		
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>
H1	0.027	14.011
H2	0.022	11.524
H3	0.021	10.841
H4	0.020	10.531
H5	0.019	10.045
H6	0.018	9.713
H7	0.017	9.021
H8	0.017	8.738
H9	0.016	8.336
H10	0.012	6.266
<b><i>Multiplicador Total Hogares</i></b>	<b>0.188</b>	<b>99.03</b>
<b><i>% respecto al MT</i></b>	<b>15.87%</b>	<b>15.87%</b>
<b>Multiplicador Total (MT*)</b>	<b>1.184</b>	<b>624.01</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Se resaltan en negro los cinco deciles con los multiplicadores más altos. Y en gris claro los cinco deciles los multiplicadores más pequeños. \*El multiplicador total engloba las actividades productivas y los deciles de hogares.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.4. México: Actividades productivas y deciles con multiplicadores totales de consumo y emisiones más altos. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Actividades productivas y deciles con multiplicadores totales de consumo y emisiones más altos (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>		
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>
221113 - Centrales Solares Fotovoltaicas	0.0333	17.540
221111-2 - Centrales Carboeléctricas	0.0304	16.006
22112 -TDC de energía eléctrica	0.0431	22.707
221114 -Centrales Eoloeléctricas	0.0516	27.172
21NP -Minería no petrolera	0.0419	22.094
221111-1 - Centrales de Ciclo Combinado	0.0470	24.791
221112- Centrales Hidroeléctricas	0.0119	6.252
221111-3 - Centrales Termoeléctricas Convencionales	0.0533	28.109
221119 - Otro tipo de energía limpia	0.0335	17.648
222 -Suministro de agua y gas por ductos	0.0933	49.167
<b>Subtotal 10 sectores</b>	<b>0.4393</b>	<b>231.487</b>
<b>Participación en el multiplicador total de las actividades productivas</b>	<b>44.09%</b>	<b>44.09%</b>
<b>Multiplicador Total de Actividades Productivas</b>	<b>0.996</b>	<b>524.98</b>
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>
Hogar Decil 1	0.027	14.01
Hogar Decil 2	0.022	11.52
Hogar Decil 3	0.021	10.84
Hogar Decil 4	0.020	10.53
Hogar Decil 5	0.019	10.04
<b>Subtotal 5 deciles</b>	<b>0.108</b>	<b>56.95</b>
<b>Participación en el multiplicador total de hogares</b>	<b>57.51%</b>	<b>57.51%</b>
<b>Multiplicador Total de Hogares</b>	<b>0.188</b>	<b>99.03</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. **Nota:**

**TDC:** Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.5. México: Actividades productivas no relacionadas con la industria eléctrica con multiplicadores totales de consumo y emisiones más altos. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Actividades productivas con multiplicadores totales de consumo y emisiones más altos (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>		
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>
71- Servicios de esparcimiento culturales	0.03534	18.6249
327- Minerales no metálicos	0.03063	16.1442
313-314- Fabricación de insumos textiles	0.02986	15.7365
2121- Minería de carbón mineral	0.02887	15.2119
331-332- Industrias metálicas básicas	0.02464	12.9859
322-323- Industria del papel	0.02233	11.7679
46- Comercio al por menor	0.02108	11.1107
72- Servicios de alojamiento temporal	0.02105	11.0953
337- Fabricación de muebles	0.01738	9.1602
315-316- Fabricación de prendas de vestir	0.01737	9.1547
<b>Subtotal 10 sectores</b>	<b>0.249</b>	<b>130.992</b>
<b>Participación en el multiplicador total de las actividades productivas</b>	<b>24.95%</b>	<b>24.95%</b>
<b>Multiplicador Total de Actividades Productivas</b>	<b>0.996</b>	<b>524.98</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 4.3 Multiplicadores Directos e Indirectos de Consumo de Energía Eléctrica

$(\delta_{GWh} \text{ y } \sigma_{GWh})$  y Emisiones de CO<sub>2e</sub> ( $\delta_{ton CO_2e} \text{ y } \sigma_{ton CO_2e}$ )

La estimación de los multiplicadores directos ( $\delta_{GWh}$  y  $\delta_{ton CO_2e}$ ) se realizó siguiendo la Ecuación 3.3 y la de los indirectos ( $\sigma_{GWh}$  y  $\sigma_{ton CO_2e}$ ) a través de la Ecuación 3.4. Por medio de ellos fue posible establecer en cuánto se modificaría la cantidad de electricidad usada directamente en la producción de los bienes o servicios y la incorporada en los insumos intermedios, ante la variación de un millón de pesos en la demanda final.

Los multiplicadores directos para las actividades productivas y hogares se exhiben en los Cuadros 4.6 y 4.7 respectivamente. Y para los indirectos en los Cuadros 4.9 y 4.10.

#### 4.3.1 Actividades Productivas

Las diez actividades con los multiplicadores directos más altos se registran en el Cuadro 4.8. A nivel nacional, el suministro de agua y gas por ductos (222) reportaría el multiplicador directo (0.0094 GWh) más grande ante un cambio unitario en la demanda final, representando el 10.1% del multiplicador total de consumo de dicho sector.

Otras actividades relevantes serían la fabricación de productos a base de minerales no metálicos (327), las industrias metálicas básicas (331-332), la fabricación de insumos textiles (313-314) y la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en las centrales carboeléctricas (221111-2) y termoeléctricas convencionales (221111-3).

En conjunto este subgrupo explicaría casi el 54% (0.052 GWh o 30.6 barriles de petróleo) de la variación total en los requerimientos directos (0.097 GWh o 57.18 bdp) que experimentarían las actividades productivas ante el impulso exógeno en la demanda final. Por ende, también serían los causantes de generar las mayores emisiones, las cuales se reportarían en 27.33 toneladas de CO<sub>2e</sub>.

## **MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES**

---

Los mayores multiplicadores directos los exhibiría el sector secundario y de forma específica los subsectores manufactureros (31-33) debido a que la electricidad es un insumo elemental para llevar a cabo la producción de estas actividades. Sin embargo, su participación en el multiplicador total no superaría ni el 30% en ninguno de ellos, el porcentaje más alto lo mostraría la industria de minerales no metálicos (327) con el 28.6% (véase Gráfica 4.1).

Para el caso de los multiplicadores indirectos, las actividades a nivel nacional con el mayor incremento en este tipo de consumo estarían encabezados por el suministro de agua y gas por ductos (222) con 0.084 GWh (49.49 bdp); los ocho subsectores de la industria eléctrica (221), los cuales en conjunto demandarían 0.287 GWh (169.62 bdp) de electricidad como respuesta a la variación en la demanda final; y la minería petrolera con 0.039 GWh (23.04 bdp). La participación en el multiplicador total fluctuaría entre 87 y 98.8%, superando en todos los casos (en el subgrupo de 10 y para el total de actividades productivas) a la proporción reportada para el multiplicador directo, hecho que se observa en la gráfica 4.4.

El grupo de diez actividades tendría una participación del 45.6% en el multiplicador total indirecto del consumo productivo con una demanda adicional de energía eléctrica de 0.410 GWh (242.15 bdp) y una emisión de 216.29 toneladas de CO<sub>2e</sub> (véase Cuadro 4.11).

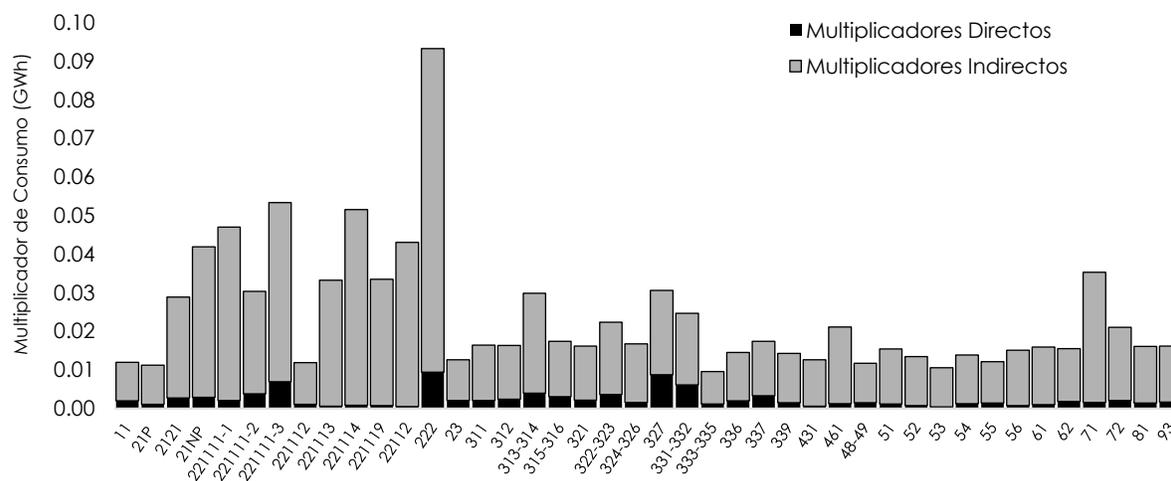
Excluyendo a la industria eléctrica, las actividades más sensibles se concentrarían en los servicios de esparcimiento culturales (71) con una respuesta superior a los 0.034 GWh, seguido de la minería de carbón (2121) con un cambio de 0.026 GWh y la fabricación de insumos textiles (313-314). Dentro del sector terciario, destacaría el comercio al por menor (46), los servicios de alojamiento temporal (72) y los servicios educativos (61) (véase Cuadro 4.12).

En la industria manufacturera entre los más representativos, además del 313-314, se encontraría la fabricación de productos a base de minerales no metálicos (327), la industria del papel (322-323), las metálicas básicas (331-332) y los derivados del petróleo y carbón (324-326). En promedio, para todo el subsector 31-

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

33, el consumo de electricidad de forma indirecta, a través de insumos de producción significaría un porcentaje aproximadamente del 84% en la variación total originada por el millón de pesos adicional en la demanda final del país.

**Gráfica 4.4. México: Multiplicadores directos e indirectos de consumo eléctrico de las actividades productivas. GWh. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la MNCS 2018.

### 4.3.2 Hogares

Al igual que en las actividades productivas, el multiplicador indirecto superaría al directo en todos los deciles de hogar, reportando participaciones mayores al 72% como puede comprobarse en la gráfica 4.5. Es decir, el aumento en el ingreso de los hogares como resultado del estímulo exógeno se traduciría en una mayor demanda de bienes y servicios con electricidad incorporada, lo cual superaría al consumo que se hace de esta energía secundaria en el funcionamiento del hogar.

En el plano nacional, los cinco deciles con menor nivel de ingreso presentarían los mayores efectos en el consumo directo de electricidad como respuesta al estímulo exógeno en la demanda final, agrupando en conjunto el 55% (0.025 GWh o 14.60 bdp) del multiplicador directo total doméstico (0.045 GWh o 26.55 bdp) (véase Cuadro 4.6 y 4.7). Este patrón de consumo resultante del estímulo exógeno incrementaría las emisiones de CO<sub>2e</sub> en 13.04 toneladas.

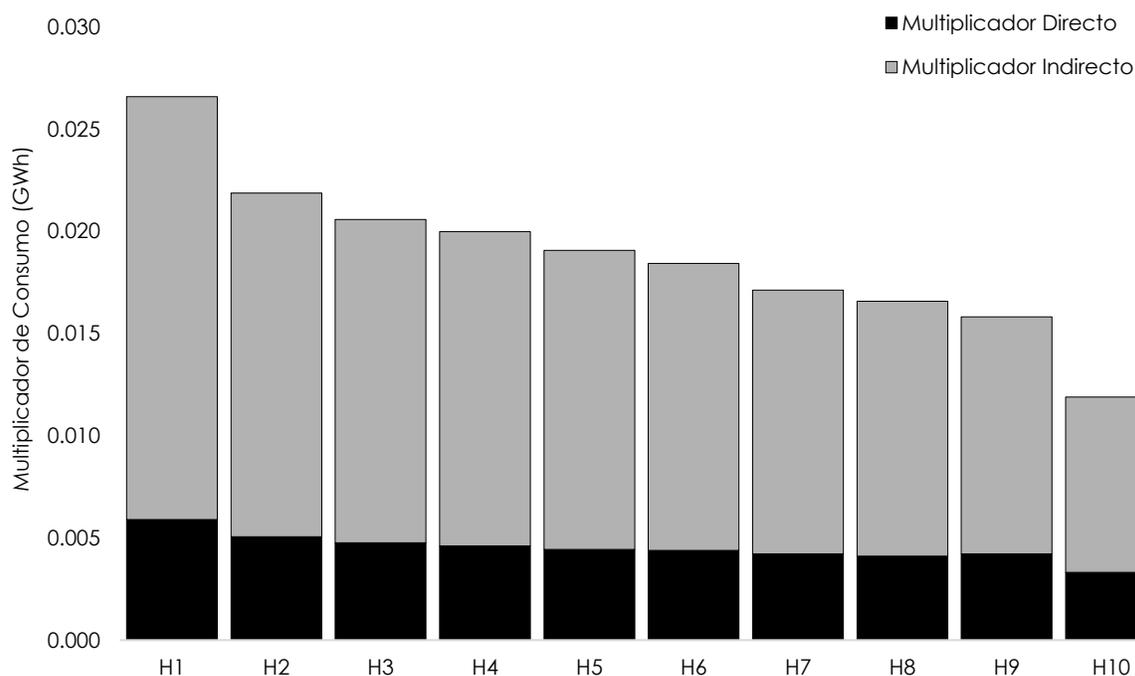
## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

El resto de los deciles (6-10), los cuales ostentan un nivel de ingreso superior al primer grupo se convertirían en los responsables de emitir 10.67 toneladas, el equivalente al 45% del total liberado por el consumo doméstico directo.

Para los multiplicadores indirectos, se reproduciría el mismo comportamiento que en el caso de los directos, ya que los hogares pertenecientes a los cinco estratos con la menor capacidad adquisitiva serían los que responderían de una forma más pronunciada al incremento unitario en la demanda final. Su consumo ascendería en 0.083 GWh (49.15 bdp), agrupando el 58.3% del cambio doméstico indirecto.

El mayor consumo que los hogares demandarían de forma indirecta a través de los bienes y servicios que emplean en la satisfacción de sus necesidades incidiría en la cantidad de contaminantes liberados al medio ambiente, los cuales se contabilizarían en 75.31 toneladas de CO<sub>2e</sub>.

**Gráfica 4.5. México: Multiplicadores directos e indirectos de consumo de los deciles de hogares. GWh. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la MNCS 2018.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.6. México: Multiplicadores Directos de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Multiplicadores Directos de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%**</b>
11	0.0020	1.0633	16.8%
21P	0.0011	0.5612	9.5%
2121	0.0028	1.4506	9.5%
21NP	0.0029	1.5137	6.9%
221111-1	0.0021	1.1081	4.5%
221111-2	0.0038	2.0108	12.6%
221111-3	0.0069	3.6586	13.0%
221112	0.0011	0.5588	8.9%
221113	0.0006	0.3072	1.8%
221114	0.0008	0.4183	1.5%
221119	0.0007	0.3869	2.2%
22112	0.0005	0.2711	1.2%
222	0.0094	4.9595	10.1%
23	0.0020	1.0721	16.2%
311	0.0021	1.0940	12.6%
312	0.0024	1.2754	14.8%
313-314	0.0040	2.0987	13.3%
315-316	0.0031	1.6162	17.7%
321	0.0021	1.1313	13.3%
322-323	0.0037	1.9284	16.4%
324-326	0.0015	0.8129	9.2%
327	0.0088	4.6192	28.6%
331-332	0.0061	3.1994	24.6%
333-335	0.0011	0.6039	12.0%
336	0.0020	1.0639	13.9%
337	0.0033	1.7292	18.9%
339	0.0015	0.7898	10.5%
431	0.0006	0.3282	4.9%
461	0.0012	0.6496	5.8%
48-49	0.0015	0.7815	12.7%
51	0.0011	0.5948	7.3%

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

Continuación Cuadro 4.6. México: Multiplicadores Directos de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

<b>Multiplicadores Directos de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%**</b>
52	0.0008	0.3965	5.6%
53	0.0004	0.2126	3.8%
54	0.0012	0.6507	8.9%
55	0.0014	0.7538	11.8%
56	0.0008	0.3991	5.0%
61	0.0010	0.5052	6.0%
62	0.0018	0.9599	11.7%
71	0.0016	0.8376	4.5%
72	0.0020	1.0781	9.7%
81	0.0014	0.7542	8.9%
93	0.0016	0.8679	10.2%
<b><i>Multiplicador Total Actividades Productivas</i></b>	<b><i>0.097</i></b>	<b><i>51.07</i></b>	
<b><i>% respecto al MT</i></b>	<b><i>68.29%</i></b>	<b><i>68.29%</i></b>	
<b>Multiplicador Total* (MT)</b>	<b>0.142</b>	<b>74.79</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la MNCS del 2018. Se resaltan en negro las diez actividades con los multiplicadores más altos y en gris claro los más pequeños. \*El multiplicador total directo engloba las actividades productivas y los deciles de hogares. \*\*Proporción que representa el multiplicador directo respecto al multiplicador total reportado en el Cuadro 4.2.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.7. México: Multiplicadores Directos de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los Deciles de Hogares. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Multiplicadores Directos de Consumo y Emisiones de los Deciles de Hogares (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%**</b>
H1	0.0059	3.107	22.2%
H2	0.0051	2.663	23.1%
H3	0.0048	2.507	23.1%
H4	0.0046	2.427	23.1%
H5	0.0044	2.339	23.3%
H6	0.0044	2.312	23.8%
H7	0.0042	2.226	24.7%
H8	0.0041	2.169	24.8%
H9	0.0042	2.224	26.7%
H10	0.0033	1.745	27.8%
<b><i>Multiplicador Directo Hogares</i></b>	<b>0.045</b>	<b>23.72</b>	
<b><i>% respecto al Multiplicador Total Directo</i></b>	<b>31.71%</b>	<b>31.71%</b>	
<b><i>Multiplicador Total Directo*</i></b>	<b>0.142</b>	<b>74.79</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Se resaltan en negro los cinco deciles con los multiplicadores más altos. Y en gris claro los cinco deciles los multiplicadores más pequeños. \*El multiplicador total directo engloba las actividades productivas y los deciles de hogares. \*\*Proporción que representa el multiplicador directo respecto al multiplicador total reportado en el Cuadro 4.3.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.8. México: Actividades productivas y deciles de hogares con multiplicadores directos de consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2e</sub> más altos. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Actividades productivas y deciles con multiplicadores directos de consumo y emisiones más altos (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%*</b>
222 -Suministro de agua y gas por ductos	0.0094	4.959	10.1%
327- Minerales no metálicos	0.0088	4.619	28.6%
221111-2 - Centrales Carboeléctricas	0.0038	2.011	12.6%
331-332- Industrias metálicas básicas	0.0061	3.199	24.6%
221111-3 -Centrales Termoeléctricas Convencionales	0.0069	3.659	13.0%
313-314- Fabricación de insumos textiles	0.0040	2.099	13.3%
322-323- Industria del papel	0.0037	1.928	16.4%
337- Fabricación de muebles	0.0033	1.729	18.9%
315-316 - Fabricación de prendas de vestir	0.0031	1.616	17.7%
21NP -Minería no petrolera	0.0029	1.514	6.9%
<b>Subtotal 10 sectores</b>	<b>0.0519</b>	<b>27.334</b>	
<b>Participación en el Multiplicador Directo de las Actividades Productivas</b>	<b>53.52%</b>	<b>53.52%</b>	
<b>Multiplicador Directo de las Actividades Productivas</b>	<b>0.097</b>	<b>51.07</b>	
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%</b>
Hogar Decil 1	0.0059	3.107	22.2%
Hogar Decil 2	0.0051	2.663	23.1%
Hogar Decil 3	0.0048	2.507	23.1%
Hogar Decil 4	0.0046	2.427	23.1%
Hogar Decil 5	0.0044	2.339	23.3%
<b>Subtotal 5 deciles</b>	<b>0.025</b>	<b>13.043</b>	
<b>Participación en el Multiplicador Directo de los Hogares</b>	<b>54.99%</b>	<b>54.99%</b>	
<b>Multiplicador Directo de los Hogares</b>	<b>0.045</b>	<b>23.72</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

\*Proporción que representa el multiplicador directo respecto al multiplicador total reportado en los Cuadros 4.2 y 4.3.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.9. México: Multiplicadores Indirectos de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Multiplicadores Indirectos de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%**</b>
11	0.0100	5.2617	83.2%
21P	0.0102	5.3556	90.5%
2121	0.0261	13.7613	90.5%
21NP	0.0391	20.5803	93.1%
221111-1	0.0449	23.6829	95.5%
221111-2	0.0266	13.9957	87.4%
221111-3	0.0464	24.4507	87.0%
221112	0.0108	5.6931	91.1%
221113	0.0327	17.2330	98.2%
221114	0.0508	26.7541	98.5%
221119	0.0328	17.2611	97.8%
22112	0.0426	22.4363	98.8%
222	0.0839	44.2074	89.9%
23	0.0106	5.5653	83.8%
311	0.0144	7.5629	87.4%
312	0.0139	7.3462	85.2%
313-314	0.0259	13.6378	86.7%
315-316	0.0143	7.5385	82.3%
321	0.0140	7.3945	86.7%
322-323	0.0187	9.8395	83.6%
324-326	0.0152	7.9929	90.8%
327	0.0219	11.5250	71.4%
331-332	0.0186	9.7865	75.4%
333-335	0.0084	4.4286	88.0%
336	0.0125	6.5931	86.1%
337	0.0141	7.4311	81.1%
339	0.0127	6.7189	89.5%
431	0.0120	6.3045	95.1%
461	0.0199	10.4611	94.2%
48-49	0.0102	5.3905	87.3%

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

Continuación Cuadro 4.9. México: Multiplicadores Indirectos de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

<b>Multiplicadores Indirectos de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%**</b>
51	0.0143	7.5529	92.7%
52	0.0127	6.7008	94.4%
53	0.0101	5.3386	96.2%
54	0.0126	6.6380	91.1%
55	0.0107	5.6399	88.2%
56	0.0143	7.5595	95.0%
61	0.0150	7.8880	94.0%
62	0.0137	7.2132	88.3%
71	0.0338	17.7872	95.5%
72	0.0190	10.0172	90.3%
81	0.0146	7.7184	91.1%
93	0.0145	7.6674	89.8%
<b>Multiplicador Indirecto Actividades Productivas</b>	<b>0.899</b>	<b>473.91</b>	
<b>% respecto al Multiplicador Total Indirecto</b>	<b>86.29%</b>	<b>86.29%</b>	
<b>Multiplicador Total Indirecto*</b>	<b>1.042</b>	<b>549.22</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la MNCS del 2018. Se resaltan en negro las diez actividades con los multiplicadores más altos, en gris oscuro las actividades no vinculadas con la industria eléctrica y en gris claro los más pequeños. \*El multiplicador total indirecto engloba las actividades productivas y los deciles de hogares. \*\*Proporción que representa el multiplicador indirecto respecto al multiplicador total reportado en el Cuadro 4.2.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.10. México: Multiplicadores Indirectos de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los Deciles de Hogares. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Multiplicadores Indirectos de Consumo y Emisiones de los Deciles de Hogares (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%**</b>
H1	0.0207	10.904	77.8%
H2	0.0168	8.861	76.9%
H3	0.0158	8.335	76.9%
H4	0.0154	8.103	76.9%
H5	0.0146	7.706	76.7%
H6	0.0140	7.401	76.2%
H7	0.0129	6.795	75.3%
H8	0.0125	6.569	75.2%
H9	0.0116	6.112	73.3%
H10	0.0086	4.521	72.2%
<b><i>Multiplicador Indirecto Hogares</i></b>	<b>0.143</b>	<b>75.31</b>	
<b><i>% respecto al Multiplicador Total Indirecto</i></b>	<b>13.71%</b>	<b>13.71%</b>	
<b><i>Multiplicador Total Indirecto*</i></b>	<b>1.042</b>	<b>549.22</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Se resaltan en negro los cinco deciles con los multiplicadores más altos. Y en gris claro los cinco deciles los multiplicadores más pequeños. \*El multiplicador total indirecto engloba las actividades productivas y los deciles de hogares. \*\*Proporción que representa el multiplicador indirecto respecto al multiplicador total reportado en el Cuadro 4.3.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.11. México: Actividades productivas y deciles de hogares con multiplicadores indirectos de consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2e</sub> más altos. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Actividades productivas y deciles con multiplicadores indirectos de consumo y emisiones más altos (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%</b>
222 -Suministro de agua y gas por ductos	0.0839	44.207	89.9%
221113 - Centrales Solares Fotovoltaicas	0.0327	17.233	98.2%
22112 -TDC de energía eléctrica	0.0426	22.436	98.8%
221114 -Centrales Eoloeléctricas	0.0508	26.754	98.5%
221112- Centrales Hidroeléctricas	0.0108	5.693	91.1%
221119 - Otro tipo de energía limpia	0.0328	17.261	97.8%
221111-1 - Centrales de Ciclo Combinado	0.0449	23.683	95.5%
21NP -Minería no petrolera	0.0391	20.580	93.1%
221111-2 - Centrales Carboeléctricas	0.0266	13.996	87.4%
221111-3 - Centrales Termoeléctricas Convencionales	0.0464	24.451	87.0%
<b>Subtotal 10 sectores</b>	<b>0.4104</b>	<b>216.294</b>	
<b>Participación en el Multiplicador Indirecto de las Actividades Productivas</b>	<b>45.64%</b>	<b>45.64%</b>	
<b>Multiplicador Indirecto de las Actividades Productivas</b>	<b>0.899</b>	<b>473.91</b>	
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%</b>
Hogar Decil 1	0.021	10.90	77.8%
Hogar Decil 2	0.017	8.86	76.9%
Hogar Decil 3	0.016	8.33	76.9%
Hogar Decil 4	0.015	8.10	76.9%
Hogar Decil 5	0.015	7.71	76.7%
<b>Subtotal 5 deciles</b>	<b>0.083</b>	<b>43.91</b>	
<b>Participación en el Multiplicador Indirecto de los Hogares</b>	<b>58.31%</b>	<b>58.31%</b>	
<b>Multiplicador Indirecto de los Hogares</b>	<b>0.143</b>	<b>75.31</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la MNCS del 2018. \*Proporción que representa el multiplicador indirecto respecto al multiplicador total reportado en los Cuadros 4.2 y 4.3.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.12. México: Actividades productivas no relacionadas con la industria eléctrica con multiplicadores indirectos de consumo y emisiones más altos. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**

<b>Actividades productivas y deciles con multiplicadores indirectos de consumo y emisiones más altos (GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>)</b>			
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (GWh)</b>	<b>Emisiones (Ton CO<sub>2e</sub>)</b>	<b>%</b>
71- Servicios de esparcimiento culturales	0.0338	17.7872	95.5%
2121 -Minería de carbón mineral	0.0261	13.7613	90.5%
313-314- Fabricación de insumos textiles	0.0259	13.6378	86.7%
327- Minerales no metálicos	0.0219	11.5250	71.4%
46- Comercio al por menor	0.0199	10.4611	94.2%
72- Servicios de alojamiento temporal	0.0190	10.0172	90.3%
322-323- Industria del papel	0.0187	9.8395	83.6%
331-332- Industrias metálicas básicas	0.0186	9.7865	83.2%
61 -Servicios educativos	0.0150	7.8880	94.0%
324-326- Derivados del petróleo y el carbón; industria química	0.0152	7.9929	93.6%
<b>Subtotal 10 sectores</b>	<b>0.214</b>	<b>112.70</b>	
<b>Participación en el Multiplicador Indirecto de las Actividades Productivas</b>	<b>23.78%</b>	<b>23.78%</b>	
<b>Multiplicador Indirecto de las Actividades Productivas</b>	<b>0.899</b>	<b>473.91</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en la MNCS del 2018. \*Proporción que representa el multiplicador indirecto respecto al multiplicador total reportado en los Cuadros 4.2 y 4.3.

### 4.4 Multiplicadores Totales de Consumo y de Emisiones de CO<sub>2e</sub>

Se examinó la relación entre los multiplicadores totales de consumo eléctrico y de emisiones y el papel que juegan las actividades en el funcionamiento de la economía nacional. Los sectores fueron clasificados en cuatro categorías -claves, estratégicos, independientes e impulsores- en base a sus encadenamientos productivos, los cuales fueron estimados a partir de la matriz de coeficientes inversos del modelo de Contabilidad Social. El procedimiento de clasificación se describe en el Anexo 21.

#### 4.4.1 Actividades Productivas

En la Gráfica 4.6 se colocaron los multiplicadores de consumo eléctrico (GWh) en el eje de las abscisas y los multiplicadores de emisiones de CO<sub>2e</sub> (Toneladas de CO<sub>2e</sub>) en el eje de las ordenadas. Las actividades productivas se encuentran clasificadas en sectores claves, estratégicos, independientes e impulsores de acuerdo con sus multiplicadores de producción, los cuales se exhiben en el Anexo 20. El tamaño de la burbuja asociado a cada sector está en función de su participación (%) en el PIB nacional reportado durante el 2018 en la MNCS. Las líneas punteadas color rojo representan la media para cada multiplicador graficado.

A nivel nacional se puede observar que los sectores claves y estratégicos (cuadrantes I y II) serían los que destacarían por los menores multiplicadores en ambas variables en respuesta al cambio unitario en la demanda final. En cambio, los sectores independientes e impulsores ubicados en los cuadrantes III y IV, exhibirían los mayores impactos en el consumo de electricidad, reflejándose en una mayor distancia de las burbujas respecto al origen.

La mayor relevancia de los sectores claves y estratégicos en la estructura productiva nacional, reflejado en el tamaño de sus burbujas (los primeros aglomeran en su conjunto aproximadamente el 26% del PIB nacional y los segundos el 36%), las cuales son relativamente más grandes en comparación con las actividades independientes e impulsoras les permitiría tener la capacidad para responder a la

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

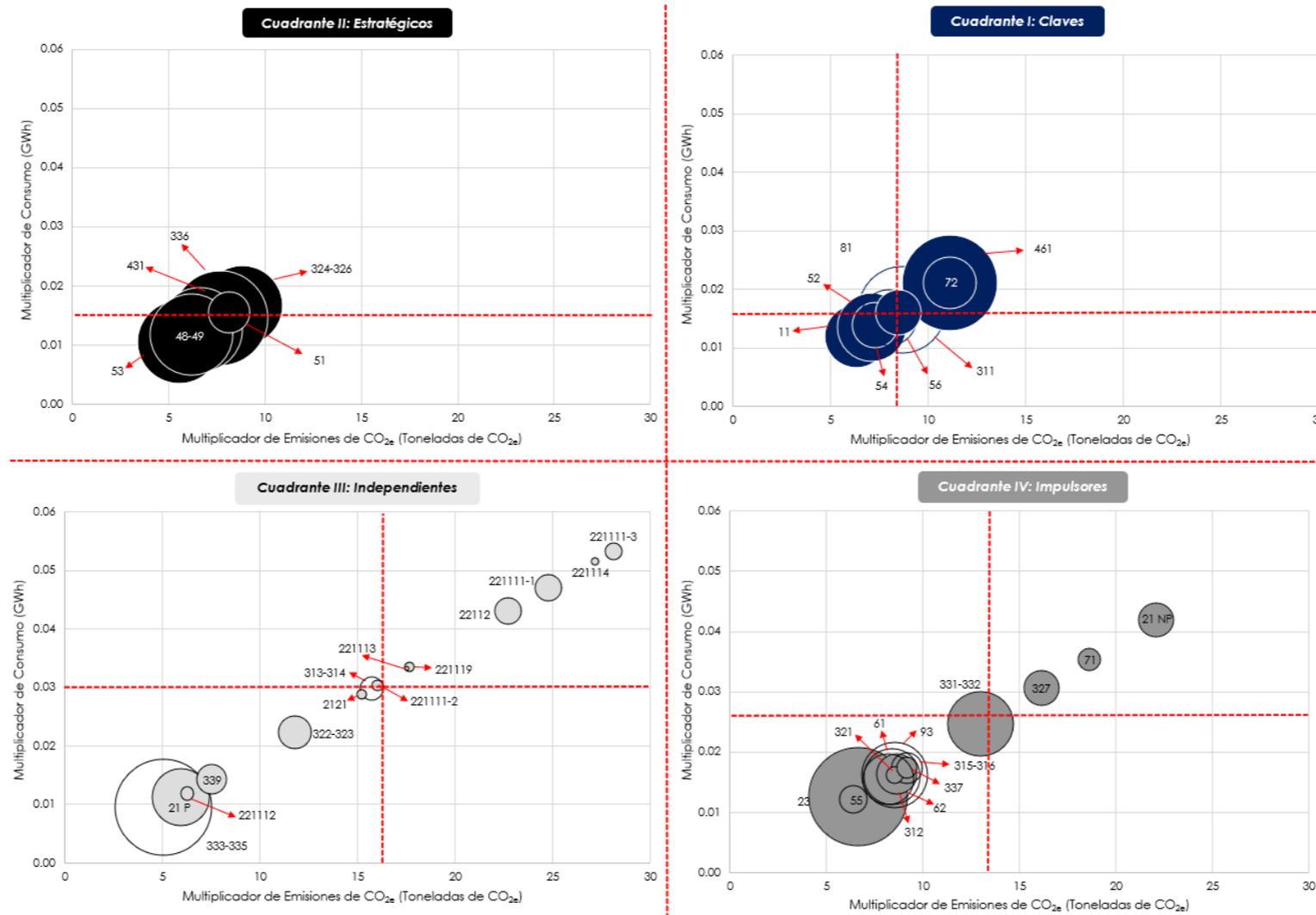
---

alteración de la demanda final exógena. Dentro de los sectores con fuerte capacidad de demanda y oferta (claves) destacarían la agricultura, industria alimentaria, comercio al por menor y diversos servicios como: financieros y de seguros, profesionales y científicos, apoyo a negocios y de alojamiento temporal. Los sectores que sobresaldrían por su rol como proveedores o abastecedores (estratégicos) serían derivados del petróleo y del carbón, fabricación de equipo de transporte, comercio al por mayor, transportes y correos, servicios inmobiliarios y de alquiler e información en medios masivos.

En cambio, las actividades de bajo peso en la economía mexicana (sectores independientes e impulsores, los cuales participan con el 13.3 y 24.5% del PIB nacional) requerirían de un esfuerzo mayor en términos de electricidad -creación de infraestructura, instalaciones, maquinaria y equipo, servicios, insumos, etc.- para abastecer el millón de pesos adicional, suceso que se refleja en los altos multiplicadores que reporta el suministro de agua y gas por ductos, minería no petrolera y los subsectores de la industria eléctrica.

*En resumen, se puede identificar un patrón general en las actividades productivas a nivel nacional, el cual consistiría en que los sectores con mayores requerimientos eléctricos y de relevancia significativa en el PIB nacional, clasificados como claves y estratégicos, exhibirían los menores multiplicadores de consumo de energía eléctrica y de emisiones de CO<sub>2e</sub> ante el cambio unitario en la demanda final. En cambio, las actividades con reducido peso dentro de la economía nacional, denominados sectores independientes e impulsores reportarían los multiplicadores más grandes debido a su insuficiente capacidad para absorber el millón de pesos adicional en la economía. Por su parte, los subsectores de la industria eléctrica serían de los más sensibles ante el shock, ya que para abastecer las nuevas necesidades energéticas que implica el aumento exógeno requerirán de un mayor consumo de electricidad en forma de usos propios para aumentar la producción de este insumo productivo y de consumo final.*

Gráfica 4.6. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las actividades productivas. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social. 2018. Para ver a mayor detalle cada cuadrante véase los Anexos 22, 23, 24 y 25.

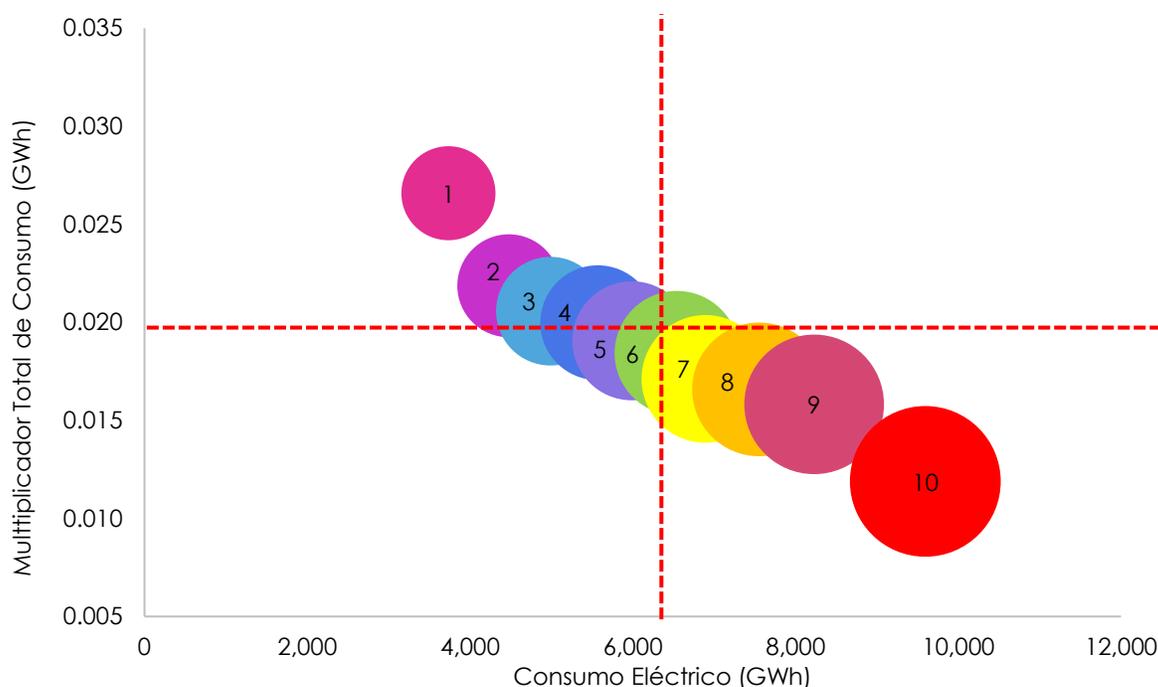
## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

### 4.4.2 Hogares

En la Gráfica 4.7 se representan para los deciles de hogares los multiplicadores de consumo (GWh) en el eje de las abscisas y los multiplicadores de emisiones de CO<sub>2e</sub> (Toneladas de CO<sub>2e</sub>) en el eje de las ordenadas. El tamaño de la burbuja asociado a cada decil está en función de su participación (%) en el consumo eléctrico del país (véase Gráfica 3.4).

*El comportamiento observado a nivel nacional consistiría en que los hogares pertenecientes a los deciles con altos niveles de ingreso y alta demanda de electricidad reportarían los menores multiplicadores de consumo y emisiones de CO<sub>2e</sub>, debido a su baja propensión marginal a consumir. En cambio, el impulso en la demanda final produciría mayores efectos multiplicadores en los deciles con menor capacidad adquisitiva a causa de su elevada propensión. Estos patrones se pueden corroborar a continuación en las gráficas 4.7 y 4.8.*

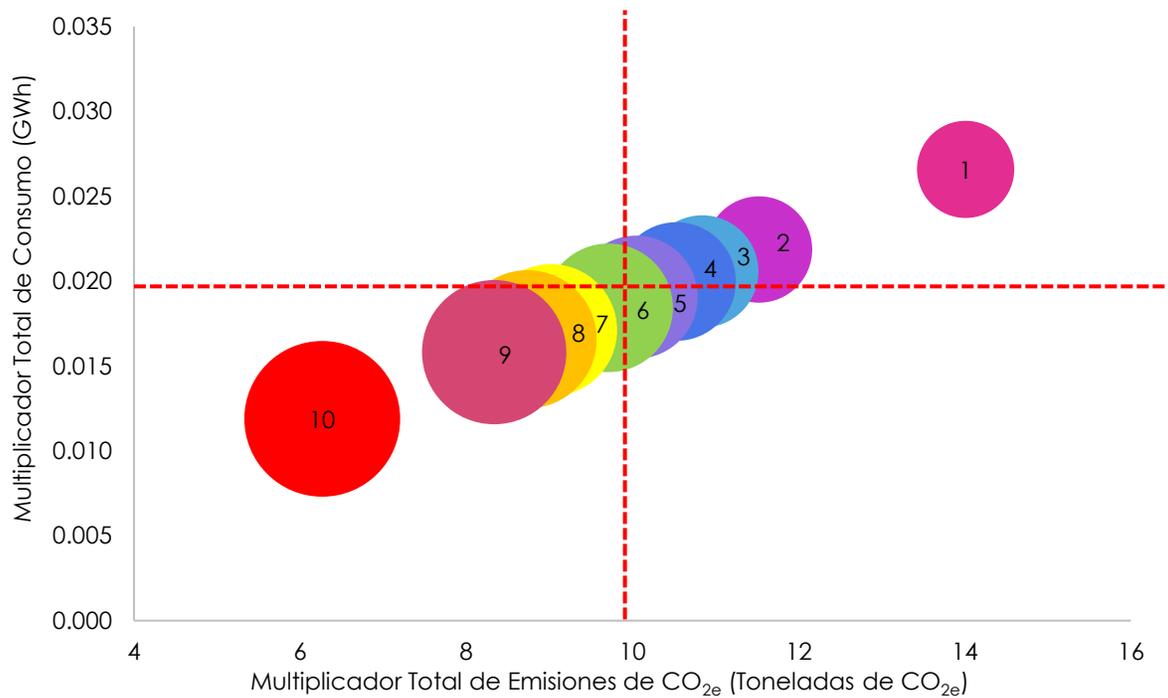
**Gráfica 4.7. México: Consumo de electricidad y Multiplicador total de consumo de los deciles de hogares. GWh. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con información de la Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Gráfica 4.8. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los deciles de hogares. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social. 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador

### 4.5 Elasticidades de Consumo y de Emisiones de CO<sub>2e</sub>

Se calcularon las elasticidades para ambas variables analizadas, la descripción del procedimiento se relata en el Anexo 26. Por medio de esta herramienta fue posible cuantificar la variación en términos porcentuales que experimentaría el consumo de electricidad y las emisiones de CO<sub>2e</sub> ante un cambio en la demanda final de cada sector del 1%.

Se trata de un indicador de gran utilidad, pues permite ponderar los efectos generados por cambios en la demanda final, cuantificados a través de los multiplicadores, por la dimensión de cada una de las actividades productivas. El ponderador utilizado para tal efecto (y como se muestra en las ecuaciones A.26.1 y A.26.2) es el cociente del valor de la demanda final exógena de un sector dividido entre el producto bruto total que registró la economía mexicana durante el 2018 (Dávila y Valdés, 2018).

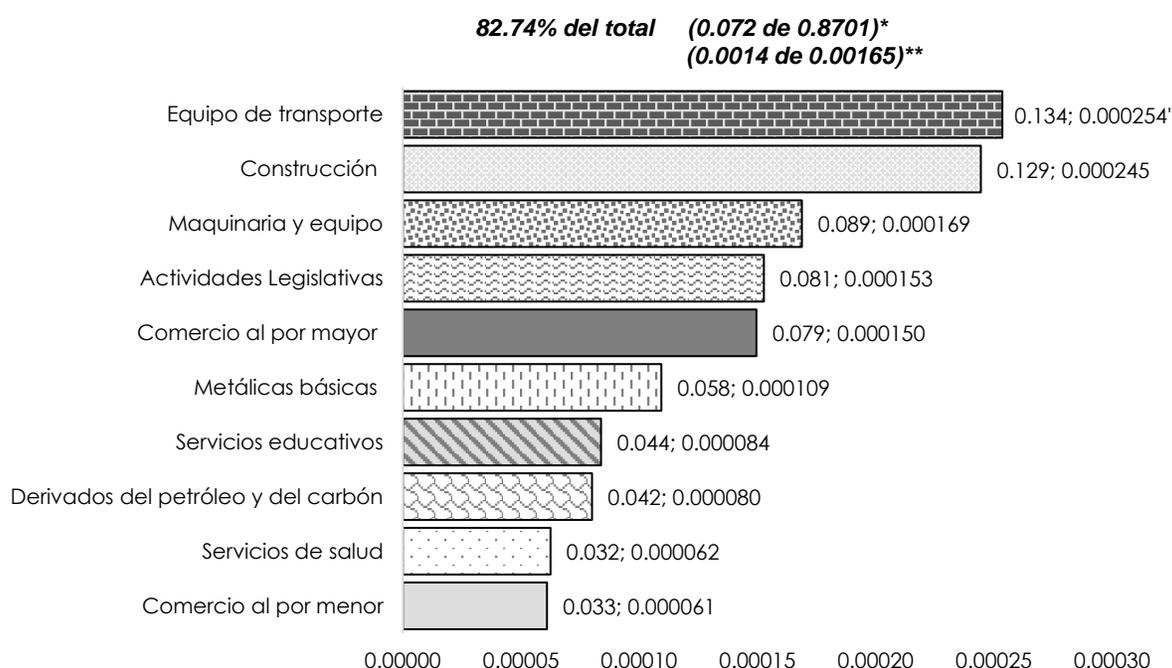
Las elasticidades totales de consumo eléctrico y de emisiones de las 42 actividades productivas que integran la cuenta de producción de la MNCS se comunican en el antepenúltimo renglón del Cuadro 4.13. Una alteración del uno por ciento en la demanda final de este conjunto de sectores produciría variaciones acumuladas en la economía mexicana del 0.00165 por ciento en la demanda de energía eléctrica y del 0.8701 para el caso de las emisiones de CO<sub>2e</sub> liberadas a la atmósfera.

La actividad con las mayores elasticidades ante cambios en su demanda final fueron la fabricación de equipo de transporte, reportándose para el consumo en 0.000254 por ciento y para las emisiones en 0.134. Concentrando así el 15.4% de las elasticidades totales en ambos indicadores. En segunda y en tercera posición se ubicaron los sectores de construcción y maquinaria y equipo, el primero de ellos aglomeró en 14.8% y el segundo contribuyó con el 10.2%. En conjunto, este subgrupo de tres actividades concentraría el 40.4% de las elasticidades totales a nivel nacional para las variables analizadas.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

Si a este grupo se añaden las elasticidades de las actividades legislativas, comercio al por mayor y al por menor, industrias metálicas básicas, industria química y derivados del petróleo y servicios educativos y de salud, se estaría contabilizando el 82.74% de la elasticidad total en la demanda de electricidad y en las emisiones contaminantes asociadas, es decir, 0.0014 y 0.072 por ciento respectivamente (véase Gráfica 4.9). Este patrón resulta lógico, ya que este subgrupo de diez sectores fue responsable de casi el 55% del producto bruto total generado a nivel nacional, además, cinco de ellas (46, 336,324-326,331-332 y 333-335) fueron clasificadas como las actividades con mayor consumo de electricidad durante el 2018 (véase Gráfica 3.5).

**Gráfica 4.9. México: Actividades productivas con las elasticidades de consumo y emisiones de CO<sub>2e</sub> más altas por cambios en la demanda final de cada sector. %. 2018**



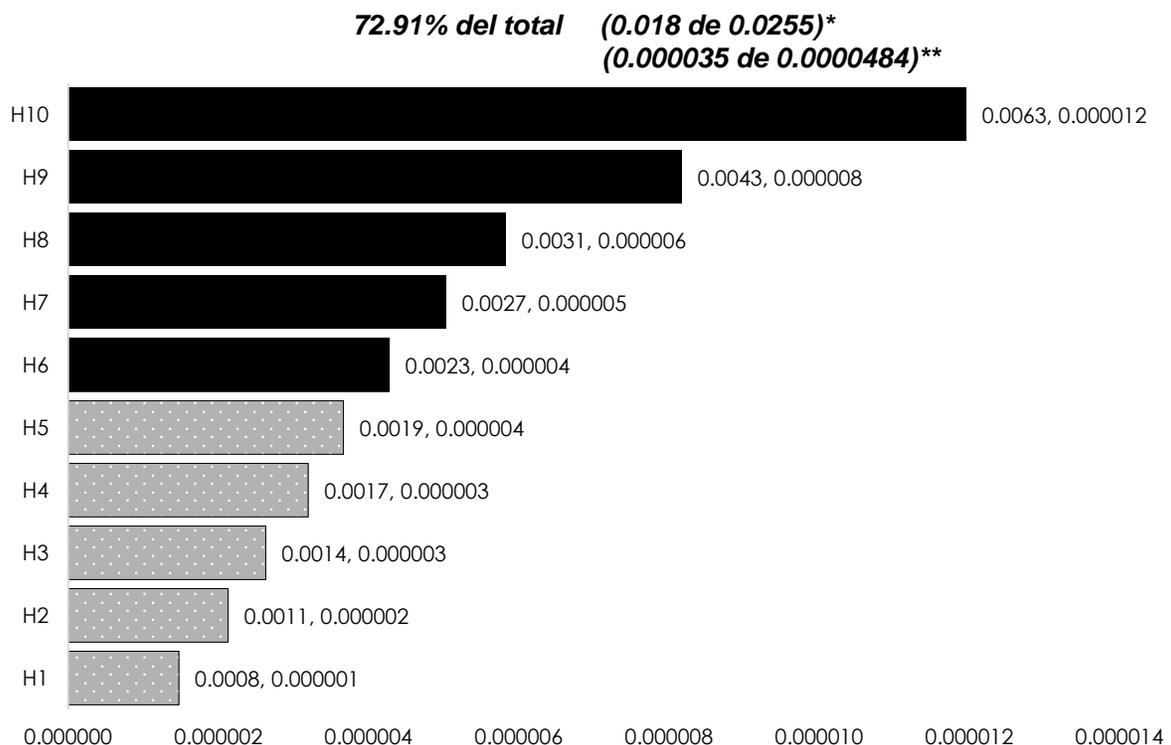
**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

\*Elasticidad de emisiones de CO<sub>2e</sub> que representa el subgrupo de 10 actividades respecto a la elasticidad total productiva. \*\*Elasticidad de consumo eléctrico que representa el subgrupo de 10 actividades respecto a la elasticidad total productiva. 'La primer cifra corresponde a la elasticidad para las emisiones y la segunda para el consumo.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

El análisis de las elasticidades también se hizo extensivo para los deciles de hogares y los resultados se computan en el Cuadro 4.14. Un ajuste del uno por ciento en la demanda final de los hogares daría origen a variaciones acumuladas a nivel nacional del 0.0000484 por ciento en el consumo de electricidad y del 0.0255 en las emisiones de CO<sub>2e</sub>, como se muestra en el antepenúltimo renglón del cuadro. Las cifras son poco relevantes, ya que la mayor parte de las elasticidades totales (engloba actividades y deciles de hogares) las estaría exhibiendo el sector productivo (97.15%) y la parte doméstica sólo participaría con el 2.85% en ambas variables estimadas.

**Gráfica 4.10. México: Elasticidades de consumo y emisiones de CO<sub>2e</sub> de los hogares por cambios en la demanda final de cada decil. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

\*Elasticidad de emisiones de CO<sub>2e</sub> que representa el subgrupo de los cinco deciles más acaudalados (10-6) respecto a la elasticidad total doméstica. \*\*Elasticidad de consumo eléctrico que representa el subgrupo de los cinco deciles más acaudalados (10-6) respecto a la elasticidad total doméstica.

‘La primer cifra corresponde a la elasticidad para las emisiones y la segunda para el consumo.

## **MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES**

---

En la economía mexicana los cinco deciles más acaudalados (6 al 10) registrarían las elasticidades más altas frente a cambios del 1% en su demanda final, agrupando el 72.91% de las elasticidades totales de consumo y emisiones del sector residencial. Las elasticidades de consumo eléctrico fluctuarían entre 0.000012 y 0.000004, mientras que para el indicador de emisiones de CO<sub>2e</sub> el intervalo rondaría entre 0.0063 y 0.0023 por ciento (véase Gráfica 4.10). Este comportamiento se explica debido a que estos deciles son los más intensivos en el consumo de este bien de demanda final, de forma agregada demandaron en el 2018 el 61.05% (véase Gráfica 3.4).

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.13. México: Elasticidades de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. %. 2018**

<b>Elasticidades de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (%)</b>		
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (%)</b>	<b>Emisiones (%)</b>
11	0.0000229	0.012
21P	0.0000445	0.023
2121	0.0000010	0.001
21NP	0.0000399	0.021
221111-1	0.0000042	0.002
221111-2	0.0000005	0.000
221111-3	0.0000018	0.001
221112	0.0000002	0.000
221113	0.0000000	0.000
221114	0.0000003	0.000
221119	0.0000003	0.000
22112	0.0000037	0.002
222	0.0000001	0.000
23	<b>0.0002446</b>	<b>0.129</b>
311	0.0000156	0.008
312	0.0000100	0.005
313-314	0.0000100	0.005
315-316	0.0000085	0.005
321	0.0000015	0.001
322-323	0.0000122	0.006
324-326	<b>0.0000800</b>	<b>0.042</b>
327	0.0000167	0.009
331-332	<b>0.0001094</b>	<b>0.058</b>
333-335	<b>0.0001688</b>	<b>0.089</b>
336	<b>0.0002536</b>	<b>0.134</b>
337	0.0000067	0.004
339	0.0000169	0.009
431	<b>0.0001496</b>	<b>0.079</b>
461	<b>0.0000610</b>	<b>0.032</b>
48-49	0.0000559	0.029
51	-0.0000004	0.000
52	0.0000055	0.003

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

Continuación Cuadro 4.13. México: Elasticidades de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de las Actividades Productivas. %. 2018

<b>Elasticidades de Consumo y Emisiones de las Actividades Productivas (%)</b>		
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Consumo (%)</b>	<b>Emisiones (%)</b>
53	0.0000017	0.001
54	0.0000016	0.001
55	0.0000000	0.000
56	0.0000003	0.000
61	0.0000838	0.044
62	0.0000625	0.033
71	0.0000030	0.002
72	0.0000003	0.000
81	-0.0000008	0.000
93	0.0001528	0.081
<b><i>Elasticidad Total Actividades Productivas</i></b>	<b>0.00165</b>	<b>0.8701</b>
<b><i>% respecto a ET</i></b>	<b>97.15%</b>	<b>97.15%</b>
<b>Elasticidad Total* (ET)</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.896</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Se resaltan en negro las diez actividades con las elasticidades más altas. Y en gris claro los sectores con las elasticidades más pequeños. \*La elasticidad total engloba las actividades productivas y los deciles de hogares.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.14. México: Elasticidades de Consumo Eléctrico y de Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los Deciles de Hogares. %. 2018**

<b>Elasticidades de Consumo y Emisiones de los Deciles de Hogares (%)</b>		
<b>Deciles</b>	<b>Consumo (%)</b>	<b>Emisiones (%)</b>
H1	0.000001	0.0008
H2	0.000002	0.0011
H3	0.000003	0.0014
H4	0.000003	0.0017
H5	0.000004	0.0019
H6	0.000004	0.0023
H7	0.000005	0.0027
H8	0.000006	0.0031
H9	0.000008	0.0043
H10	0.000012	0.0063
<b><i>Elasticidad Total Hogares</i></b>	<b>0.0000484</b>	<b>0.0255</b>
<b><i>% respecto a ET</i></b>	<b>2.85%</b>	<b>2.85%</b>
<b>Elasticidad Total (ET*)</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.896</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Se resaltan en negro los cinco deciles con las elasticidades más altas. Y en gris claro los cinco deciles las elasticidades más pequeñas. \*La elasticidad total engloba las actividades productivas y los deciles de hogares.

### 4.6 Multiplicadores de la Matriz de Contabilidad Social

De acuerdo con Holland y Wyeth (1993), la matriz de multiplicadores de Contabilidad Social muestra cuál es el impacto de un shock o perturbación externa en un determinado sector (es) de la economía. Además, permite comparar la economía antes y después de un cambio en la política económica, por ejemplo: alteración de las tasas impositivas, inversión pública, alteración en alguna otra condición externa, como el nivel de demanda de exportaciones, etc. Generando información de utilidad para los tomadores de decisiones políticas, ya que les permite comprender el proceso de ajuste económico ante diversos tipos de shocks.

De  $(\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1} = \mathbf{M}$  se deriva la matriz de multiplicadores de producción de contabilidad social, la cual se obtiene al invertir lo que se conoce en el contexto de los modelos de insumo-producto como la matriz de Leontief, dicha matriz es el resultante de restar de una matriz identidad ( $\mathbf{I}$ ) la de coeficientes directos ( $\mathbf{S}$ ). En el modelo básico de Leontief, esta matriz usualmente se identifica con la letra  $\mathbf{L}$  y en lugar de la matriz de coeficientes directos de la MCS ( $\mathbf{S}$ ), se emplea la de coeficientes técnicos ( $\mathbf{A}$ ). Por supuesto que el modelo basado en la MCS contiene más información, pues incorpora la totalidad de transacciones contempladas en el flujo circular de un sistema económico (Dávila, 2019).

#### 4.6.1 Multiplicadores por aumentos unitarios en la demanda exógena de las actividades productivas

En el Cuadro 4.15 se muestra un resumen de los multiplicadores derivados de aumentos unitarios en la demanda final exógena de las actividades productivas para la economía mexicana, los cuales fueron obtenidos a partir de la matriz de coeficientes inversos del modelo Nacional de Contabilidad Social estimado para el 2018.

En la primera columna se exhibe el código SCIAN y un descriptor para cada una de las actividades productivas consideradas en el análisis. En la segunda columna se reportan los efectos de difusión provenientes de la sumatoria de los 42 elementos que integran la cuenta de producción de cada una de las 42 columnas de la matriz

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

---

**M** (véase Ecuación A.21.1); el vector resultante se transpone. En la siguiente columna aparecen los efectos de absorción, estos se calcularon agregando los 42 elementos de cada renglón de la cuenta de producción de **M** (véase Ecuación A.21.2).

Las 22 columnas restantes muestran la transposición de los valores de la matriz inversa vinculados a la interacción de las actividades productivas con las cuentas de generación del ingreso, asignación del ingreso primario, distribución secundaria del ingreso y utilización del ingreso. Finalmente, en el último renglón del cuadro se registra el valor promedio para cada columna.

Los sectores con los mayores efectos de difusión o arrastre se concentrarían en las actividades del gobierno, industria alimentaria, fabricación de productos a base de minerales no metálicos, industria de la madera y servicios educativos. La alteración unitaria en la demanda final de estas actividades generaría un aumento en la demanda de insumos intermedios de todos los sectores productivos de la economía nacional en 2.64, 2.61, 2.608, 2.603 y 2.57 pesos respectivamente (véase columna 2 del Cuadro 4.15).

La cantidad de producción adicional que se requerirá en los subsectores de la economía nacional para satisfacer el cambio unitario en la demanda final del sector eléctrico agregado sería en promedio de 2.16 pesos.

Por otro lado, los mayores beneficios derivados de una expansión unitaria en la demanda final de todos los sectores productivos se presentarían en los servicios inmobiliarios y de alquiler, comercio al por menor, derivados del petróleo y carbón, industria alimentaria y transportes, correo y almacenamiento, registrando efectos de absorción de 6.84, 6.18, 6.02, 5.74 y 5.05 pesos respectivamente (véase columna 3 del Cuadro 4.15).

Por su parte, la industria eléctrica tendría que aumentar su producción en promedio en 1.22 pesos para poder abastecer la variación en la demanda final de la economía nacional en su conjunto.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.15. México: Efectos multiplicadores de aumentos unitarios en la demanda exógena de las actividades productivas. 2018**

Cuenta	I - Cuenta de producción		II.1.1 - Cuenta de generación del ingreso			II.1.2 - Cuenta de asignación del ingreso primario			II.2 - Cuenta de distribución secundaria del ingreso			
	Oj	Oi	L	IMP	EBO	EMP	INST	HH	EMP	INST	G	HH
11-Agricultura y ganadería	2.38	3.53	0.28	0.00	1.18	0.43	0.12	0.98	0.05	0.10	0.27	1.10
21 P-Minería petrolera	2.21	2.15	0.21	0.00	1.20	0.44	0.12	0.92	0.05	0.10	0.26	1.03
2121-Minería de carbón mineral	2.27	1.25	0.23	0.01	1.17	0.43	0.12	0.92	0.05	0.09	0.26	1.04
21NP-Minería no petrolera	2.31	1.47	0.28	0.01	1.17	0.43	0.12	0.97	0.05	0.10	0.27	1.09
221111-1 GE en Ciclo Combinado	2.06	1.59	0.237	0.01	0.69	0.26	0.07	0.65	0.03	0.06	0.17	0.72
221111-2 GE en Carboeléctrica	2.03	1.10	0.235	0.01	0.68	0.25	0.07	0.64	0.03	0.06	0.17	0.71
221111-3 GE en Termoeléctrica Convencional	2.23	1.22	0.206	0.01	-0.31	-0.1	-0.03	0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.00
221112-GE en Hidroeléctrica	2.24	1.13	0.279	0.01	1.11	0.41	0.11	0.94	0.05	0.09	0.26	1.05
221113-GE en Solar Fotovoltaica	2.19	1.01	0.272	0.01	1.25	0.46	0.13	1.01	0.06	0.10	0.28	1.14
221114-GE en Eoloeléctrica	2.21	1.04	0.275	0.01	1.19	0.44	0.12	0.98	0.05	0.10	0.27	1.10
221119-GE a partir de energía limpia	2.11	1.06	0.262	0.01	1.07	0.39	0.11	0.90	0.05	0.09	0.25	1.01
22112-Transmisión, distribución y comercialización de electricidad	2.18	1.57	0.271	0.01	1.27	0.47	0.13	1.02	0.06	0.10	0.28	1.15
222-Suministro de agua y gas	2.48	1.35	0.37	0.023	1.04	0.38	0.11	0.99	0.05	0.09	0.26	1.11
23-Construcción	2.43	1.53	0.35	0.006	1.08	0.40	0.11	0.99	0.05	0.09	0.26	1.10
331-Industria alimentaria	2.61	5.74	0.25	0.007	1.09	0.40	0.11	0.90	0.05	0.09	0.25	1.01
312-Industria de las bebidas y del tabaco	2.36	1.92	0.22	0.007	1.03	0.38	0.10	0.83	0.05	0.08	0.23	0.93
313-314 Fabricación de insumos textiles	2.30	1.39	0.31	0.007	0.79	0.29	0.08	0.78	0.04	0.07	0.20	0.87
316-316 Fabricación de prendas de vestir	2.32	1.51	0.33	0.007	0.83	0.31	0.08	0.83	0.04	0.07	0.21	0.92
321-Industria de la madera	2.60	1.28	0.32	0.007	1.02	0.38	0.10	0.93	0.05	0.09	0.25	1.03
322-323 Industrias del papel	2.25	1.75	0.24	0.007	0.76	0.28	0.08	0.69	0.03	0.06	0.18	0.76
324-326 Derivados del petróleo y del carbón	2.15	6.02	0.20	0.006	0.77	0.28	0.08	0.65	0.03	0.06	0.18	0.73
327-Minerales no metálicos	2.61	1.45	0.27	0.008	0.95	0.35	0.10	0.83	0.04	0.08	0.22	0.93
331-332 Industrias metálicas	2.34	2.03	0.22	0.007	0.85	0.31	0.09	0.73	0.04	0.07	0.20	0.81
333-335 Maquinaria y equipo	1.65	1.86	0.20	0.006	0.42	0.15	0.04	0.45	0.02	0.04	0.11	0.50
336-Fabricación de equipo de transporte	1.92	2.67	0.16	0.007	0.59	0.22	0.06	0.51	0.03	0.05	0.14	0.57
337-Fabricación de muebles	2.51	1.15	0.33	0.008	0.92	0.34	0.09	0.88	0.04	0.08	0.23	0.97
339-Otras industrias manufactureras	1.73	1.25	0.22	0.006	0.48	0.18	0.05	0.51	0.02	0.04	0.13	0.56
431-Comercio al por mayor	2.22	3.63	0.20	0.010	1.36	0.50	0.14	1.00	0.06	0.11	0.29	1.13
461-Comercio al por menor	2.33	6.18	0.38	0.007	1.23	0.45	0.12	1.10	0.06	0.10	0.29	1.23
48-49 Transportes y correo	2.30	5.05	0.35	0.002	1.00	0.37	0.10	0.94	0.05	0.09	0.25	1.05
51-Información en medios masivos	2.30	2.39	0.29	0.006	1.09	0.40	0.11	0.94	0.05	0.09	0.25	1.05
52-Servicios financieros y de seguros	2.49	4.03	0.39	0.020	1.20	0.44	0.12	1.11	0.05	0.10	0.29	1.23
53-Servicios inmobiliarios	2.16	6.84	0.18	0.004	1.43	0.52	0.14	1.03	0.06	0.11	0.30	1.16
54-Servicios profesionales	2.44	2.41	0.45	0.005	1.15	0.42	0.12	1.14	0.05	0.10	0.29	1.27
55-Dirección de corporativos	2.33	1.48	0.30	0.016	1.10	0.40	0.11	0.96	0.05	0.09	0.26	1.07
56-Servicios de apoyo a los negocios	2.52	3.38	0.80	0.005	0.97	0.36	0.10	1.38	0.05	0.10	0.32	1.51
61-Servicios educativos	2.57	1.49	0.99	0.008	0.84	0.31	0.09	1.49	0.05	0.10	0.32	1.62
62-Servicios de salud	2.56	1.49	0.73	0.008	0.84	0.31	0.09	1.23	0.04	0.09	0.28	1.34
71-Servicios de esparcimiento	2.41	1.31	0.39	0.027	1.12	0.41	0.11	1.05	0.05	0.10	0.27	1.17
72-Servicios de alojamiento temporal	2.43	2.72	0.35	0.005	1.18	0.43	0.12	1.05	0.05	0.10	0.28	1.17
81-Otros servicios	2.37	2.36	0.48	0.004	1.06	0.39	0.11	1.11	0.05	0.10	0.28	1.23
93-Actividades del Gobierno	2.64	1.02	0.86	0.018	0.77	0.29	0.08	1.32	0.04	0.09	0.29	1.44
<b>Promedio</b>	<b>2.30</b>	<b>2.30</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.97</b>	<b>0.36</b>	<b>0.10</b>	<b>0.91</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.24</b>	<b>1.02</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Para cada columna se resaltan en negro las cinco actividades con los multiplicadores más altos. Y en gris claro las cinco actividades con los multiplicadores más pequeños.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Continuación Cuadro 4.15. México: Efectos multiplicadores de aumentos unitarios en la demanda exógena de las actividades productivas. 2018**

Cuenta	II.4 - Cuenta utilización del ingreso											
Actividades Productivas	EMP	INST	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5	HH 6	HH 7	HH 8	HH 9	HH 10
11-Agricultura y ganadería	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.14	0.36
21 P-Minería petrolera	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.34
2121-Minería de carbón mineral	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.34
21NP-Minería no petrolera	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.14	0.35
221111-1 GE en Ciclo Combinado	-0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.10	0.23
221111-2 GE en Carboeléctrica	-0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.23
221111-3 GE en Termoeléctrica Convencional	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
221112-GE en Hidroeléctrica	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.34
221113-GE en Solar Fotovoltaica	-0.06	0.08	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.15	0.37
221114-GE en Eoloeléctrica	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.15	0.36
221119-GE a partir de energía limpia	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.33
22112-Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	-0.06	0.08	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.15	0.37
222-Suministro de agua y gas	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.15	0.36
23-Construcción	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.14	0.36
331-Industria alimentaria	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.33
312-Industria de las bebidas y del tabaco	-0.05	0.06	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.12	0.30
313-314 Fabricación de insumos textiles	-0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.11	0.28
316-316 Fabricación de prendas de vestir	-0.04	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.12	0.30
321-Industria de la madera	-0.05	0.06	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.34
322-323 Industrias del papel	-0.03	0.05	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.10	0.25
324-326 Derivados del petróleo y del carbón	-0.04	0.05	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.10	0.24
327-Minerales no metálicos	-0.04	0.06	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.12	0.30
331-332 Industrias metálicas	-0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.11	0.26
333-335 Maquinaria y equipo	-0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.16
336-Fabricación de equipo de transporte	-0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.19
337-Fabricación de muebles	-0.04	0.06	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.13	0.32
339-Otras industrias manufactureras	-0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.18
431-Comercio al por mayor	-0.06	0.08	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.15	0.37
461-Comercio al por menor	-0.06	0.08	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.16	0.40
48-49 Transportes y correo	-0.05	0.06	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.34
51-Información en medios masivos	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.34
52-Servicios financieros y de seguros	-0.06	0.08	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.16	0.40
53-Servicios inmobiliarios	-0.06	0.08	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.15	0.38
54-Servicios profesionales	-0.05	0.08	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.17	0.41
55-Dirección de corporativos	-0.05	0.07	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.14	0.35
56-Servicios de apoyo a los negocios	-0.05	0.08	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.15	0.20	0.49
61-Servicios educativos	-0.05	0.07	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.21	0.52
62-Servicios de salud	-0.04	0.07	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.43
71-Servicios de esparcimiento	-0.05	0.07	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.15	0.38
72-Servicios de alojamiento temporal	-0.05	0.07	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.15	0.38
81-Otros servicios	-0.05	0.07	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.16	0.40
93-Actividades del Gobierno	-0.04	0.07	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.14	0.19	0.46
<b>Promedio</b>	<b>-0.04</b>	<b>0.06</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.10</b>	<b>0.13</b>	<b>0.33</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Para cada columna se resaltan en negro las cinco actividades con los multiplicadores más altos. Y en gris claro las cinco actividades con los multiplicadores más pequeños.

## **MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES**

---

El multiplicador de la cuenta de generación del ingreso se descompuso en tres elementos: remuneraciones a los asalariados (L), excedente bruto de operación (EBO) y otros impuestos sobre la producción netos (IMP). Los mayores incrementos en las remuneraciones a causa de un shock unitario en la demanda exógena se presentarían en el sector terciario, de forma específica en los servicios educativos, actividades del gobierno, servicios de apoyo a los negocios, servicios de la salud y otros servicios, cuyos multiplicadores superarían al promedio nacional reportado en 34 centavos (véase columna 4 del Cuadro 4.15).

En el excedente bruto de operación los efectos más pronunciados se observarían en los servicios inmobiliarios y de alquiler, comercio al por mayor, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, generación de electricidad en centrales solares fotovoltaicas y comercio al por menor. El EBO aumentaría en 1.43, 1.36, 1.27, 1.25 y 1.23 pesos como respuesta al estímulo en la demanda final, sobrepasando al promedio nacional registrado en 97 centavos.

Los impactos más visibles en los impuestos como respuesta al shock se reflejarían en los servicios de esparcimiento, suministro de agua y gas por ductos, servicios financieros y de seguros, actividades del gobierno y dirección de corporativos y empresas. En promedio, el multiplicador para estas actividades se computaría en 0.01 pesos (véase columnas 6 y 5 del Cuadro 4.15).

De forma específica para la industria eléctrica se puede observar que la generación a partir de fuentes de energía limpia es la que daría origen a impactos más significativos en el excedente bruto de operación y en las remuneraciones a los asalariados. En particular el EBO incrementaría en mayor magnitud en las centrales solares fotovoltaicas, seguido por las eolieléctricas, hidroeléctricas y otras energías limpias (engloba a la geotérmica, nuclear, biomasa y cogeneración eficiente), el multiplicador sería de 1.25, 1.19, 1.11 y 1.07 pesos respectivamente. Para las energías convencionales el resultado no resultaría tan pronunciado, el EBO se elevaría en 69 y 68 centavos en las centrales de ciclo combinado y carboeléctricas, muy por debajo de lo reportado para las fuentes no contaminantes. E incluso en las termoeléctricas convencionales se exhibiría una disminución en el excedente de

## **MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES**

---

0.31 centavos. En la variable de salarios se mantiene el mismo ordenamiento, con las renovables liderando los aumentos y las intensivas en combustibles fósiles al final de la lista. Por tanto, además de los efectos en el mejoramiento del medio ambiente que provocaría la mayor penetración de las energías limpias en la generación de electricidad, su incursión se traduciría en impactos económicos de dimensiones más profundas en comparación con las actuales tecnologías dominantes del Sistema Eléctrico Nacional.

Las cuentas de asignación del ingreso primario y distribución secundaria del ingreso muestran cómo se imputa el ingreso mixto a cada sector institucional bajo las categorías de empresas (EMP), instituciones financieras (INST), gobierno (G) y hogares (HH). Los ordenamientos para las empresas e instituciones financieras reproducen el patrón de la variable EBO en ambas cuentas. En el caso de los hogares, estos siguen la pauta marcada por la remuneración de los asalariados. Y en lo que concierne al gobierno, este no imita de forma clara el comportamiento de ninguno de los componentes del valor agregado, sin embargo, exhibe los mayores efectos en las actividades terciarias como el comercio al por menor, servicios inmobiliarios, profesionales, de apoyo a negocios y educativos.

Otra de las utilidades de la Matriz de Contabilidad Social a través de sus multiplicadores consiste en analizar el impacto sobre el ingreso obtenido por los hogares asociado a un cambio unitario en la demanda final de un determinado sector de actividad económica, esta información se expone en las diez columnas restantes del Cuadro 4.15. Para todos los deciles, los impactos más evidentes en el ingreso se manifestarían en los servicios educativos, servicios de apoyo a los negocios, actividades del gobierno, servicios de la salud y servicios profesionales y científicos, todos ellos pertenecientes al sector terciario. A pesar de que se exhibe el mismo ordenamiento para todos los hogares, el efecto sobre el ingreso se va haciendo más pronunciado conforme se transita hacia los estratos con mayor capacidad adquisitiva. Por ejemplo, el impacto de los servicios educativos en el ingreso del decil menos acaudalado (1) se contabilizaría en 0.032 pesos, mientras que para el décimo decil el multiplicador se expandiría hasta 0.522 pesos.

### 4.6.2 Multiplicadores de los hogares por transferencias unitarias exógenas

Como se ha mencionado, la MCS refleja la relación de interdependencia entre sectores de actividad económica, los factores productivos, hogares, el sector externo y el gobierno. El modelo de multiplicadores de la MCS, formulado con base en las relaciones de ingreso-gasto, permite identificar, entre otras características, la sensibilidad del consumo de los hogares por decil de ingreso frente a una variación en las transferencias exógenas, las cuales pueden provenir del sector externo o del gobierno (Navarro, Dávila y Valdés, 2019).

Para profundizar en el análisis de los efectos multiplicadores sobre los deciles de hogares, se estimaron las repercusiones de transferencias unitarias exógenas. Los resultados a nivel nacional para el 2018 se computan en el Cuadro 4.16. Los multiplicadores relativos al consumo privado de bienes y servicios finales que realizaron los hogares correspondientes a cada rama de actividad económica se desagregaron en 10 estratos de ingreso, los cuales aparecen en las 10 columnas del lado derecho de la tabla.

En el cuadro se identifican tres bloques de cuentas, el primero hace referencia a la cuenta de producción y está conformada por las 42 actividades económicas; en el segundo se muestran los componentes del valor agregado contenidos en la cuenta de generación del ingreso, y en el último bloque se agrupan las cuentas de asignación del ingreso primario, distribución secundaria del ingreso y utilización del ingreso, en esta última los hogares se presentan desagregados en deciles.

El efecto de una transferencia exógena unitaria del gobierno o del sector externo sobre el consumo privado que efectúan los hogares se agruparían en los mismos bienes y servicios para todos los deciles. Las actividades con mayor sensibilidad serían el comercio al por menor, industria alimentaria, transportes, correo y almacenamiento, servicios inmobiliarios y de alquiler y derivados del petróleo, todos ellos con relevancia significativa en las canastas de consumo del sector doméstico. Sin embargo, se puede apreciar que en todas las actividades, el multiplicador es

## **MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES**

---

más pronunciado en los deciles con menor capacidad adquisitiva y conforme se avanza hacia los estratos más acaudalados, el efecto de la transferencia se va diluyendo.

A manera de ilustración, una transferencia exógena unitaria en los hogares del decil 1, produciría un efecto en el consumo de los bienes y servicios del comercio al por menor de 34 centavos, 36 en la industria alimentaria, 22 en los servicios inmobiliarios y de alquiler y 22 en transportes y almacenamiento. Para el caso del décimo decil, los efectos se cuantificarían en 15, 13, 21 y 11 centavos, respectivamente (véase Cuadro 4.16).

En las cuentas de generación, asignación y distribución secundaria del ingreso, los multiplicadores más altos (para cada uno de los componen de estas cuentas se resalta en color negro los multiplicadores más altos por fila y en gris los más pequeños) se concentrarían de forma general en los cuatro deciles de menores ingresos y los menos significativos en los cuatro deciles con mayor capacidad adquisitiva, develando así, que las transferencias exógenas que se realicen a nivel nacional contribuirían a mejorar la distribución y asignación de los ingresos, ya que estos incidirían principalmente sobre los hogares más afectados en términos económicos. Por ejemplo, un cambio unitario en las transferencias exógenas del decil dos produciría una variación de 26.4 centavos en las remuneraciones a los asalariados, 95.3 en el excedente bruto y .6 en los impuestos.

Por último, en la cuenta de utilización del ingreso se cuantifica el cambio que experimentaría el ingreso disponible de cada decil como respuesta al estímulo. Como se ilustra en el cuadro, el multiplicador más alto se reportaría en el decil en el cual se aplicaría la transferencia. Sin embargo, al excluir el cambio exógeno inicial, se distingue que los tres deciles con ingresos más altos son los que reunirían las mayores modificaciones en el ingreso disponible, en comparación con los tres primeros estratos.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.16. México: Multiplicadores de los hogares por transferencias unitarias exógenas. 2018**

Cuenta	II.4 - Cuenta utilización del ingreso									
	HH 1	HH 2	HH 3	HH 4	HH 5	HH 6	HH 7	HH 8	HH 9	HH 10
11-Agricultura y ganadería	0.162	0.135	0.120	0.118	0.106	0.100	0.091	0.085	0.076	0.051
21 P-Minería petrolera	0.031	0.027	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.023	0.018
2121-Minería de carbón mineral	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
21NP-Minería no petrolera	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003
221111-1 GE en Ciclo Combinado	0.018	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.008
221111-2 GE en Carboeléctrica	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
221111-3 GE en Termoeléctrica	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003
221112-GE en Hidroeléctrica	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
221113-GE en Solar Fotovoltaica	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
221114-GE en Eoloeléctrica	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
221119-GE otra energía limpia	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
22112-TDC de energía eléctrica	0.018	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.008
222-Suministro de agua y gas	0.013	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.007
23-Construcción	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007	0.006	0.006
331-Industria alimentaria	0.356	0.304	0.285	0.283	0.262	0.246	0.227	0.216	0.191	0.125
312-Industria de las bebidas	0.061	0.051	0.050	0.050	0.049	0.047	0.046	0.044	0.042	0.030
313-314 Insumos textiles	0.010	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007
316-316 Prendas de vestir	0.023	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.016
321-Industria de la madera	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
322-323 Industrias del papel	0.027	0.023	0.023	0.022	0.022	0.021	0.019	0.019	0.018	0.013
324-326 Derivados del petróleo	0.164	0.141	0.139	0.136	0.133	0.131	0.125	0.125	0.122	0.094
327-Minerales no metálicos	0.008	0.009	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007	0.006
331-332 Industrias metálicas	0.021	0.020	0.018	0.017	0.017	0.019	0.016	0.017	0.020	0.016
333-335 Maquinaria y equipo	0.032	0.026	0.029	0.027	0.028	0.027	0.027	0.029	0.031	0.026
336-Equipo de transporte	0.053	0.042	0.054	0.041	0.045	0.050	0.060	0.056	0.086	0.081
337-Fabricación de muebles	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.006	0.007	0.007	0.006
339-Otras manufactureras	0.011	0.010	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
431-Comercio al por mayor	0.064	0.055	0.052	0.051	0.049	0.048	0.045	0.044	0.044	0.034
461-Comercio al por menor	0.341	0.290	0.272	0.267	0.252	0.241	0.228	0.220	0.209	0.153
48-49 Transportes y correo	0.219	0.195	0.192	0.198	0.189	0.190	0.175	0.165	0.148	0.105
51-Información en medios	0.051	0.047	0.047	0.047	0.049	0.049	0.048	0.051	0.051	0.041
52-Servicios financieros	0.110	0.084	0.081	0.080	0.091	0.099	0.096	0.103	0.117	0.140
53-Servicios inmobiliarios	0.221	0.229	0.252	0.261	0.263	0.257	0.231	0.262	0.239	0.208
54-Servicios profesionales	0.032	0.027	0.026	0.026	0.034	0.027	0.027	0.027	0.030	0.032
55-Dirección de corporativos	0.013	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.008
56-Apoyo a negocios	0.061	0.053	0.051	0.051	0.051	0.050	0.048	0.049	0.050	0.049
61-Servicios educativos	0.019	0.019	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.022	0.024
62-Servicios de salud	0.031	0.024	0.019	0.021	0.021	0.019	0.019	0.020	0.024	0.022
71-Servicios de esparcimiento	0.009	0.012	0.008	0.009	0.009	0.011	0.011	0.012	0.014	0.016
72-Alojamiento temporal	0.068	0.063	0.067	0.067	0.067	0.071	0.065	0.072	0.077	0.070
81-Otros servicios	0.046	0.041	0.042	0.040	0.041	0.040	0.040	0.045	0.054	0.064
93-Actividades del Gobierno	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Remuneración de los asalariados	0.304	0.264	0.254	0.254	0.251	0.246	0.235	0.237	0.240	0.215
Otros impuestos s/ producción	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Excedente bruto de operación	1.071	0.953	0.943	0.943	0.925	0.907	0.849	0.869	0.843	0.705
Empresas	0.393	0.350	0.346	0.346	0.340	0.333	0.312	0.319	0.310	0.259
Instituciones Financieras	0.108	0.096	0.095	0.095	0.093	0.091	0.086	0.088	0.085	0.071
Hogares	0.940	0.829	0.814	0.814	0.800	0.785	0.739	0.753	0.741	0.633
Empresas	0.048	0.043	0.042	0.042	0.042	0.041	0.038	0.039	0.038	0.032
Instituciones Financieras	0.090	0.080	0.079	0.079	0.078	0.076	0.071	0.073	0.071	0.060
Gobierno	0.252	0.223	0.219	0.219	0.215	0.211	0.198	0.203	0.198	0.168
Hogares	1.050	0.928	0.911	0.911	0.895	0.878	0.827	0.842	0.828	0.707
Empresas	-0.05	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.03
Instituciones Financieras	0.067	0.059	0.058	0.058	0.057	0.056	0.053	0.054	0.052	0.044
Hogares Decil 1	1.021	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.016	0.016	0.016	0.014
Hogares Decil 2	0.033	1.029	0.029	0.029	0.028	0.028	0.026	0.027	0.026	0.022
Hogares Decil 3	0.041	0.037	1.036	0.036	0.035	0.035	0.033	0.033	0.033	0.028
Hogares Decil 4	0.049	0.043	0.043	1.043	0.042	0.041	0.039	0.039	0.039	0.033
Hogares Decil 5	0.058	0.051	0.050	0.050	1.050	0.049	0.046	0.047	0.046	0.039
Hogares Decil 6	0.069	0.061	0.060	0.060	0.059	1.057	0.054	0.055	0.054	0.046
Hogares Decil 7	0.083	0.073	0.072	0.072	0.070	0.069	1.065	0.066	0.065	0.056
Hogares Decil 8	0.102	0.090	0.089	0.089	0.087	0.086	0.080	1.082	0.081	0.069
Hogares Decil 9	0.138	0.122	0.120	0.120	0.118	0.116	0.109	0.111	1.109	0.093
Hogares Decil 10	0.341	0.301	0.295	0.296	0.290	0.285	0.268	0.273	0.269	1.229

Fuente: Elaboración propia con base en la MNCS 2018. Para la cuenta de producción se identifican los cinco multiplicadores más altos (en color negro) y los cinco más pequeños (en color gris) para cada una de las columnas de los deciles de ingreso. Para el caso de las cuentas de generación, asignación y distribución secundaria del ingreso se identifican en negro los tres multiplicadores más altos y en gris los tres más pequeños por fila.

### 4.6.3 Descomposición Aditiva de Stone

En lo referente a los multiplicadores contables, estos captan los efectos sobre la actividad económica que se generan durante el proceso del flujo circular del ingreso y gracias a su descomposición es posible cuantificar los efectos directos, indirectos y de retroalimentación. Richard Stone propuso un método de descomposición aditiva de los multiplicadores, el cual permite una interpretación más directa de su significado, pues cada componente se explica en sí mismo y su agregación da también como resultado la matriz de multiplicadores totales **M** (Dávila y Valdés, 2016).

El procedimiento empleado para aplicar la descomposición aditiva a la MNCS del 2018 se expone en el Anexo 27. Y en el Cuadro 4.17 se reportan los multiplicadores, estos se clasifican en efectos intra, extra e intergrupo y se desagregan para cada una de las cuentas que integran la matriz y para cada uno de los componentes específicos de dichas cuentas. En la última columna de cada tipo de efecto se agrega el subtotal<sup>72</sup>.

La matriz de multiplicadores intragrupo (**N<sub>1</sub>**), relata como los efectos de un shock exógeno unitario en una determinada industria se transmiten al resto de actividades, excluyendo al resto de particiones de la matriz **M** (lo cual se refleja en multiplicadores nulos en el resto de las cuentas). Los impactos con mayor significancia ocurrirían en la generación de electricidad en centrales termoeléctricas convencionales, fabricación de productos a base de minerales no metálicos, industria alimentaria y de la madera y fabricación de muebles y productos relacionados; todas ellas pertenecientes a la actividad manufacturera, exceptuando la relacionada con el sector eléctrico. En tanto, los menores valores se ubicarían en el sector terciario, generación en solar fotovoltaica y transmisión, distribución y comercialización de electricidad.

---

<sup>72</sup> La suma de los tres subtotaes reproduce el valor del multiplicador total de la matriz de coeficientes inversos correspondiente a esas cuentas.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

---

Al analizar los efectos de circuito abierto (extragrupo) reportados en la matriz  $\mathbf{N}_2$ , se expone un patrón contrario al descrito anteriormente, ya que los servicios serían los más sensibles en el resto de las cuentas (generación, asignación, distribución y utilización del ingreso). De forma particular destacarían los sectores educativos, de apoyo a negocios, inmobiliarios y de alquiler, profesionales, científicos y técnicos y actividades del gobierno. En cambio, en las actividades manufactureras (maquinaria y equipo, fabricación de equipo de transporte y otras industrias) se registrarían los incrementos menos significativos, al igual que en la generación de electricidad en centrales carboeléctricas y termoeléctricas convencionales.

La matriz de circuito cerrado ( $\mathbf{N}_3$ ) examina los impactos de la cuenta dónde se origina el shock externo y luego se retroalimentan después de haber viajado por el resto de los bloques (por ello solo se muestran valores en los sectores productivos y en el resto ceros). Los efectos inducidos más pronunciados se aglomerarían al igual que en  $\mathbf{N}_2$  en la actividad terciaria; mientras que el sector manufacturero y la generación a partir de combustibles fósiles en unidades carboeléctricas y térmicas convencionales, expondrían los menores multiplicadores intergrupales dentro de la economía mexicana.

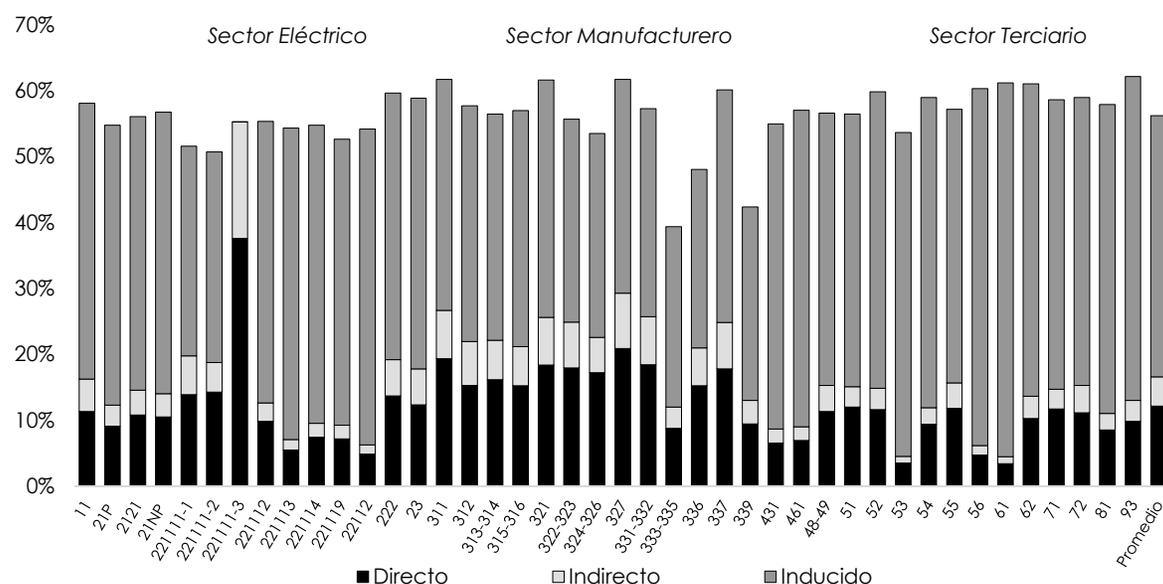
Usando la descomposición aditiva se puede conocer la participación de del efecto inicial, directo, indirecto e inducido en el multiplicador total de las actividades productivas (véase Anexo 28). En  $\mathbf{N}_1$  está contenido el efecto directo e indirecto que produce el shock exógeno, el primero contabiliza la demanda adicional de insumos por parte del sector afectado y el segundo las demandas de insumos intermedios a lo largo de las cadenas de proveeduría estimuladas por el impacto inicial. Y en  $\mathbf{N}_3$  se incluye el efecto inducido, el cual mide las repercusiones de los flujos de ingreso y gasto (ocasionados por los efectos inicial, directo e indirecto) sobre la demanda de bienes y servicios destinados al consumo privado de los hogares, lo cual en última instancia repercute en el nivel de actividad de los sectores productivos (Navarro, Dávila y Valdés, 2019).

La gráfica 4.8 ilustra el peso relativo de los efectos intragrupo ( $\mathbf{N}_1$ ) y de circuito cerrado ( $\mathbf{N}_3$ ) en el multiplicador total  $\mathbf{M}$  de la cuenta de producción. Se excluye el

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

efecto inicial para poder apreciar de mejor forma la importancia del efecto de retroalimentación o inducido en todas las actividades productivas a excepción de la generación en centrales termoeléctricas convencionales, donde tiene una mayor relevancia el efecto directo.

**Gráfica 4.11. México: Descomposición de los multiplicadores de producción bruta de las actividades productiva en efecto directo, indirecto e inducido. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

En lo que respecta a los efectos directos e indirectos, la industria manufacturera destaca en ambos casos, al ostentar los mayores pesos relativos, los cuales fluctúan entre 9% y 21% para el primer caso y entre 3% y 8% para el segundo. Por su parte, los servicios presentaron las mayores participaciones de los efectos inducidos en el multiplicador total de producción, de forma específica, en los servicios educativos y de apoyo a negocios este impacto fue mayor al cincuenta por ciento, por tanto, se les considera como un importante vehículo de transmisión del shock externo a través de su influencia sobre los ingresos que perciben los propietarios de los factores productivos y que terminan regresando a las actividades productivas, completando así el flujo circular de ingreso-gasto que captura el modelo de Contabilidad Social.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

**Cuadro 4.17. México: Descomposición Aditiva de Stone. 2018**

Efecto	N1: EFECTOS INTRAGRUPO						N2: EFECTOS EXTRAGRUPO					
	I - Producción	II.1.1 - Generación del ingreso	II.1.2 - Asignación del ingreso primario	II.2 - Distribución secundaria del ingreso	II.4 - Utilización del ingreso	Subtotal	I - Producción	II.1.1 - Generación del ingreso	II.1.2 - Asignación del ingreso primario	II.2 - Distribución secundaria del ingreso	II.4 - Utilización del ingreso	Subtotal
11	1.39	-	-	-	-	1.39	-	1.46	1.53	1.52	1.00	5.51
21P	1.27	-	-	-	-	1.27	-	1.41	1.47	1.44	0.94	5.26
2121	1.33	-	-	-	-	1.33	-	1.41	1.47	1.44	0.94	5.26
21NP	1.32	-	-	-	-	1.32	-	1.45	1.52	1.50	0.99	5.45
221111-1	1.41	-	-	-	-	1.41	-	0.94	0.98	0.99	0.66	3.56
221111-2	1.38	-	-	-	-	1.38	-	0.93	0.96	0.97	0.65	3.51
221111-3	2.23	-	-	-	-	2.23	-	-0.10	-0.12	-0.05	0.00	-0.27
221112	1.28	-	-	-	-	1.28	-	1.40	1.46	1.45	0.96	5.27
221113	1.16	-	-	-	-	1.16	-	1.53	1.60	1.58	1.03	5.74
221114	1.21	-	-	-	-	1.21	-	1.47	1.54	1.52	1.00	5.53
221119	1.20	-	-	-	-	1.20	-	1.34	1.40	1.39	0.91	5.05
22112	1.14	-	-	-	-	1.14	-	1.55	1.62	1.59	1.05	5.81
222	1.48	-	-	-	-	1.48	-	1.44	1.48	1.50	1.00	5.43
23	1.43	-	-	-	-	1.43	-	1.43	1.49	1.50	1.00	5.43
311	1.70	-	-	-	-	1.70	-	1.35	1.41	1.39	0.91	5.06
312	1.52	-	-	-	-	1.52	-	1.25	1.31	1.29	0.85	4.70
313-314	1.51	-	-	-	-	1.51	-	1.11	1.15	1.18	0.79	4.23
315-316	1.49	-	-	-	-	1.49	-	1.17	1.22	1.24	0.83	4.47
321	1.67	-	-	-	-	1.67	-	1.35	1.41	1.41	0.94	5.10
322-323	1.56	-	-	-	-	1.56	-	1.00	1.04	1.05	0.69	3.78
324-326	1.49	-	-	-	-	1.49	-	0.98	1.02	1.01	0.67	3.67
327	1.76	-	-	-	-	1.76	-	1.23	1.28	1.28	0.85	4.62
331-332	1.60	-	-	-	-	1.60	-	1.08	1.12	1.12	0.74	4.06
333-335	1.20	-	-	-	-	1.20	-	0.63	0.65	0.67	0.45	2.39
336	1.40	-	-	-	-	1.40	-	0.76	0.79	0.79	0.52	2.86
337	1.62	-	-	-	-	1.62	-	1.26	1.31	1.32	0.88	4.77
339	1.23	-	-	-	-	1.23	-	0.71	0.74	0.76	0.51	2.71
431	1.19	-	-	-	-	1.19	-	1.56	1.63	1.58	1.03	5.81
461	1.21	-	-	-	-	1.21	-	1.61	1.68	1.69	1.12	6.09
48-49	1.35	-	-	-	-	1.35	-	1.35	1.41	1.43	0.95	5.14
51	1.35	-	-	-	-	1.35	-	1.38	1.45	1.44	0.95	5.22
52	1.37	-	-	-	-	1.37	-	1.61	1.67	1.68	1.12	6.09
53	1.10	-	-	-	-	1.10	-	1.61	1.69	1.64	1.06	6.00
54	1.29	-	-	-	-	1.29	-	1.61	1.68	1.71	1.15	6.15
55	1.37	-	-	-	-	1.37	-	1.42	1.47	1.47	0.97	5.33
56	1.16	-	-	-	-	1.16	-	1.78	1.84	1.98	1.36	6.96
61	1.12	-	-	-	-	1.12	-	1.84	1.89	2.09	1.46	7.27
62	1.35	-	-	-	-	1.35	-	1.58	1.63	1.76	1.21	6.19
71	1.36	-	-	-	-	1.36	-	1.53	1.57	1.59	1.06	5.76
72	1.37	-	-	-	-	1.37	-	1.53	1.60	1.61	1.06	5.81
81	1.26	-	-	-	-	1.26	-	1.55	1.61	1.65	1.11	5.92
93	1.34	-	-	-	-	1.34	-	1.65	1.69	1.86	1.30	6.50

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Para cada columna se resaltan en negro las cinco actividades con los multiplicadores más altos. Y en gris claro las cinco actividades con los multiplicadores más pequeños.

## MULTIPLICADORES DE CONSUMO Y EMISIONES

Continuación Cuadro 4.17. México: Descomposición Aditiva de Stone. 2018

Efecto	N3: EFECTOS INTERGRUPO					Subtotal
	I - Producción	II.1.1 - Generación del ingreso	II.1.2 - Asignación del ingreso primario	II.2 - Distribución secundaria del ingreso	II.4 - Utilización del ingreso	
11	1.00	-	-	-	-	1.00
21P	0.94	-	-	-	-	0.94
2121	0.94	-	-	-	-	0.94
21NP	0.99	-	-	-	-	0.99
221111-1	0.66	-	-	-	-	0.66
221111-2	0.65	-	-	-	-	0.65
221111-3	0.00	-	-	-	-	0.00
221112	0.96	-	-	-	-	0.96
221113	1.03	-	-	-	-	1.03
221114	1.00	-	-	-	-	1.00
221119	0.91	-	-	-	-	0.91
22112	1.04	-	-	-	-	1.04
222	1.00	-	-	-	-	1.00
23	1.00	-	-	-	-	1.00
311	0.91	-	-	-	-	0.91
312	0.85	-	-	-	-	0.85
313-314	0.79	-	-	-	-	0.79
315-316	0.83	-	-	-	-	0.83
321	0.94	-	-	-	-	0.94
322-323	0.69	-	-	-	-	0.69
324-326	0.66	-	-	-	-	0.66
327	0.84	-	-	-	-	0.84
331-332	0.74	-	-	-	-	0.74
333-335	0.45	-	-	-	-	0.45
336	0.52	-	-	-	-	0.52
337	0.88	-	-	-	-	0.88
339	0.51	-	-	-	-	0.51
431	1.03	-	-	-	-	1.03
461	1.12	-	-	-	-	1.12
48-49	0.95	-	-	-	-	0.95
51	0.95	-	-	-	-	0.95
52	1.12	-	-	-	-	1.12
53	1.06	-	-	-	-	1.06
54	1.15	-	-	-	-	1.15
55	0.97	-	-	-	-	0.97
56	1.36	-	-	-	-	1.36
61	1.46	-	-	-	-	1.46
62	1.21	-	-	-	-	1.21
71	1.06	-	-	-	-	1.06
72	1.06	-	-	-	-	1.06
81	1.11	-	-	-	-	1.11
93	1.30	-	-	-	-	1.30

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Para cada columna se resaltan en negro las cinco actividades con los multiplicadores más altos. Y en gris claro las cinco actividades con los multiplicadores más pequeños.

### 4.7 Resumen

- ✚ El cambio de un millón de pesos en la demanda final exógena aumentaría el consumo nacional en 1.184 GWh, siendo equivalente en aproximadamente 700 barriles de petróleo.
  - La demanda de los hogares ascendería a 0.188 GWh y la de las actividades productivas en 0.996, es decir, el 16% y 64% del total respectivamente
- ✚ Las actividades con los multiplicadores más altos se concentrarían en los ocho subsectores en los que se desagregó la industria eléctrica, representando casi una tercera parte de la variación productiva total.
- ✚ Otras actividades sensibles al cambio unitario serían el suministro de agua y gas por ductos al consumidor final, los servicios de esparcimiento culturales y de alojamiento temporal; subsectores manufactureros, particularmente la industria de minerales no metálicos, insumos textiles y metálicas básicas; y el comercio al por menor.
- ✚ En cuanto a los hogares, los deciles con mayor respuesta se concentrarían en los tres con menores niveles de ingreso. Su aumento en el consumo superaría en 1.56 veces al de los estratos 8, 9 y 10.
- ✚ Las emisiones de CO<sub>2e</sub> incrementarían en 624 toneladas, de esta cifra, 99 provendrían de los hogares y 525 estarían asociadas al consumo productivo.
- ✚ La cantidad de producción adicional que se requerirá en los sectores de la economía nacional para satisfacer el incremento unitario en la demanda final del sector eléctrico agregado sería en promedio de 2.16 pesos.
- ✚ La generación a partir de fuentes de energía limpia es la que daría origen a multiplicadores más altos en el excedente bruto de operación y en las remuneraciones a los asalariados.

---

**CAPÍTULO 5**

**SIMULACIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO  
MEXICANO**

---

**5.1 Introducción**

El Sector Eléctrico Mexicano se encuentra en un momento de transformación como resultado de las nuevas demandas energéticas de los sectores económicos y la población, la imperiosa necesidad de proteger el medio ambiente y la adaptación a la nueva dinámica económica mundial. Por tanto, cualquier decisión que altere el funcionamiento de la industria eléctrica tendrá un impacto directo en la forma en que se abordan estas problemáticas y de forma específica en el cumplimiento de los compromisos ambientales contraídos a nivel internacional y nacional en relación con el Cambio Climático y la disminución de gases de efecto invernadero.

El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) es el instrumento bajo el cual el gobierno en cuestión detalla la planeación anual del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) con un horizonte de quince años y en donde se concreta la política energética en materia de electricidad que seguirá el país de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo (PND). El PRODESEN a su vez está conformado por otros instrumentos de planeación, dentro de los cuales destaca el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE).

En el PIIRCE se consideran los proyectos de centrales eléctricas que se añadirán al SEN en los próximos quince años, así como aquellas unidades que dejarán de operar durante este periodo de tiempo. El objetivo conjunto del PRODESEN y del PIIRCE es promover la instalación de los recursos suficientes para satisfacer la demanda del SEN y dar cumplimiento a las metas previstas en materia de energías limpias, ya que una mayor penetración de estas tecnologías en

la capacidad instalada y en la generación de electricidad permitirán la reducción de los gases contaminantes.

Bajo este contexto, se pretende en el presente capítulo comparar el impacto que tendría la aplicación de las estrategias de planeación del SEN en el crecimiento de las energías limpias frente a las convencionales entre el 2018 y el 2032 y en los principales agregados económicos que permite cuantificar la Matriz Nacional de Contabilidad Social como lo son la producción bruta de las actividades productivas; valor agregado bruto y sus componentes: remuneraciones de los asalariados, excedente bruto de operación, impuestos indirectos sobre la producción; ingreso disponible total y por decil de hogar y emisiones de gases de efecto invernadero.

### **5.2 Descripción de los Escenarios**

Para conocer el impacto en términos económicos de las estrategias de planeación del Sector Eléctrico Mexicano en el 2032 se considerarán tres escenarios:

#### **5.2.1 Escenario No. 1: Base**

El Escenario No. 1 es el escenario base o BAU (Business as usual), bajo este se supone que la generación de electricidad por tipo de central evolucionará en el futuro de acuerdo con el comportamiento que ha registrado en el pasado. De forma específica se consideran los últimos quince años (2007-2021) para hacerlo compatible al periodo de tiempo que representa la planeación del PRODESEN y del PIIRCE.

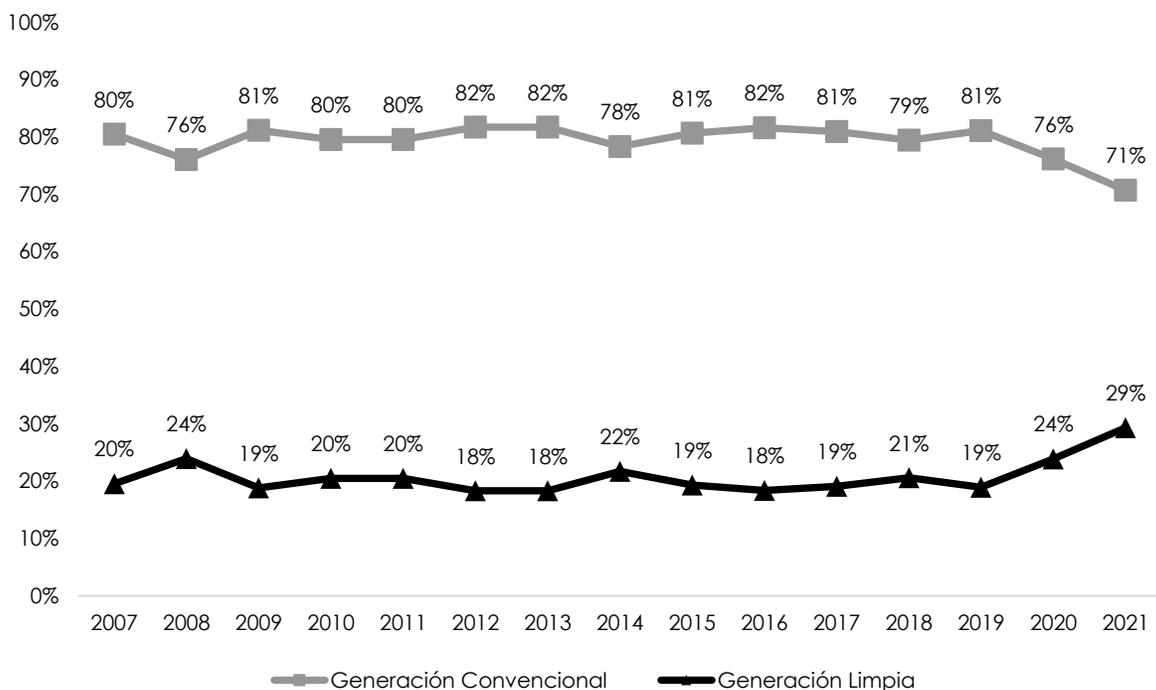
La generación bruta<sup>73</sup> en el 2007 se registró en 230,927 GWh y en el 2021 en 224,163 GWh, implicando una reducción del 2.9%. Por su parte, la generación a partir de tecnologías convencionales experimentó una caída del 7%, en cambio, las fuentes limpias crecieron en 14%. La participación las centrales convencionales y

---

<sup>73</sup> Es la energía que se produce en las centrales eléctricas, medida en las terminales de los generadores. Una parte de esta energía es utilizada para alimentar los equipos auxiliares de la propia central (usos propios) y el resto es entregado a la red de transmisión (generación neta: generación bruta- usos propios).

de las limpias pasó de 80%-20% al inicio del periodo a 71%-29% en 2021, tal como se aprecia en la gráfica 5.1. La evolución de las energías limpias se caracteriza por ser variable, es decir, presenta caídas y repuntes durante todo el periodo, con una tasa media de crecimiento anual de 0.94%, sin embargo, no es posible apreciar una tendencia ascendente con claridad.

**Gráfica 5.1. México: Participación de las tecnologías convencionales y limpias en la generación bruta. %. 2007-2021**

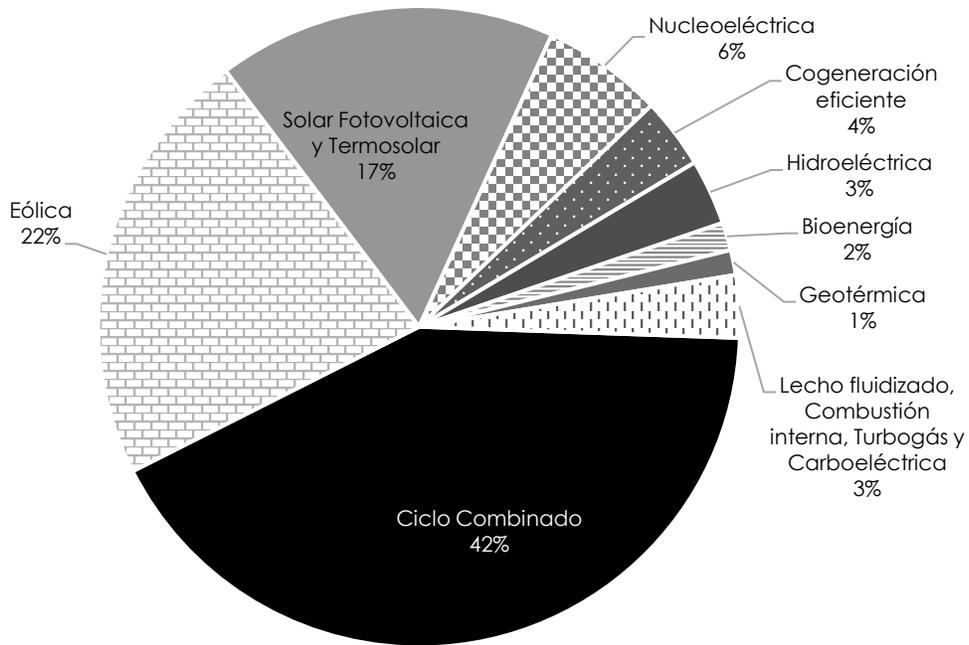


**Fuente:** Elaboración propia con información del Sistema de Información Energética.

**5.2.2 Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032**

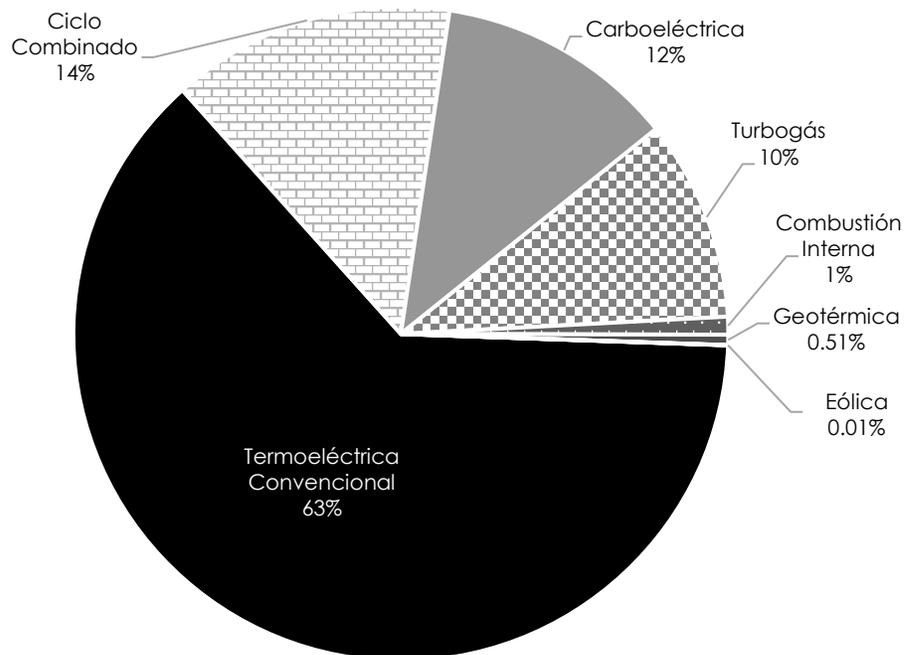
Los Escenarios No. 2 y No. 3 se basaron en los PRODESEN de dos administraciones gubernamentales diferentes. En el segundo escenario se considera la política energética nacional en materia de electricidad determinada durante el gobierno de Enrique Peña Nieto y contenida en el PRODESEN y PIIRCE 2018-2032. Ambos documentos se encontraban en línea con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018.

**Gráfica 5.2. México: Participación en las adiciones de capacidad instalada por tipo de tecnología. %. 2018-2032**



Fuente: Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

**Gráfica 5.3. México: Participación en el retiro de capacidad instalada por tipo de tecnología. %. 2018-2032**

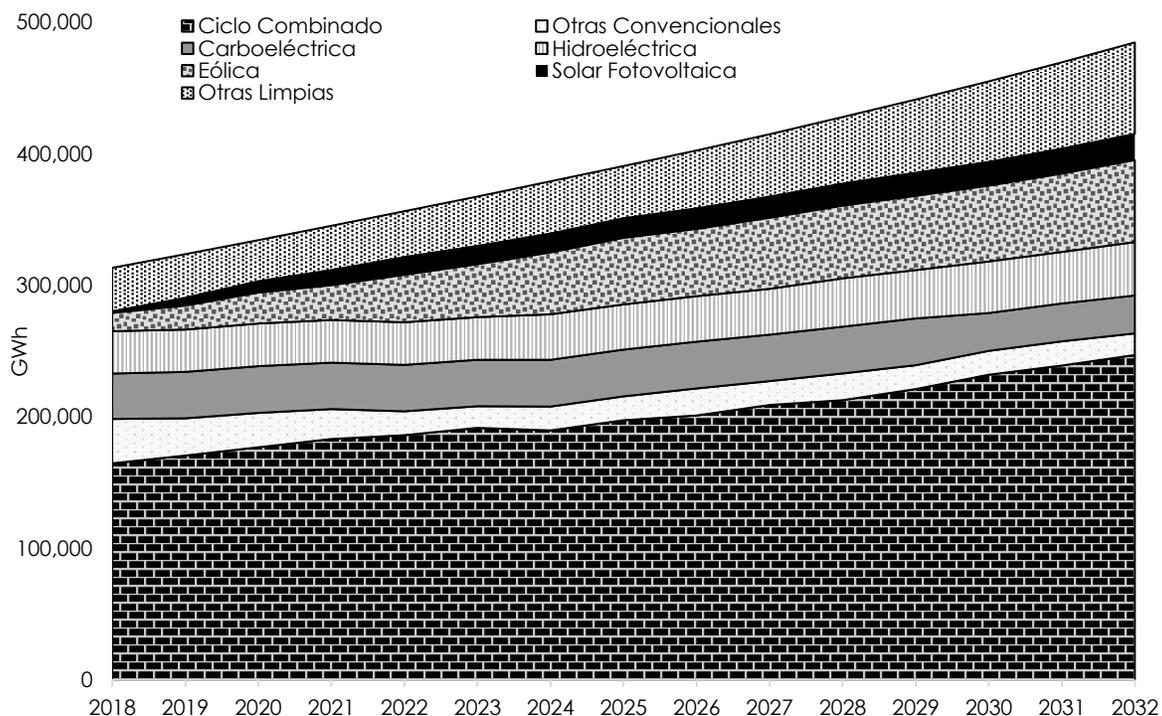


Fuente: Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

En el PIIRCE del 2018-2032 se contemplaba una capacidad instalada total de 130,292 MW al final del periodo, lo cual representaba un aumento del 73% en relación con la capacidad reportada en diciembre del 2017 (75,685 MW). Por ende, se requerían 66,912 MW de adiciones, representando una inversión de 1.7 billones de pesos en los quince años. A su vez, el retiro de centrales contemplado ascendía a 11,821 MW, siendo equivalente a 115 unidades generadoras.

El 42% de las adiciones se concentraban en centrales de ciclo combinado, mientras que la eólica y solar fotovoltaica representan el 22 y 17% respectivamente. En cambio, el resto de las tecnologías convencionales (turbogás, lecho fluidizado, combustión interna y carboeléctrica) registraban adiciones de solo el 3%. En resumen, bajo esta estrategia se les daba prioridad a las energías limpias sobre las convencionales, ya que el 55% de las adiciones estaban destinadas a este rubro.

**Gráfica 5.4. México: Evolución de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología. GWh. 2018-2032**

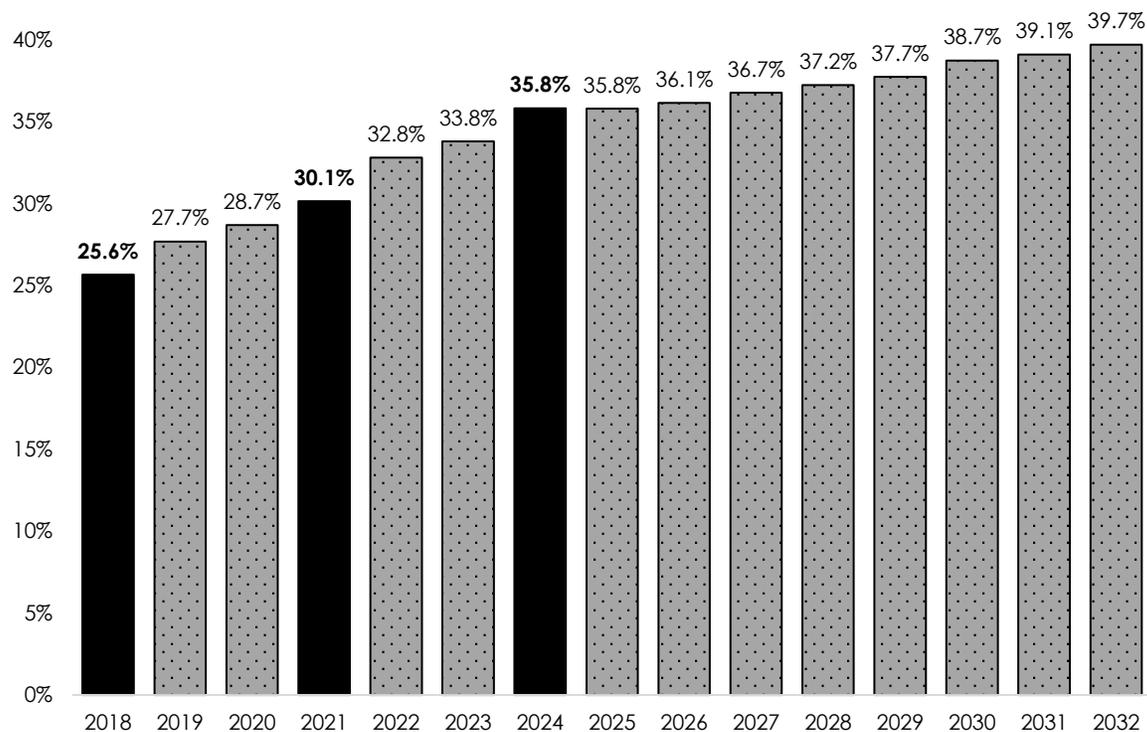


Fuente: Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

En cuanto a los retiros de capacidad, el 63% se enfocaba en centrales termoeléctricas convencionales, 14% en unidades de ciclo combinado y 12% en carboeléctricas. El 99.48% de la desinstalación atañía a tecnologías de generación convencionales.

En materia de generación de energía eléctrica, se proyectaba bajo este escenario una cifra de 484,788 GWh para 2032 (véase Cuadro 5.2). Para dicho año, la estructura de la matriz de generación eléctrica estaría representada en un 60% por las energías convencionales y 40% de fuentes limpias, tal como lo informa el Cuadro 5.3. Durante el periodo analizado, las tecnologías convencionales experimentarían el mayor descenso en cuanto a producción de electricidad. Por el contrario, las plantas eólicas y fotovoltaicas serían las de mayor crecimiento como lo muestra la Gráfica 5.4, mientras que la hidroeléctrica mantendría un crecimiento moderado y constante.

**Gráfica 5.5. México: Evolución de las fuentes limpias en la generación de energía eléctrica. %. 2018-2032**



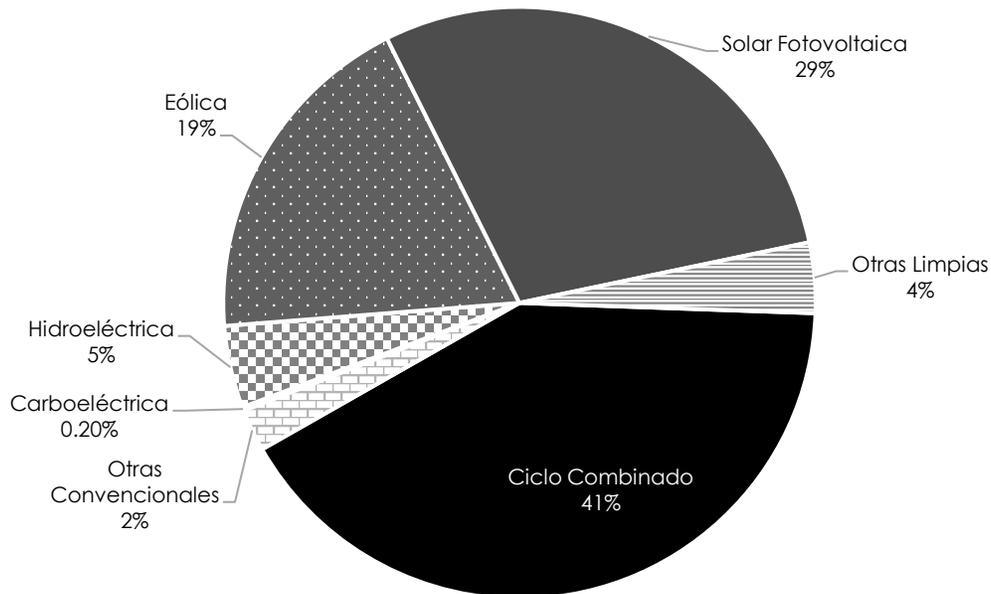
**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

La evolución de las centrales limpias dentro de la matriz de generación eléctrica se relaciona directamente con el cumplimiento de las metas adoptadas en la LTE y en la LGCC, en la cual se establece una participación mínima de energías limpias en la generación del 25% para 2018, 30% para 2021 y 35% para 2024. De acuerdo con la planeación del SEN referida en el PRODESEN 2018-2032 existiría la posibilidad de alcanzar las metas de energías limpias gracias a los proyectos de adiciones y retiros contemplados, logrando contribuir así a la reducción de emisiones de GEI derivadas del uso de combustibles fósiles en las plantas convencionales.

**5.2.3 Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036**

Por su parte, el escenario tres hace referencia a la propuesta realizada por la actual administración gubernamental, dirigida por Andrés Manuel López Obrador, la cual va en línea con el PND 2019-2024 y se encuentra plasmada en el PRODESEN 2019-2033, PRODESEN 2020-2034, PRODESEN 2021-2035 y PRODESEN 2022-2036.

**Gráfica 5.6. México: Participación en las adiciones de capacidad instalada por tipo de tecnología. %. 2019-2032**



**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033.

En el PIIRCE del 2019-2033 se proyectaba una capacidad instalada de 127,747 MW para el 2032, es decir, 2,545 MW (2%) menos que lo estimado para el Escenario No. 2. Las adiciones de capacidad requeridas entre el 2019 y 2032 se contabilizan en 65,029 MW, significando aproximadamente una inversión de 1.67 billones de pesos, en tanto, los retiros programados ascienden a 1,331 MW de unidades térmicas convencionales, las cuales se planean desinstalar entre el 2021 y 2024.

Nuevamente, la mayor concentración de las adiciones se registra en ciclo combinado con 41%, seguido por la energía solar y eólica con 29% y 19% respectivamente. Las convencionales en su conjunto aumentarán su capacidad en un 2.5% durante el 2019-2032. Bajo este escenario, el 56% de las adiciones se estarían destinando a plantas limpias y el 44% restante a centrales que hacen uso de combustibles fósiles.

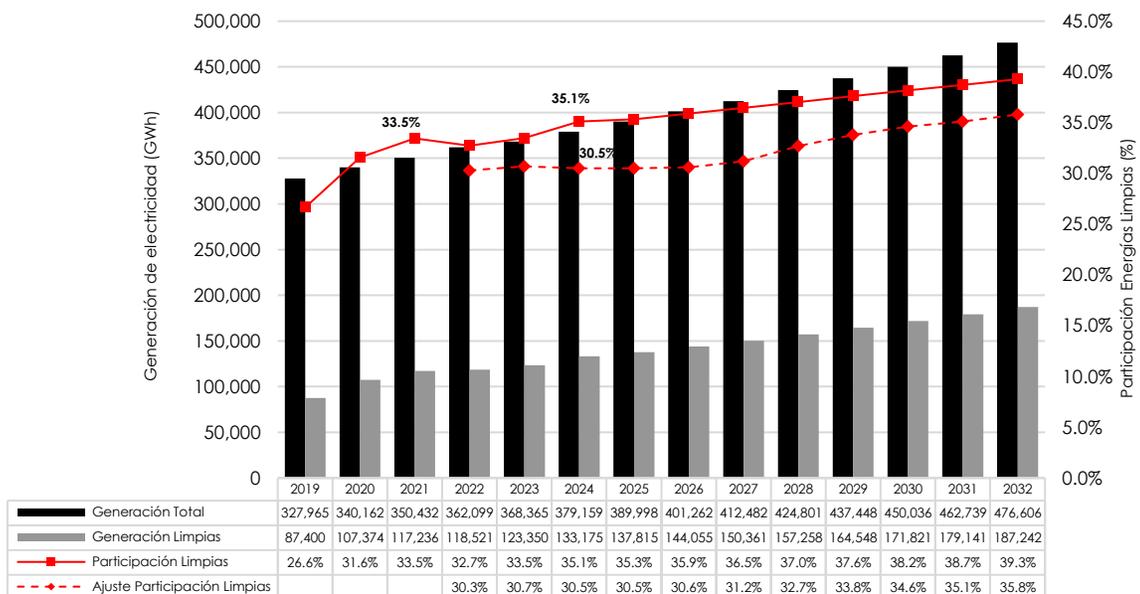
En lo que respecta a la evolución de la generación no se encontró información disponible por tipo de tecnología similar a la del Cuadro 5.2 en ninguno de los PRODESEN publicados por el gobierno en turno, solo se dispuso del monto agregado. En el PRODESEN 2019-2033, la generación de electricidad estimada para el 2032 era de 476,606 GWh (siendo 2% inferior a lo proyectado en el PRODESEN 2018), proviniendo el 61% de plantas convencionales y el 39% de fuentes limpias (véase Gráfica 5.7, barras y línea roja continua). Y en función de la instalación y retiro de centrales se determinó que sería viable alcanzar los compromisos asumidos en materia de energías limpias, ya que para el 2021, la generación a partir de estas fuentes participaría con el 33.5%, es decir, 3.4% superior a la meta contenida en la LGCC. Mientras que para el 2024, la producción ascendería a 35.1% cumpliendo satisfactoriamente con la participación establecida (véase Gráfica 5.7, línea roja continua).

Sin embargo, en el PRODESEN 2022-2036, las estimaciones tanto de producción como de participación de energías limpias se ajustaron a la baja debido a los efectos de la contingencia sanitaria, aumento en los precios de los combustibles y la desaceleración económica que se enfrenta a nivel mundial. La

nueva proyección de la generación de electricidad se reduce a 449,940 GWh, 5.6% y 7.2% menor en comparación con las estimaciones del PRODESEN 2019 y PRODESEN 2018 respectivamente.

Aunado a esto, también se reduce la presencia de las fuentes libres de contaminantes dentro de la estructura de generación de la matriz energética, ya que para el 2024 alcanzarán una participación de solo el 30.5%, quedando por debajo de la meta de 35% e implicando un retroceso en la estrategia de transición energética y de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (véase Gráfica 5.7, línea roja punteada).

**Gráfica 5.7. México: Evolución de las fuentes limpias en la generación de energía eléctrica. %. 2018-2032**



**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033 y PRODESEN 2022-2036.

Bajo este Escenario se contempla la iniciativa<sup>74</sup> de Reforma Constitucional a los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos presentada en octubre de 2021 a la Cámara de Diputados, cuyas disposiciones implican cambios en el modelo eléctrico vigente, principalmente en la participación

<sup>74</sup> El 16 de abril de 2022 con 275 votos a favor y 233 en contra, la Cámara de Diputados no aprobó la Reforma Eléctrica al no alcanzar la mayoría calificada.

de los privados y de la paraestatal en la generación de electricidad, incidiendo directamente en el cumplimiento de las metas de energías limpias.

### 5.3 Simulaciones

Para conocer el impacto de las estrategias en materia de electricidad se realizaron tres simulaciones, una de ellas con la evolución histórica de la generación por tipo de tecnología y las dos restantes con la tasas proyectadas para el 2032 en diferentes Programas de Desarrollo del SEN.

#### 5.3.1 Escenario No. 1: Base

Para el Escenario Base se consideró la tasa de crecimiento que ha presentado la generación de electricidad por tipo de tecnología en los últimos quince años, es decir, entre el 2007 y el 2021, con el fin de simular que el sector se comportará entre el 2022 y 2032 tal y como lo ha venido haciendo hasta ahora.

**Cuadro 5.1. México: Tasa de crecimiento de la generación de electricidad por tipo de tecnología para el Escenario No. 1. %. 2007-2021**

<b>Tecnología</b>	<b>TC 2007-2021</b>
Ciclo Combinado	34%
Carboeléctrica	-48%
Otras Convencionales	-59%
Hidroeléctrica	23%
Solar Fotovoltaica	829%
Eoloeléctrica	685%
Otras Limpias	-8%

**Fuente:** Elaboración propia con información del OBTREN MX.

Las tasas de crecimiento usadas para alterar los flujos de los subsectores eléctricos se exhiben en el Cuadro 5.1 y como se observa, la generación a partir de las energías solar y eólica han sido las de mayor expansión, con unas tasas de 829% y 685% respectivamente, dado que partían de niveles muy bajos o inexistentes (en el caso de la solar). Por el contrario, la producción en centrales

carboeléctricas y el resto de convencionales ha descendido en un 48% y 59% en el 2021 respecto a los niveles registrados en 2007.

### 5.3.2 Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032

Para el escenario basado en el PRODESEN 2018 se utilizó la información referente a la evolución de la generación eléctrica contemplada en el PRODESEN 2018-2032 y plasmada en el Cuadro 5.2. A partir de esta información se calculó la participación que iba tomando cada tipo de tecnología de generación año con año (véase Cuadro 5.3).

**Cuadro 5.2. México: Evolución de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología. GWh. 2022-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
<b>Convencionales</b>	<b>241,339</b>	<b>239,658</b>	<b>243,491</b>	<b>243,551</b>	<b>251,106</b>	<b>257,259</b>
Ciclo Combinado	183,344	186,126	191,721	189,770	197,489	201,085
Convencionales	22,545	18,082	16,320	18,252	18,167	20,724
Carboeléctrica	35,450	35,450	35,450	35,529	35,450	35,450
<b>Limpias</b>	<b>104,040</b>	<b>116,843</b>	<b>124,161</b>	<b>135,746</b>	<b>139,801</b>	<b>145,484</b>
Hidroeléctrica	32,334	32,334	32,334	34,433	34,565	34,565
Eólica	26,390	36,134	40,180	46,899	50,452	51,121
Solar	11,585	13,496	14,002	14,568	15,071	15,655
Otras Limpias	33,731	34,879	37,645	39,846	39,713	44,143
<b>Generación Total</b>	<b>345,379</b>	<b>356,501</b>	<b>367,652</b>	<b>379,297</b>	<b>390,907</b>	<b>402,743</b>

<b>Tecnología</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>262,611</b>	<b>268,704</b>	<b>274,889</b>	<b>279,059</b>	<b>286,252</b>	<b>292,433</b>
Ciclo Combinado	209,010	212,760	221,174	231,981	239,166	246,990
Convencionales	18,151	20,415	18,265	18,232	18,240	16,518
Carboeléctrica	35,450	35,529	35,450	28,846	28,846	28,925
<b>Limpias</b>	<b>152,495</b>	<b>159,271</b>	<b>166,412</b>	<b>176,203</b>	<b>183,520</b>	<b>192,355</b>
Hidroeléctrica	34,705	36,685	36,918	39,246	39,253	40,563
Eólica	53,984	55,141	56,352	57,454	59,536	62,238
Solar	16,245	16,903	17,464	18,220	19,062	20,022
Otras Limpias	47,561	50,542	55,678	61,283	65,669	69,532
<b>Generación Total</b>	<b>415,106</b>	<b>427,975</b>	<b>441,301</b>	<b>455,262</b>	<b>469,772</b>	<b>484,788</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

De acuerdo con el PRODESEN 2018 se tenía contemplado que para el 2032 la producción de energía eléctrica ascendiera a 484,788 GWh y que de esta cifra, el

60% procediera de fuentes convencionales, principalmente de unidades de ciclo combinado. Las limpias contribuirían con el 40%, liderando la energía eólica y otras limpias como la cogeneración eficiente, bioenergía, nucleoelectrica y geotérmica.

**Cuadro 5.3. México: Estructura de la matriz de generación eléctrica. %. 2021-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
<b>Convencionales</b>	<b>70%</b>	<b>67%</b>	<b>66%</b>	<b>64%</b>	<b>64%</b>	<b>64%</b>
Ciclo Combinado	53%	52%	52%	50%	51%	50%
Convencionales	7%	5%	4%	5%	5%	5%
Carboeléctrica	10%	10%	10%	9%	9%	9%
<b>Limpias</b>	<b>30%</b>	<b>33%</b>	<b>34%</b>	<b>36%</b>	<b>36%</b>	<b>36%</b>
Hidroeléctrica	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Eólica	8%	10%	11%	12%	13%	13%
Solar	3%	4%	4%	4%	4%	4%
Otras Limpias	10%	10%	10%	11%	10%	11%

<b>Tecnología</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>63%</b>	<b>63%</b>	<b>62%</b>	<b>61%</b>	<b>61%</b>	<b>60%</b>
Ciclo Combinado	50%	50%	50%	51%	51%	51%
Convencionales	4%	5%	4%	4%	4%	3%
Carboeléctrica	9%	8%	8%	6%	6%	6%
<b>Limpias</b>	<b>37%</b>	<b>37%</b>	<b>38%</b>	<b>39%</b>	<b>39%</b>	<b>40%</b>
Hidroeléctrica	8%	9%	8%	9%	8%	8%
Eólica	13%	13%	13%	13%	13%	13%
Solar	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Otras Limpias	11%	12%	13%	13%	14%	14%

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

Sin embargo, dado que las estimaciones de producción se ajustaron a la baja en el PRODESEN más reciente (2022), se tomaron estos nuevos montos y se distribuyeron de acuerdo con las participaciones de las tecnologías reportada en el Cuadro 5.3, esto con el objetivo de que las comparaciones entre los escenarios sean más directas y el único elemento diferenciador sea la matriz de producción eléctrica. El ajuste en la evolución de generación se presenta en el Cuadro 5.4.

Finalmente, se calculó la tasa de crecimiento entre el 2018 y el 2032 para cada tipo de tecnología y estas se utilizaron posteriormente como factor de ajuste de los flujos de los subsectores eléctricos en la MNCS 2018. Las tasas de crecimiento

empleadas para la simulación se reportan en el Cuadro 5.5 y revelan que entre el 2018 y 2032 las energías limpias serían las que más se expandirían bajo esta propuesta, su crecimiento se registraría en tasas superiores al 200% (excepto la hidroeléctrica).

**Cuadro 5.4. México: Evolución de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología con los montos de generación del PRODESEN 2022-2036. GWh. 2022-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
<b>Convencionales</b>	<b>244,870</b>	<b>229,816</b>	<b>234,251</b>	<b>233,684</b>	<b>240,451</b>	<b>245,830</b>
Ciclo Combinado	186,026	178,482	184,445	182,082	189,109	192,151
Convencionales	22,875	17,339	15,701	17,513	17,396	19,803
Carboeléctrica	35,969	33,994	34,105	34,090	33,946	33,875
<b>Limpias</b>	<b>105,562</b>	<b>112,044</b>	<b>119,449</b>	<b>130,246</b>	<b>133,869</b>	<b>139,020</b>
Hidroeléctrica	32,807	31,006	31,107	33,038	33,098	33,029
Eólica	26,776	34,650	38,655	44,999	48,311	48,850
Solar	11,754	12,942	13,471	13,978	14,432	14,959
Otras Limpias	34,224	33,447	36,216	38,232	38,028	42,182
<b>Generación Total</b>	<b>350,432</b>	<b>341,860</b>	<b>353,700</b>	<b>363,930</b>	<b>374,320</b>	<b>384,850</b>

<b>Tecnología</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>249,752</b>	<b>254,493</b>	<b>259,154</b>	<b>261,772</b>	<b>267,056</b>	<b>271,412</b>
Ciclo Combinado	198,776	201,507	208,514	217,611	223,128	229,236
Convencionales	17,262	19,335	17,219	17,103	17,017	15,331
Carboeléctrica	33,714	33,650	33,421	27,059	26,912	26,846
<b>Limpias</b>	<b>145,028</b>	<b>150,847</b>	<b>156,886</b>	<b>165,288</b>	<b>171,214</b>	<b>178,528</b>
Hidroeléctrica	33,006	34,745	34,805	36,815	36,621	37,647
Eólica	51,341	52,225	53,126	53,895	55,544	57,764
Solar	15,450	16,009	16,464	17,091	17,784	18,583
Otras Limpias	45,232	47,869	52,491	57,487	61,265	64,534
<b>Generación Total</b>	<b>394,780</b>	<b>405,340</b>	<b>416,040</b>	<b>427,060</b>	<b>438,270</b>	<b>449,940</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036.

Dentro de las convencionales, la de ciclo combinado se convertiría en la única con crecimiento positivo, mientras que la presencia en la generación de las centrales carboeléctricas y del resto de las unidades convencionales disminuiría en 2 y 70 por ciento respectivamente. En conjunto, la producción basada en combustibles fósiles aumentaría en 12% y la de fuentes limpias en 162%, demostrando un mayor impulso de las energías libres de contaminantes en la matriz eléctrica nacional.

**Cuadro 5.5. México: Tasa de crecimiento de la generación de electricidad por tipo de tecnología para el Escenario No. 2. %. 2018-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>TC 2018-2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>12%</b>
Ciclo Combinado	40%
Carboeléctrica	-2%
Otras Convencionales	-70%
<b>Limpias</b>	<b>162%</b>
Hidroeléctrica	17%
Solar Fotovoltaica	754%
Eoloeléctrica	365%
Otras Limpias	205%

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036.

### 5.3.3 Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036

Para el tercer escenario dado que no se disponía información sobre la evolución de la generación por tipo de tecnología se hizo uso de las adiciones de capacidad instalada proyectadas para el 2019-2033 en el PIIRCE del PRODESEN 2019-2033. La capacidad instalada registrada al 30 de abril de 2021 fue de 89,479 MW, a dicho monto se le incorporaron 39,599 MW de adiciones y los retiros de centrales térmicas convencionales por 1,331 MW. La evolución de la capacidad total y las tasas de crecimiento anuales se muestran en el Cuadro 5.6.

**Cuadro 5.6. México: Evolución de la capacidad instalada por tipo de tecnología y tasas de crecimiento anuales. MW y %. 2021-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
<b>Convencionales</b>	<b>56,847</b>	<b>59,100</b>	<b>61,024</b>	<b>60,624</b>	<b>61,580</b>	<b>61,624</b>
Ciclo Combinado	35,060	37,557	39,882	39,882	40,838	40,838
Convencionales	16,324	16,080	15,679	15,279	15,279	15,323
Carboeléctrica	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463
<b>Limpias</b>	<b>32,632</b>	<b>33,266</b>	<b>34,231</b>	<b>37,249</b>	<b>38,923</b>	<b>40,570</b>
Hidroeléctrica	12,614	12,728	12,931	13,013	13,025	13,744
Eólica	7,691	8,211	8,386	9,662	9,762	10,012
Solar	7,026	7,026	7,588	8,378	9,128	9,806
Otras Limpias	5,301	5,301	5,326	6,196	7,008	7,008
<b>Capacidad Total</b>	<b>89,479</b>	<b>92,366</b>	<b>95,255</b>	<b>97,873</b>	<b>100,503</b>	<b>102,194</b>
<b>Tasa de Crecimiento</b>		<b>3.23%</b>	<b>3.13%</b>	<b>2.75%</b>	<b>2.69%</b>	<b>1.68%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033.

**Continuación Cuadro 5.6. México: Evolución de la capacidad instalada por tipo de tecnología y tasas de crecimiento anuales. MW y %. 2021-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>62,618</b>	<b>64,376</b>	<b>66,191</b>	<b>68,621</b>	<b>70,826</b>	<b>73,113</b>
Ciclo Combinado	41,788	43,546	45,317	47,703	49,908	52,151
Convencionales	15,367	15,367	15,411	15,455	15,455	15,499
Carboeléctrica	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463
<b>Limpias</b>	<b>42,220</b>	<b>44,388</b>	<b>46,957</b>	<b>49,385</b>	<b>51,904</b>	<b>54,634</b>
Hidroeléctrica	14,598	15,310	15,461	15,461	15,461	15,461
Eólica	10,214	10,800	11,775	12,968	13,747	14,737
Solar	10,400	11,270	12,713	13,948	15,688	17,428
Otras Limpias	7,008	7,008	7,008	7,008	7,008	7,008
<b>Capacidad Total</b>	<b>104,838</b>	<b>108,764</b>	<b>113,148</b>	<b>118,006</b>	<b>122,730</b>	<b>127,747</b>
<b>Tasa de Crecimiento</b>	<b>2.59%</b>	<b>3.74%</b>	<b>4.03%</b>	<b>4.29%</b>	<b>4.00%</b>	<b>4.09%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033.

Posteriormente con datos del 2021 se hizo distinción de la capacidad instalada por tipo de permisionario: público o CFE y privado. Y se estimó su capacidad para el 2022-2032 aplicando las tasas de crecimiento anuales obtenidas por tipo de tecnología en el paso anterior, a falta de información disponible se aplicaron las mismas tasas para ambos permisionarios.

**Cuadro 5.7. México: Capacidad instalada al 30 de abril de 2021 por tipo de permisionario. MW y %. 2021**

<b>Tecnología</b>	<b>Público</b>	<b>%</b>	<b>Privado</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Convencionales</b>	<b>46,688</b>	<b>75%</b>	<b>10,158</b>	<b>38%</b>	<b>56,846</b>	<b>64%</b>
Ciclo Combinado	27,035	43%	8,025	30%	35,060	39%
Convencionales	14,190	23%	2,133	8%	16,323	18%
Carboeléctrica	5,463	9%	0	0%	5,463	6%
<b>Limpias</b>	<b>15,756</b>	<b>25%</b>	<b>16,877</b>	<b>62%</b>	<b>32,633</b>	<b>36%</b>
Hidroeléctrica	12,125	19%	489	2%	12,614	14%
Eólica	699	1%	6,993	26%	7,692	9%
Solar	6	0.01%	7,020	26%	7,026	8%
Otras Limpias	2,926	5%	2,375	9%	5,301	6%
<b>Capacidad Total</b>	<b>62,444</b>	<b>69.8%*</b>	<b>27,035</b>	<b>30.2%*</b>	<b>89,479</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033. \*Participación del permisionario en la capacidad total.

Durante el 2021, el 70% de la capacidad instalada perteneció al sector público y el 30% restante a los particulares. Por tipo de tecnología, la CFE aglomeró el 75%

de su capacidad en convencionales y solo una cuarta parte en unidades generadoras libres de contaminantes. La estructura pública se encuentra dominada por las centrales de ciclo combinado, otras convencionales e hidroeléctricas. En cambio, la participación de los privados fue de 38 y 62 por ciento respectivamente y dentro de las energías limpias, la eólica y la solar fueron las más destacadas con participaciones del 26% cada una. A nivel nacional, siguen dominando las tecnologías convencionales al concentrar 2/3 de la capacidad total registrada.

Una vez proyectada la capacidad instalada pública y privada para el periodo analizado se procedió a calcular a partir de estos datos la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología. Para ello se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Generación estimada} = \text{Factor de planta} * \text{Generación máxima} \quad (5.1)$$

$$\text{Generación máxima} = \text{Capacidad Instalada} * 8,760 \quad (5.2)$$

Se puede obtener la generación multiplicando el factor de planta de una central por la generación máxima. El factor de planta expresa en términos porcentuales la relación entre la energía eléctrica producida por una unidad generadora y la energía posible de producir por la misma al operar a su potencia máxima durante un periodo determinado (PRODESEN 2018-2032, 2018). Se utilizaron los factores de planta medios publicados en el PRODESEN 2018 y exhibidos en el Cuadro 5.8.

Por su parte, la generación máxima es el producto entre la capacidad instalada y el número máximo de horas que podría operar una central, es decir, 365 días por 24 horas al día<sup>75</sup>. La resolución de las ecuaciones 5.1 y 5.2 permitió proyectar la producción de electricidad en GWh para los siete tipos de tecnologías considerados, obteniéndose así la evolución de la matriz de generación para el 2022-2032 y por tipo de permisionario.

---

<sup>75</sup> Para simplificar los cálculos se consideró un factor de indisponibilidad del 0%. Factor de indisponibilidad: proporción de la capacidad de una unidad generadora que deja de suministrar energía eléctrica por causas de mantenimiento y salidas forzadas -fallas, decremento y causas ajenas- (PRODESEN 2018-2032, 2018).

**Cuadro 5.8. México: Factor de planta de las centrales eléctricas. %**

<b>Tecnología</b>	<b>Valor medio</b>
Ciclo Combinado	78
Combustión interna	70
Turbogás	53
Termoeléctrica Convencional	60
Lecho Fluidizado	85
Carboeléctrica	80
Geotermoeléctrica	80
Nucleoeléctrica	90
Hidroeléctrica*	40
Eólica*	27
Solar*	16
Bioenergía*	21
Cogeneración Eficiente*	55

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032. \*No se encontró disponible el valor medio y en su lugar se tomó el factor de planta registrado para el 2017. **Nota:** para Otras Convencionales y Otras Limpias se calculó el promedio de las centrales englobadas en dichas categorías.

Finalmente, para considerar las modificaciones al sector planteadas en la iniciativa de Reforma Eléctrica, se simuló el escenario donde la CFE produce por lo menos el 54% de la electricidad y el sector privado el 46% restante. Por tanto, para conformar la generación total, se tomó el 54% usando la matriz de generación proyectada para la paraestatal y el 46% con la estructura de los particulares. La evolución de generación de energía eléctrica se presenta a continuación:

**Cuadro 5.9. México: Evolución de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología. GWh. 2021-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
<b>Convencionales</b>	<b>256,284</b>	<b>267,978</b>	<b>275,778</b>	<b>277,309</b>	<b>282,742</b>	<b>289,652</b>
Ciclo Combinado	188,232	186,000	202,412	204,081	209,106	216,762
Convencionales	47,233	51,676	50,093	49,286	49,545	49,571
Carboeléctrica	20,819	30,302	23,274	23,942	24,091	23,319
<b>Limpias</b>	<b>94,148</b>	<b>73,882</b>	<b>77,922</b>	<b>86,621</b>	<b>91,578</b>	<b>95,198</b>
Hidroeléctrica	33,137	28,584	29,174	30,132	30,420	32,063
Eólica	19,490	18,882	21,208	24,882	24,990	25,617
Solar	18,824	9,355	10,460	11,918	13,508	14,948
Otras Limpias	22,697	17,061	17,079	19,690	22,661	22,570
<b>Generación Total</b>	<b>350,432</b>	<b>341,860</b>	<b>353,700</b>	<b>363,930</b>	<b>374,320</b>	<b>384,850</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033 y PRODESEN 2022-2036.

**Continuación Cuadro 5.9. México: Evolución de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología. GWh. 2021-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>297,316</b>	<b>303,591</b>	<b>309,716</b>	<b>314,345</b>	<b>322,567</b>	<b>330,318</b>
Ciclo Combinado	226,341	233,625	240,139	250,550	259,181	267,182
Convencionales	48,896	48,588	48,405	49,295	48,910	48,602
Carboeléctrica	22,079	21,379	21,171	14,500	14,476	14,534
<b>Limpias</b>	<b>97,464</b>	<b>101,749</b>	<b>106,324</b>	<b>112,715</b>	<b>115,703</b>	<b>119,622</b>
Hidroeléctrica	33,546	35,073	35,387	35,674	35,538	35,391
Eólica	25,768	27,150	29,280	32,060	33,621	35,470
Solar	15,963	17,581	20,117	23,638	25,515	28,134
Otras Limpias	22,187	21,944	21,541	21,342	21,028	20,628
<b>Generación Total</b>	<b>394,780</b>	<b>405,340</b>	<b>416,040</b>	<b>427,060</b>	<b>438,270</b>	<b>449,940</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033 y PRODESEN 2022-2036.

Al igual que en el Escenario No. 2, se calculó la participación de cada tipo de central año con año para conformar la matriz de generación eléctrica derivada de la estrategia del actual gobierno. Como se puede constatar en el Cuadro 5.10, las disposiciones que contempla la iniciativa de Reforma Eléctrica implicarán una mayor producción de electricidad a partir de fuentes convencionales, esto se explica por la capacidad instalada de la CFE, la cual se integra en un 75% por centrales que centrales que usan este tipo de tecnología. Por tanto, para abastecer la demanda de energía eléctrica tendrá que hacerse uso de estas unidades, ya que los proyectos de nuevas centrales limpias contemplados tomarán tiempo para desarrollarse y emplearse para la generación.

En función de los factores de planta y la capacidad instalada por tipo de permisionario se estimó que para el 2021 se produciría el 73% bajo convencionales y el 27% con energía limpias. De aprobarse la iniciativa y entrar en operación en 2022, la estructura pasaría a 78% y 22% respectivamente, haciéndose evidente un retroceso de las fuentes no contaminantes en la matriz de generación como respuesta a limitar la contribución de los privados, los cuales son los permisionarios que cuentan con la mayor capacidad en este tipo de tecnologías.

Cuadro 5.10. México: Estructura de la matriz de generación eléctrica. %. 2021-2032

Tecnología	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Convencionales</b>	<b>73.1%</b>	<b>78.4%</b>	<b>78.0%</b>	<b>76.2%</b>	<b>75.5%</b>	<b>75.3%</b>
Ciclo Combinado	53.7%	54.4%	57.2%	56.1%	55.9%	56.3%
Convencionales	13.5%	15.1%	14.2%	13.5%	13.2%	12.9%
Carboeléctrica	5.9%	8.9%	6.6%	6.6%	6.4%	6.1%
<b>Limpias</b>	<b>26.9%</b>	<b>21.6%</b>	<b>22.0%</b>	<b>23.8%</b>	<b>24.5%</b>	<b>24.7%</b>
Hidroeléctrica	9.5%	8.4%	8.2%	8.3%	8.1%	8.3%
Eólica	5.6%	5.5%	6.0%	6.8%	6.7%	6.7%
Solar	5.4%	2.7%	3.0%	3.3%	3.6%	3.9%
Otras Limpias	6.5%	5.0%	4.8%	5.4%	6.1%	5.9%

Tecnología	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Convencionales</b>	<b>75.3%</b>	<b>74.9%</b>	<b>74.4%</b>	<b>73.6%</b>	<b>73.6%</b>	<b>73.4%</b>
Ciclo Combinado	57.3%	57.6%	57.7%	58.7%	59.1%	59.4%
Convencionales	12.4%	12.0%	11.6%	11.5%	11.2%	10.8%
Carboeléctrica	5.6%	5.3%	5.1%	3.4%	3.3%	3.2%
<b>Limpias</b>	<b>24.7%</b>	<b>25.1%</b>	<b>25.6%</b>	<b>26.4%</b>	<b>26.4%</b>	<b>26.6%</b>
Hidroeléctrica	8.5%	8.7%	8.5%	8.4%	8.1%	7.9%
Eólica	6.5%	6.7%	7.0%	7.5%	7.7%	7.9%
Solar	4.0%	4.3%	4.8%	5.5%	5.8%	6.3%
Otras Limpias	5.6%	5.4%	5.2%	5.0%	4.8%	4.6%

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2019-2033 y PRODESEN 2022-2036.

Progresivamente y a medida que sea posible la integración de unidades basadas en energías limpias en la estructura de capacidad de la CFE será posible reducir la aportación de las fuentes convencionales en la matriz de generación eléctrica. Logrando para el final del periodo (2032) aproximarse a la estructura exhibida en el 2021, pero alejándose significativamente de las proporciones: 60% para convencionales y 40% para limpias, proyectadas en el Escenario No. 2.

Por último, se calculó la tasa de crecimiento para cada tipo de central con los datos de generación estimados. En el Cuadro 5.11 se muestran las tasas utilizadas para la simulación, estas muestran que entre el 2018 y el 2032 las tecnologías convencionales crecerían en un 36%, es decir, el triple que lo obtenido en el Escenario No. 2. Por su parte, la producción eléctrica a través de fuentes limpias aumentaría en 76%, representando un poco menos de la mitad de lo que crecerían bajo la estrategia del PRODESEN 2018.

Dentro de las basadas en combustibles fósiles, las de mayor desarrollo serían las de ciclo combinado con una tasa del 36%, en cambio, la generación a partir de las unidades carboeléctricas se contraería en un 47% respecto al 2018 y el resto de las convencionales caería en 6% debido a la disminución de este tipo de fuentes contaminantes al final del periodo analizado.

**Cuadro 5.11. México: Tasa de crecimiento de la generación de electricidad por tipo de tecnología para el Escenario No. 3. %. 2018-2032**

<b>Tecnología</b>	<b>TC 2018-2032</b>
<b>Convencionales</b>	<b>36%</b>
Ciclo Combinado	63%
Carboeléctrica	-47%
Otras Convencionales	-6%
<b>Limpias</b>	<b>76%</b>
Hidroeléctrica	10%
Solar Fotovoltaica	1193%
Eoloeléctrica	185%
Otras Limpias	-3%

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036.

\*TC: Tasa de crecimiento.

En lo relacionado con las tecnologías limpias, la solar fotovoltaica se posicionaría como la de mayor expansión, con un crecimiento superior al 1000%, debido a la casi nula presencia (0.01%) que tiene en la capacidad instalada de la CFE. Le seguiría la energía eólica y la hidroeléctrica. En cambio, en el resto de las limpias se expondría una disminución del 3%.

#### **5.4 Procedimiento de Simulación**

Para la simulación se tomó como base la Matriz Nacional de Contabilidad Social que se construyó para el 2018 y cuyo procedimiento se relata en el Capítulo 2 del documento. Se empleó la matriz de flujos reportada en millones de pesos para modificarla de acuerdo con las tasas de crecimiento que exhibirá la generación por tipo de tecnología en cada escenario y a través de la alteración que esto implicó en las matrices de coeficientes directos e inversos, se obtuvieron tres estimaciones del

PBT para el 2032. Finalmente se compararon los vectores de PBT del 2018 y del 2032 para cuantificar el impacto de las estrategias en las variables económicas que permite cuantificar la MCS. El paso a paso seguido para la simulación de los tres escenarios fue el siguiente:

Se aumentaron los flujos de todas las cuentas de la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018 de acuerdo con las tasas de crecimiento para el 2032 calculadas para los siete tipos de tecnologías de generación en los que se desagregó al sector eléctrico. Estos factores de modificación (reportados en los Cuadros 5.1, 5.5 y 5.11) se aplicaron tanto en las columnas como en las filas de las actividades 221111-1 al 221119. Y para el resto de las cuentas los flujos se mantuvieron sin alteraciones.

Una vez modificados los flujos, se procedió a rebalancear la matriz para que la suma de las nuevas transacciones se ajustarán al Producto Bruto Total reportado en el 2018 en la MNCS. Se hizo uso del Método de ajuste biproportional (RAS) para garantizar nuevamente su consistencia.

Posteriormente, se calcularon los nuevos coeficientes directos de la MNCS derivados de aumentar o disminuir (ya sea el caso) el crecimiento de las tecnologías de generación. Con la nueva Matriz de Coeficientes Directos ( $S'$ ) se reestimó la Matriz de Coeficientes Inversos ( $M'$ ) por medio de la siguiente ecuación:

$$(I - S')^{-1} = M' \quad (5.3)$$

Para la demanda final se consideraron dos alternativas:

1. La primera de ellas consistió en aumentar solo la demanda final de los subsectores eléctricos con el objetivo de analizar de forma concreta y aislada los impactos de esta actividad.

Para ello se consideraron las tasas anuales de crecimiento proyectadas para la generación por tipo de tecnología en los Escenarios PRODESEN 2018 y PRODESEN 2022 para el periodo 2022-2032 (del 2018 al 2021 se emplearon las tasas anuales reales registradas). En el Escenario Base se utilizó la tasa media de

crecimiento anual registrada en los últimos quince años. Las tasas se multiplicaron por la participación que tuvo la demanda final en el producto bruto total registrado en la MNCS 2018. De esta forma se construyó una serie a partir del 2018 para las centrales eléctricas con el fin de calcular la demanda final para el 2032.

En las actividades faltantes que conforman la cuenta de producción y para el resto de las particiones (cuentas de generación del ingreso, asignación del ingreso primario, distribución secundaria del ingreso, utilización del ingreso, capital y financiera), la demanda final reportada en la MNCS del 2018 se mantuvo sin alteraciones. Con lo anterior, se conformó un vector de demanda final en cada escenario para el 2032, denominado como  $f'$ .

2. La segunda alternativa radicó en aumentar la demanda final de todas las cuentas endógenas de la MNCS.

La generación de energía eléctrica por tipo de tecnología se estimó como en el paso anterior. Y para el resto de las actividades productivas se alteró la demanda final exógena utilizando las tasas medias de crecimiento anual, las cuales fueron cuantificadas con la producción bruta total desde el 2007 hasta el 2021. La variable fue la producción en valores básicos a precios constantes del 2013 y la fuente de información fue el INEGI. Las tasas se multiplicaron por la contribución que hace la demanda final al PBT de cada sector productivo, esta información se encuentran en el Anexo 30.

En la fabricación de equipo de transporte (336) se tuvo que adaptar la tasa debido al impacto que tuvo el confinamiento y la interrupción de las actividades no esenciales a causa de la pandemia generada por el COVID-19 en la dinámica del sector. Además, esta industria experimenta un cambio estructural que está motivado por:

- a) La electrificación del transporte;
- b) El estancamiento de la demanda en el principal mercado de destino (EUA) y;

- c) Los cambios en las políticas de movilidad, es decir, el creciente papel de los medios de transporte masivos y opciones de micro movilidad.

Para la adecuación de las tasas se emplearon los pronósticos de crecimiento para la industria automotriz publicados por Galaz, Yamazaki, Ruiz Urquiza, S.C. (2020), donde se indica que los niveles previos a la crisis sanitaria podrán recobrase a partir del 2024.

En el resto de las particiones se estimaron las tasas anuales de crecimiento con información de cuentas nacionales por sectores institucionales, base 2013 de INEGI, para el periodo 2007-2020<sup>76</sup>. Al igual que en la cuenta de producción, se multiplicó la tasa correspondiente por la participación de la demanda final en el PBT, dichas proporciones se obtuvieron de la MNCS construida para el 2018. Como resultado, se obtuvo un nuevo vector de demanda final en cada escenario para el 2032, el cual se denominó  $f''$ .

Finalmente, se resolvió el modelo de producción para obtener por escenario, dos vectores de producción bruta para el 2032 (uno para cada alternativa de demanda final). Se estimaron a partir de las siguientes ecuaciones:

-Aumento de la demanda final solo en el sector eléctrico:

$$x' = M'f' \quad (5.4)$$

-Aumento de la demanda final en todas las cuentas endógenas de la MNCS:

$$x'' = M'f'' \quad (5.5)$$

### 5.5 Resultados

Los resultados de modificar exclusivamente las tasas de crecimiento de los subsectores relacionados con la generación de electricidad con base en las estrategias planteadas en el PRODESEN 2018 y PRODESEN 2022 y de alterar la

---

<sup>76</sup> El 2020 fue el año más reciente para el cual se encontró disponible la información para los sectores institucionales.

demanda final de todas las cuentas de la parte endógena del modelo se presentan a continuación.

### 5.5.1 Estructura de la Producción

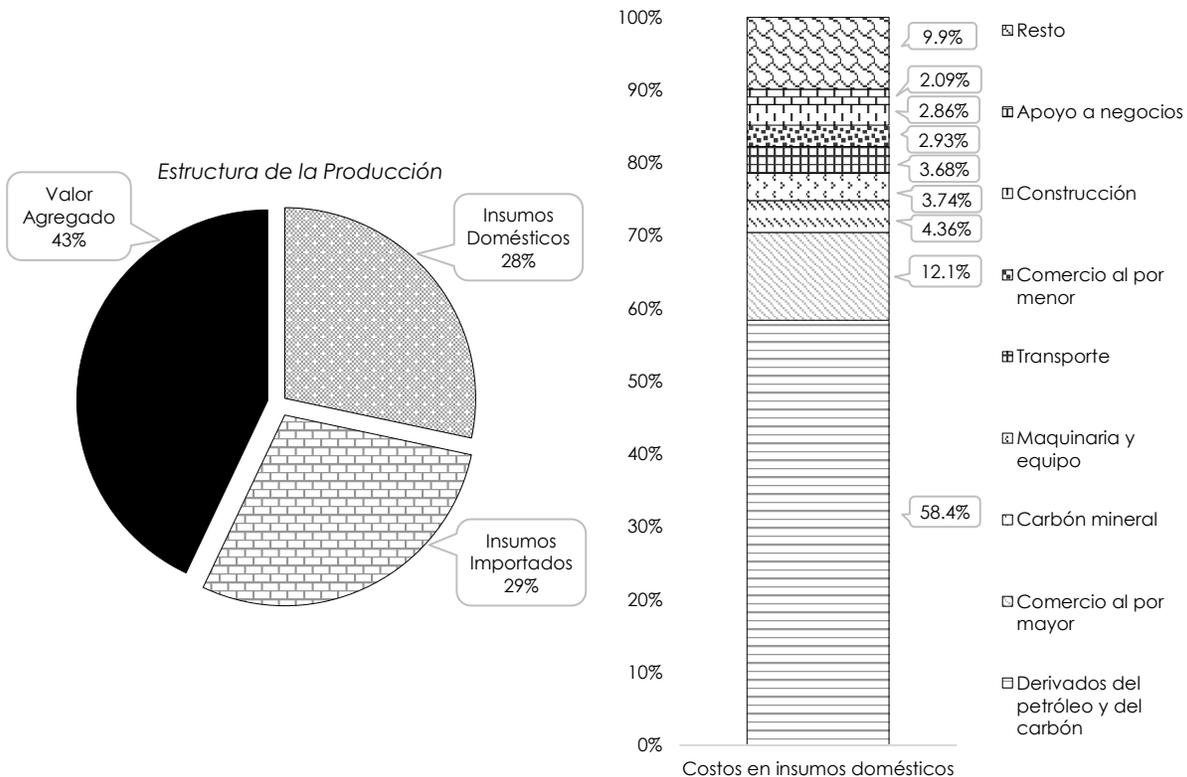
Durante el 2018, el valor de la producción bruta del sector eléctrico nacional ascendió a 602,568 millones de pesos y el valor agregado generado fue de 259,293, correspondiendo el 73% de ese monto al excedente bruto de operación, el 26% a la remuneración de los asalariados y el 1% restante al pago neto de impuestos indirectos sobre la producción.

Las compras de insumos domésticos realizadas por la industria eléctrica se registraron en 171,073 millones de pesos, las de insumos importados en 173,218 y estos insumos, nacionales y foráneos, recibieron un subsidio neto de 1,015 mdp por parte del gobierno. Por tanto, el valor agregado representó el 43% en la estructura de producción eléctrica, las compras domésticas el 28% y las foráneas el 29% (véase Gráfica 5.8, izquierda).

En cuanto a la estructura de costos de insumos intermedios de origen doméstico (véase Gráfica 5.8, derecha) efectuadas por el sector eléctrico durante el 2018, se puede observar que el 58.39% correspondió a compras a la industria petroquímica, principalmente por el concepto de consumo de combustibles necesarios para las centrales convencionales como el gas natural, combustóleo, diésel y coque de petróleo. Para el funcionamiento de las centrales carboeléctricas se realizaron adquisiciones de carbón mineral, las cuales constituyeron el 4.36% del total.

El pago por servicios de comercio al por mayor y al por menor representaron el 12.06% y 2.93% respectivamente. Las compras por maquinaria y equipo ascendieron a 3.74%, las de servicios de transporte y correos a 3.68%, la industria de construcción a 2.86% y los servicios de apoyo a negocios a 2.09%. El resto de las actividades significaron el 9.89% faltante.

**Gráfica 5.8. México: Estructura de la producción de la industria eléctrica y de los costos en insumos domésticos. %. 2018**

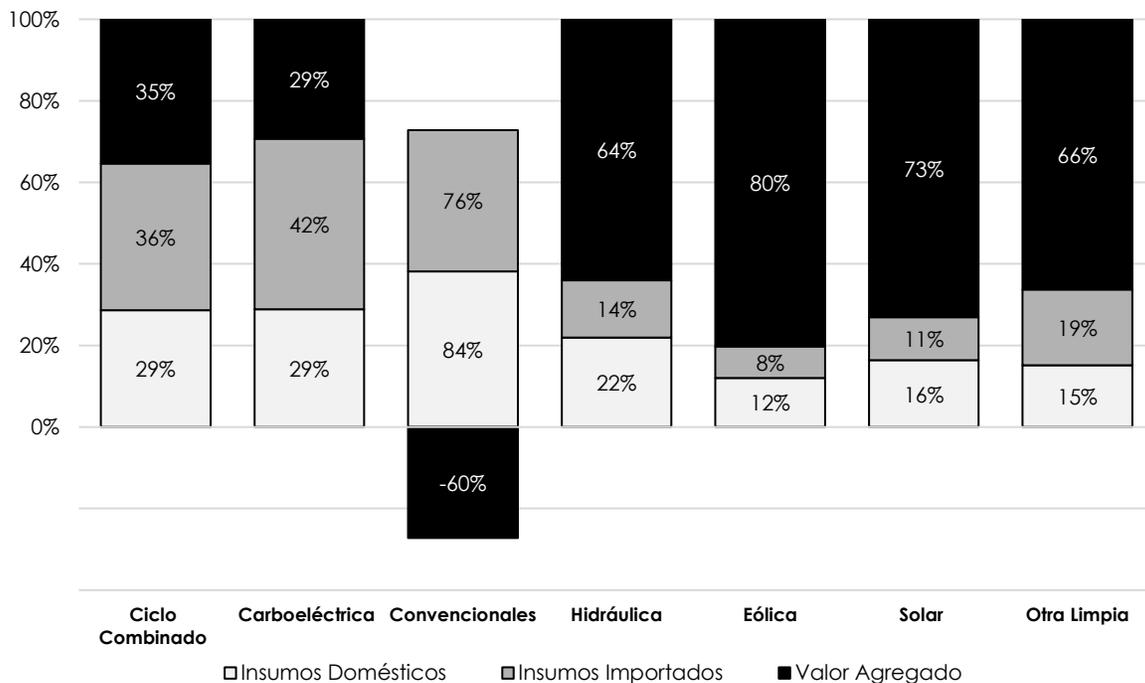


**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

La estructura de la producción por tipo de tecnología se expone en la Gráfica 5.9 y como se puede constar en las centrales de ciclo combinado, carboeléctrica y en el resto de las convencionales, los insumos importados tuvieron una gran importancia, su participación se registró en el 2018 en 36%, 42% y 76% respectivamente.

Mientras que en las energías limpias el componente que predominó fue la generación de valor agregado, implicando porcentajes superiores al 60%. En lo que concierne a las convencionales como las termoeléctricas, combustión interna, turbogás y lecho fluidizado, el valor agregado se reportó negativo debido a que la generación a partir de estas unidades es la de mayor costo y no se compensa con el excedente bruto de operación.

**Gráfica 5.9. México: Estructura de la producción por tipo de tecnología de generación. %. 2018**



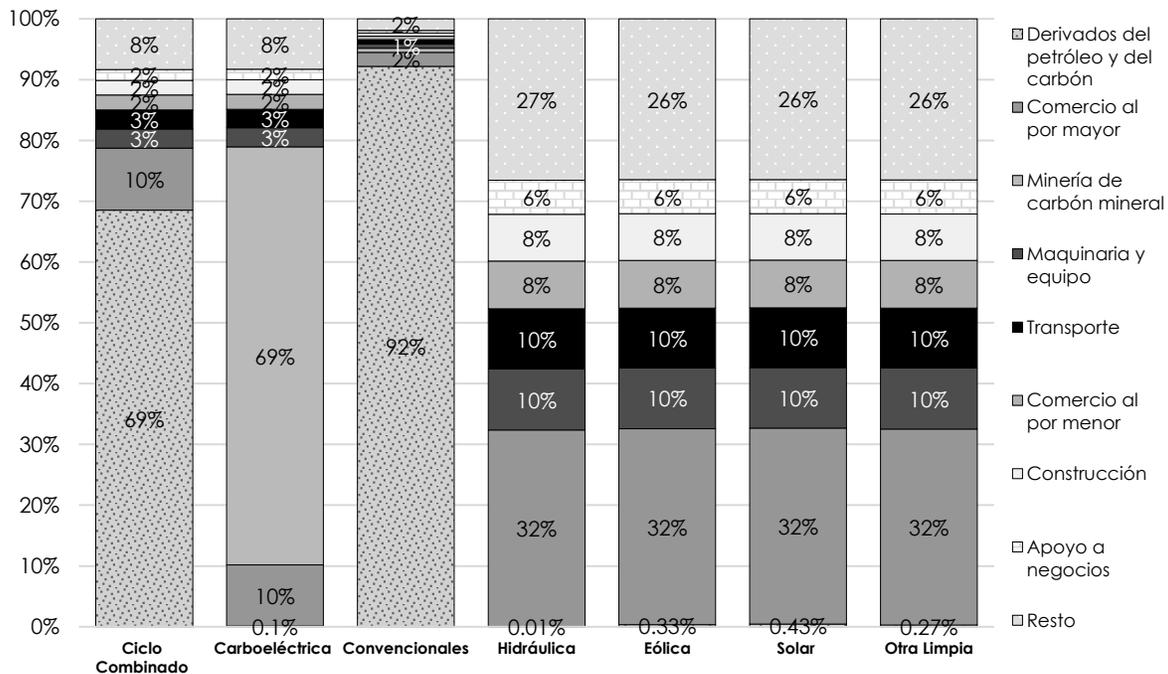
**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

Al analizar los costos de insumos domésticos por tipo de tecnología de generación, nuevamente se corrobora la relevancia de la energía primaria en las compras nacionales de las unidades convencionales. El 69% de los insumos demandados en el 2018 por las centrales de ciclo combinado se concentraron en la industria petroquímica, de forma particular en el gas natural, combustible necesario para su operación. En el caso de las carboeléctricas, las compras efectuadas al sector de carbón mineral implicaron el 69% del total. Y finalmente, el resto de las convencionales, donde se engloba a las unidades termoeléctricas, de combustión interna, turbogás y lecho fluidizado demandaron el 92% de sus insumos intermedios a la industria petroquímica.

Para las tecnologías limpias, dado que no dependen de ningún combustible primario para su funcionamiento, no exhibieron una demanda tan concentrada como las mencionadas anteriormente. Un cuarenta por ciento de sus adquisiciones se destinó a pagos por servicios de comercio al por mayor y al por menor, un 10% a

compra de maquinaria y equipo, otro 10% a servicios de transporte y correos, un 8% al sector de construcción y 6% a servicios de apoyo a negocios. Las demás actividades exhibieron el 26% restante.

**Gráfica 5.10. México: Estructura de los costos de insumos domésticos por tipo de tecnología de generación de electricidad. %. 2018**



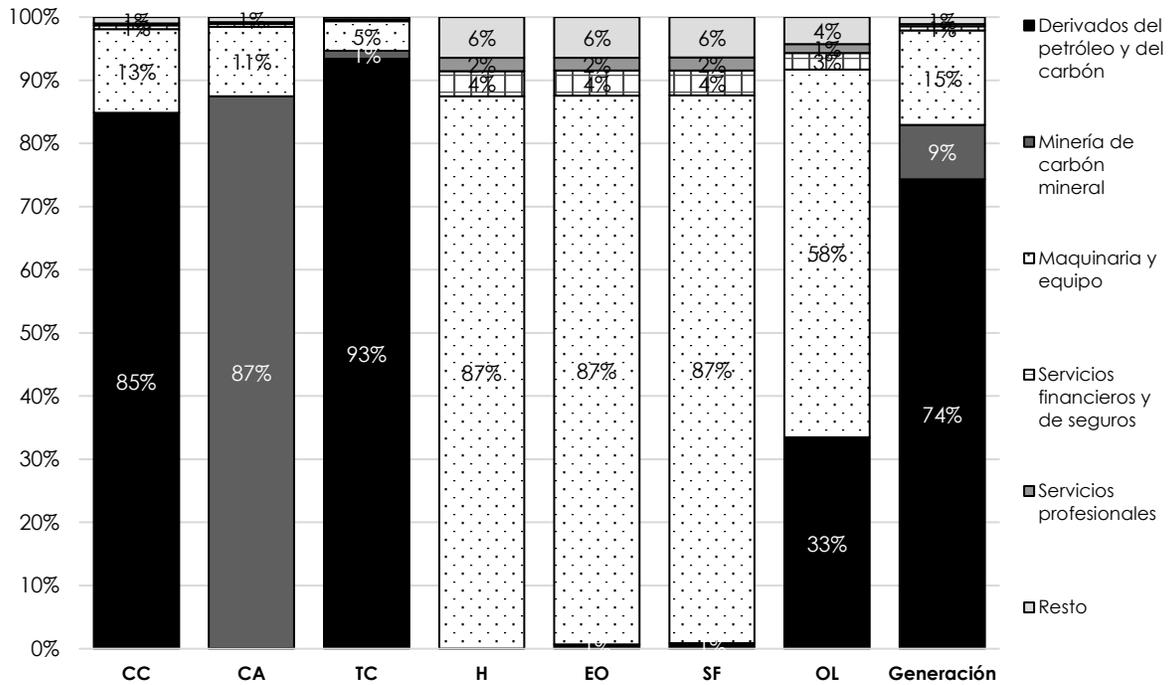
**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

Por tanto, los rubros más significativos en los insumos domésticos fueron las compras de energía primaria (gas natural, combustóleo, diésel, coque de petróleo y carbón), ya que en conjunto absorbieron el 62.8% de los insumo domésticos demandados por la industria eléctrica. La demanda de insumos foráneos también se concentró en el gas natural y el carbón para la producción de electricidad, registrando una participación de 74 y 9% respectivamente (véase Gráfica 5.11, ultima barra).

En las centrales convencionales, la mayor demanda de insumo foráneos se dio bajo el concepto de combustibles, en cambio, en las unidades que funcionan a partir de energía limpia, el concepto más sobresaliente fue la maquinaria y equipo,

seguida de servicios financieros y de seguros y servicios profesionales, técnicos y científicos.

**Gráfica 5.11. México: Estructura de los costos de insumos importados por tipo de tecnología de generación de electricidad. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. **Nota:** CC: Ciclo Combinado; CA: Carboeléctrica; TC: Otras Convencionales; H: Hidráulica; EO: Eólica; SF: Solar Fotovoltaica y OL: Otras Limpias.

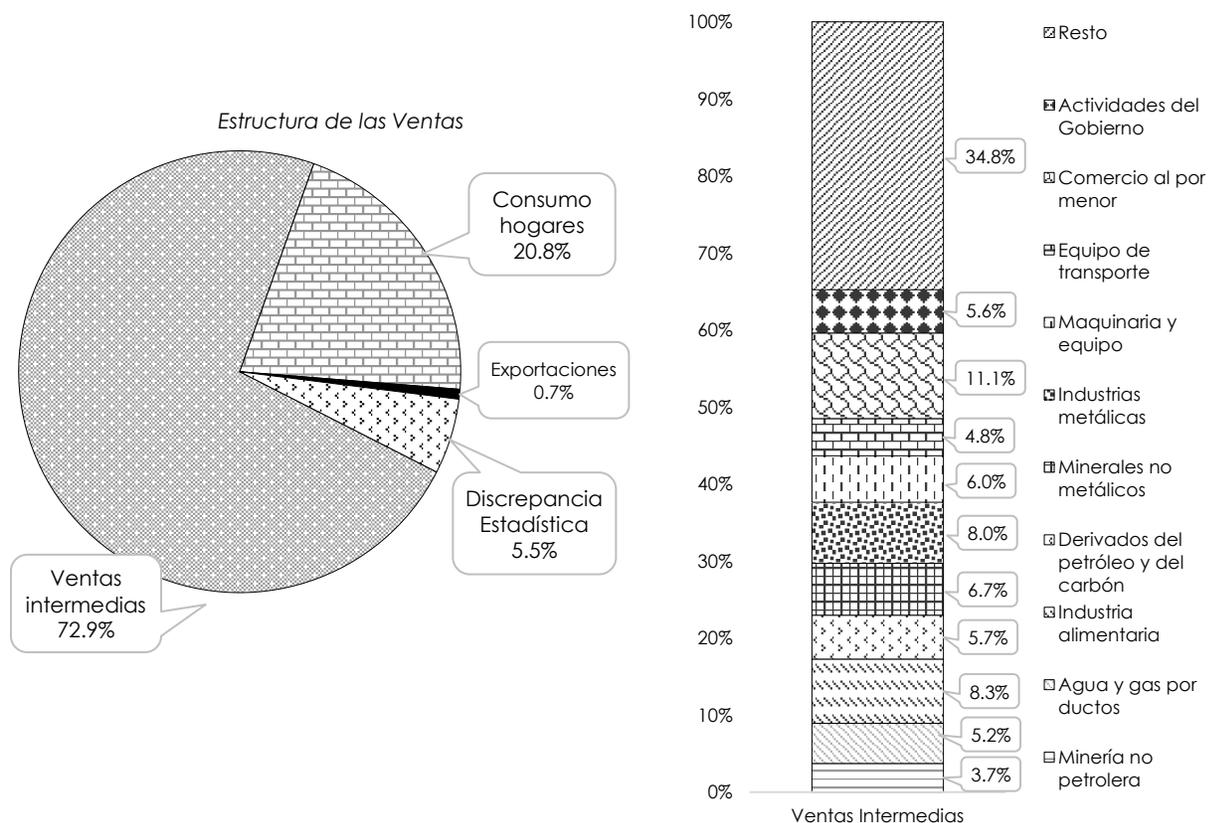
### 5.5.2 Estructura de las Ventas

La estructura de las ventas nacionales del sector eléctrico se exhibe en la parte izquierda de la gráfica 5.12 y se compone en aproximadamente tres cuartas partes del total (72.9%) por las ventas intermedias, es decir, las compras de electricidad que hacen el resto de las actividades económicas para su funcionamiento, el 20.8% se destina al consumo de los hogares y el 0.7% se exporta.

Los sectores que mayor demanda hicieron de este insumo productivo durante el 2018 fueron el comercio al por menor (11.1%), industria alimentaria (8.3%), las industrias metálicas básicas (8%), maquinaria y equipo (6%), minerales no

metálicos (6.7%), derivados del petróleo y el carbón (5.7%), actividades del gobierno (5.6%), suministro de agua y gas por ductos (5.2%), fabricación de equipo de transporte (4.8%) y minería no petrolera (3.7%). El resto de las 32 actividades consumieron el 34.8% de la oferta nacional de energía eléctrica.

**Gráfica 5.12. México: Estructura de la oferta nacional y de las ventas intermedias de la industria eléctrica. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 5.5.3 Producto Bruto Total

En este apartado se presentan los impactos en el Producto Bruto Total de simular las diversas políticas en materia eléctrica que implica cada escenario. Se compara el PBT del 2032 obtenido para cada tipo de central eléctrica de generación contra el valor del 2018, extraído de la MNCS.

Como se mencionó en el apartado del procedimiento de simulación (5.4), se estimaron dos vectores de PBT, uno considerando una variación en la demanda final en solo las tecnologías de generación de electricidad (en los gráficos se presentará con la etiqueta “DF GENERACIÓN ELÉCTRICA”) y otro modificando de forma generalizada la demanda final de todas las cuentas endógenas del modelo (aparecerá en las gráficas bajo la etiqueta “DF GENERAL”). Por tanto, los resultados se analizan bajo estas dos alternativas.

### 5.5.3.1 Escenario No. 1: Base

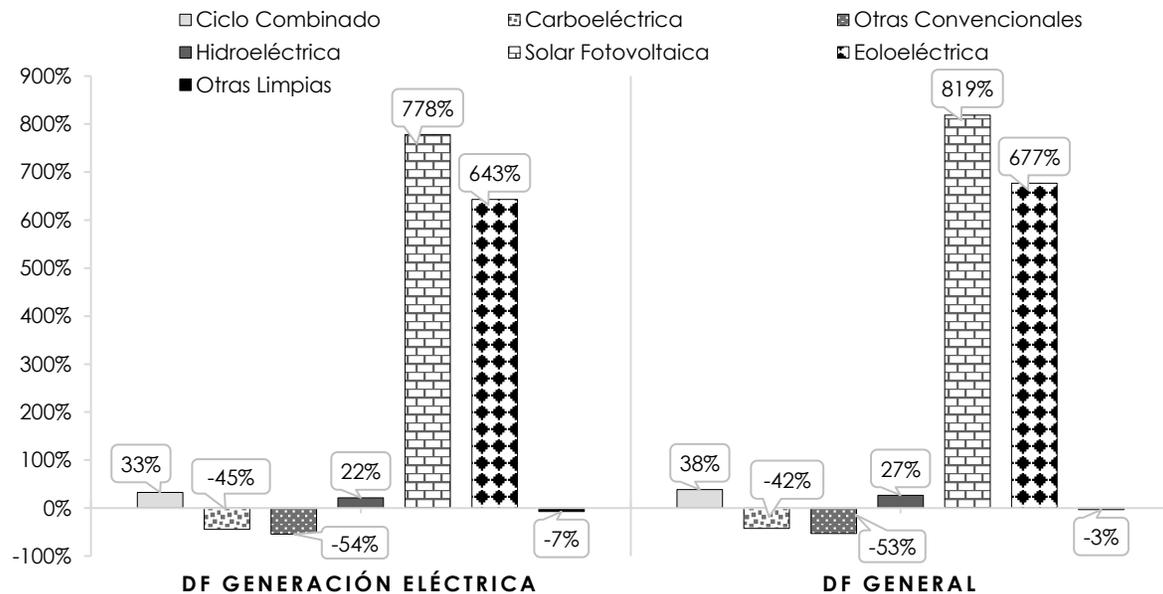
Bajo el Escenario Base y considerando un aumento en la demanda final solo en los subsectores de producción eléctrica, las centrales solares fotovoltaicas y eoloeléctricas experimentarían la mayor expansión con tasas del 778% y del 643% respectivamente (véase parte izquierda de la gráfica 5.13), en comparación con el Producto Bruto Total reportado durante el 2018. Lo anterior, resulta consistente, ya que durante los últimos quince años (2007-2021) este tipo de unidades limpias son las que más han crecido dentro del Sistema Eléctrico Nacional, debido a que al inicio del periodo partían de un nivel muy bajo o nulo, en el caso de la solar.

Para las hidroeléctricas, el crecimiento sería más moderado con un porcentaje del 22, mientras que el resto de las unidades limpias, como las nucleoeeléctricas, geotérmicas, de cogeneración eficiente y bioenergía, reportarían una contracción en el PBT del 3%. Y en lo que atañe al PBT de las tecnologías que funcionan a través de combustibles fósiles, las carboeléctricas y el resto de las convencionales disminuirán en 45% y 54%, en cambio, las de ciclo combinado continuarán creciendo en un 33%, tal como ha venido ocurriendo en el SEN en los últimos años.

Cuando se modifica de forma generalizada la demanda final (gráfica 5.13, lado derecho), el patrón expuesto anteriormente se reproduciría. Los mayores crecimientos se concentrarían en la generación originada a través de las fuentes eólicas y solares, con tasas superiores a las de la primera alternativa, 819% y 677% respectivamente. Y dentro de las convencionales, el PBT de las de ciclo combinado

aumentará en 38% y en la contracara se encontrarían las convencionales restantes con reducciones mayores al 40%.

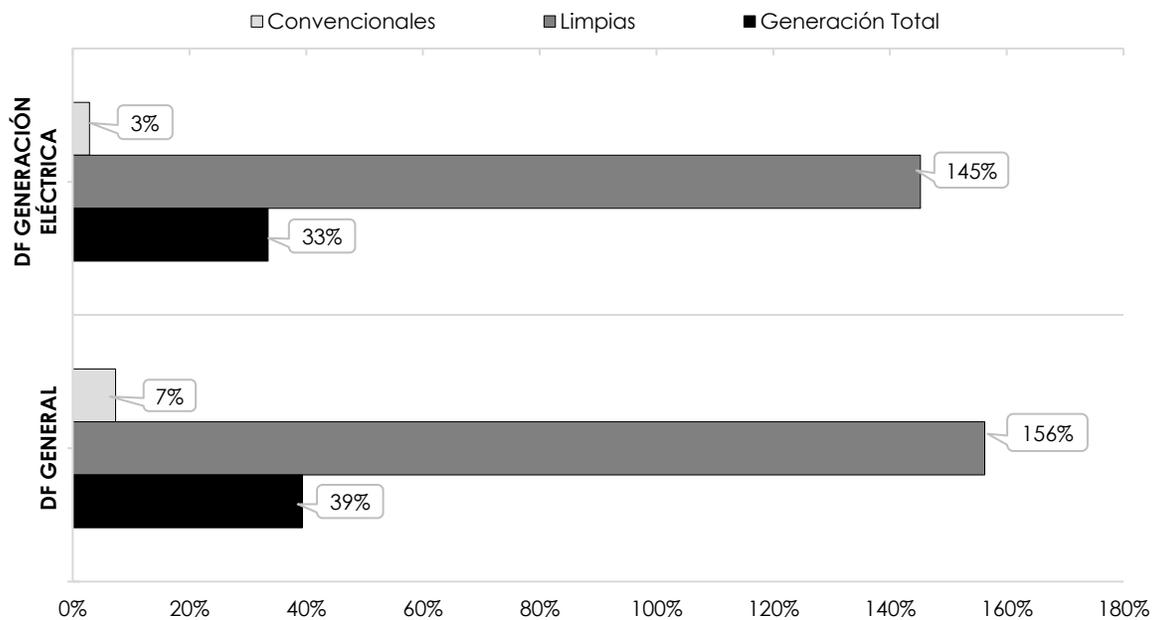
**Gráfica 5.13. México: Impacto del Escenario Base en el Producto Bruto Total de los siete tipos de tecnología de generación de electricidad. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. **Nota:** **DF GENERACIÓN ELÉCTRICA:** presenta los efectos de aumentar solo la demanda final de las actividades de generación de electricidad. **DF GENERAL:** muestra los impactos de aumentar la demanda final de toda la parte endógena de la matriz.

De forma agregada, el PBT derivado de la generación de electricidad crecería en 33% y 39% bajo la primera y segunda alternativa de estimación de la demanda final. El crecimiento más pronunciado se observaría en las tecnologías limpias en su conjunto, las cuales reportarían tasas del 145% y 156% respectivamente. Finalmente, el producto bruto de las centrales contaminantes aumentará en 3 y 7 por ciento, como efecto de que la política energética siga la dinámica que se ha venido presentando en la industria eléctrica.

**Gráfica 5.14. México: Impacto del Escenario Base en el Producto Bruto Total de las tecnologías de generación convencionales y limpias. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

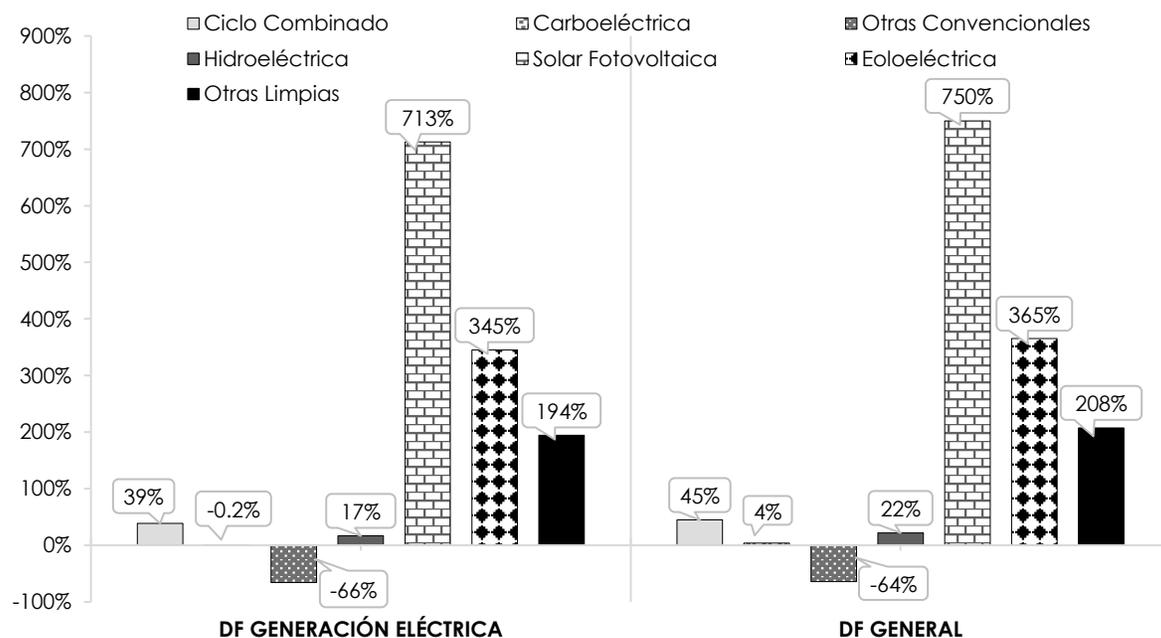
### 5.5.3.2 Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032

A través de esta planificación del Sistema Eléctrico Nacional y solo aumentando la demanda final de los subsectores 221111-1 al 221119, el producto bruto de las unidades solares fotovoltaicas se convertiría en el más relevante con una tasa de 713%. En seguida se posicionaría la energía eólica, otras tecnologías limpias, ciclo combinado e hidroeléctricas con incrementos de 345%, 194%, 39% y 17% respectivamente.

Sin embargo, no todas las centrales registrarían aumentos, como es el caso de otras convencionales, cuyo PBT disminuiría en 66% en contraste con el monto registrado en el 2018, como consecuencia de reducir la participación de estas fuentes contaminantes en la matriz de generación eléctrica para el 2032. La caída de las carboeléctricas sería menos pronunciada con una tasa del 0.2%.

Ante la variación de la demanda final generalizada, la única actividad que exhibiría una contracción se concentraría en las tecnologías que funcionan con diésel, combustóleo y gas natural (exceptuando ciclo combinado). La caída de las carboeléctricas se revertiría en un aumento del 4% en su PBT, resultado de un mayor nivel de actividad de económica y de los efectos que esto tiene en la demanda de energía eléctrica. Esto también provocaría un alza en el producto de la generación del 44% frente al 38% que se reportaría al alterar solo a este sector de energía secundaria.

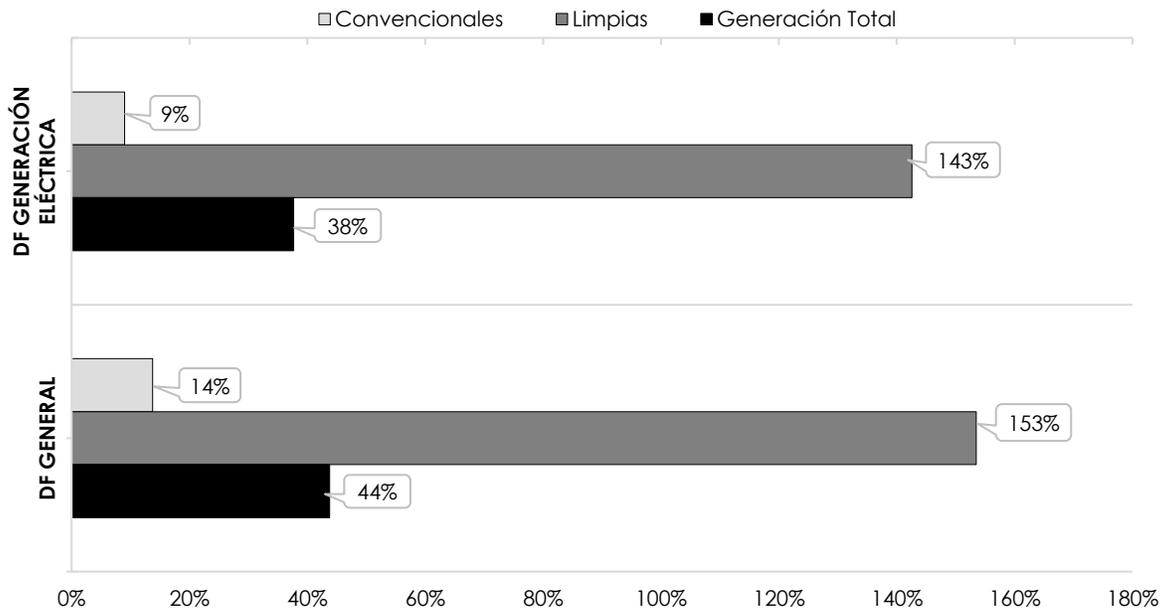
**Gráfica 5.15. México: Impacto del Escenario PRODESN 2018-2032 en el Producto Bruto Total de los siete tipos de tecnología de generación de electricidad. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

El crecimiento de las convencionales de forma conjunta se computaría en 9 y 14 por ciento en la primera y segunda alternativa de demanda final respectivamente. En tanto, las limpias se situarían como las de mayor impulso bajo este segundo escenario con impactos de 143% y 153% en cada opción.

**Gráfica 5.16. México: Impacto del Escenario PRODESEN 2018-2032 en el Producto Bruto Total de las tecnologías de generación convencionales y limpias. %. 2032**



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 5.5.3.3 Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036

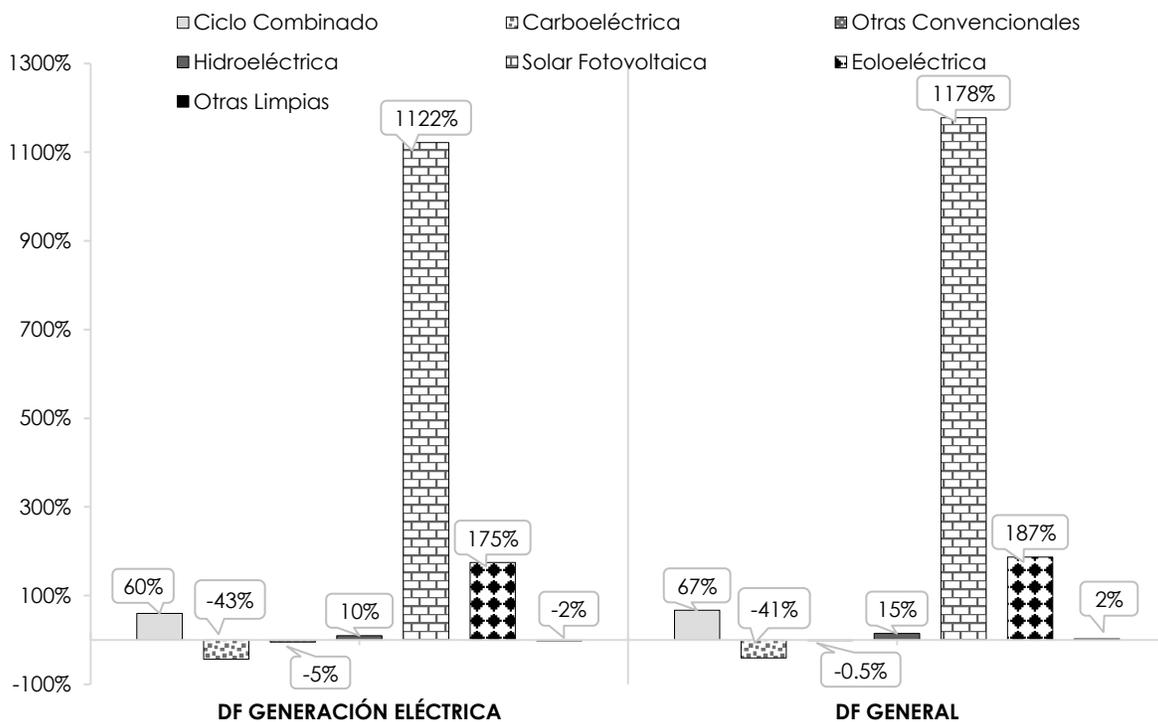
El PBT que reportaría la mayor expansión se aglomeraría en las plantas solares con una tasa superior al 1000 por ciento, debido a la casi inexistente participación que tienen en la capacidad instalada de la CFE (se registró en 0.01% en el 2021) y a la expansión que experimentaría al final del periodo en la matriz de generación eléctrica construida a partir de las iniciativas en materia energética de la presente administración pública federal y de las estrategias contenidas en los PRODESEN del 2019 al 2022. A continuación, se situarían las eoloeléctricas con alza de 175% y las hidroeléctricas con 10%, empero el resto de las limpias se contraería en 2%.

En lo que concierne a las centrales de ciclo combinado, estas crecerían en 60%, convirtiéndose en las únicas con crecimiento positivo dentro de las convencionales, ya que serían el tipo de tecnología más relevante en la matriz de este tercer

escenario. En contraste, las carboeléctricas y otras convencionales disminuirán en 43% y 5%, ya que su participación se va diluyendo al finalizar el periodo analizado.

Al modificar la demanda final exógena de forma general, el crecimiento de las solares se registraría en 1178%, el de las eólicas en 187% y las de ciclo combinado en 67%. Y los sectores con tasas negativas en la alternativa anterior como las carboeléctricas, otras convencionales y otras limpias reportarían una mejoría en su PBT.

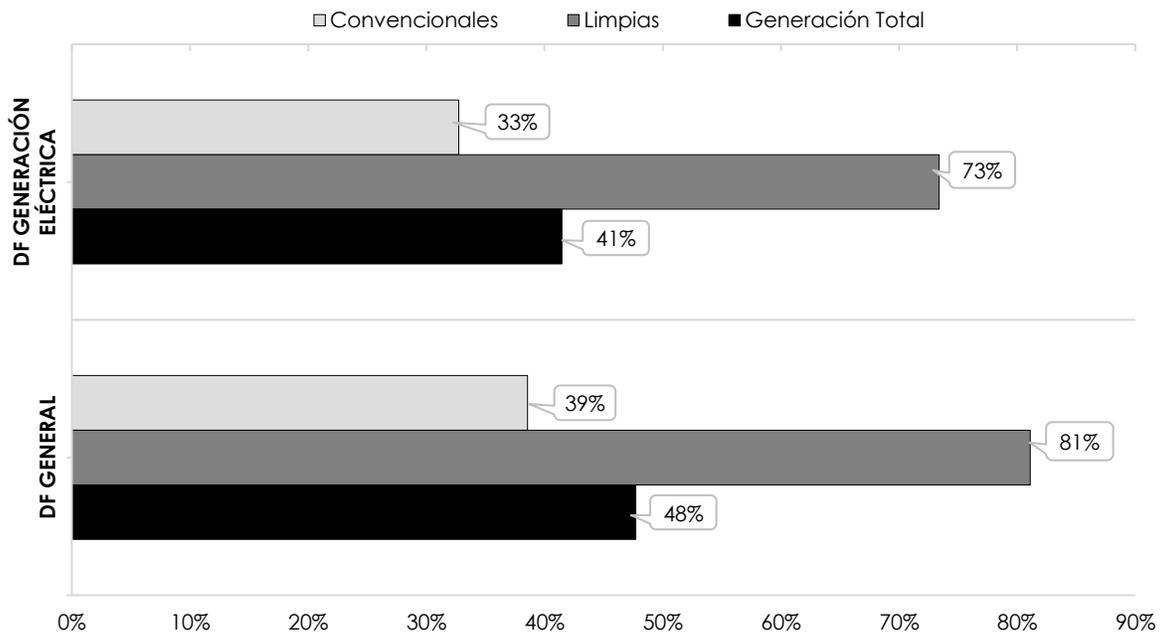
**Gráfica 5.17. México: Impacto del Escenario PRODESEN 2022-2036 en el Producto Bruto Total de los siete tipos de tecnología de generación de electricidad. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

El producto bruto de la generación total aumentaría en 41% y en 48% en cada alternativa, las limpias lo harían en 73 y 81% y finalmente, las basadas en combustibles fósiles en 33 y 39 por ciento, respectivamente.

**Gráfica 5.18. México: Impacto del Escenario PRODESEN 2022-2036 en el Producto Bruto Total de las tecnologías de generación convencionales y limpias. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

#### 5.5.3.4 Comparativo

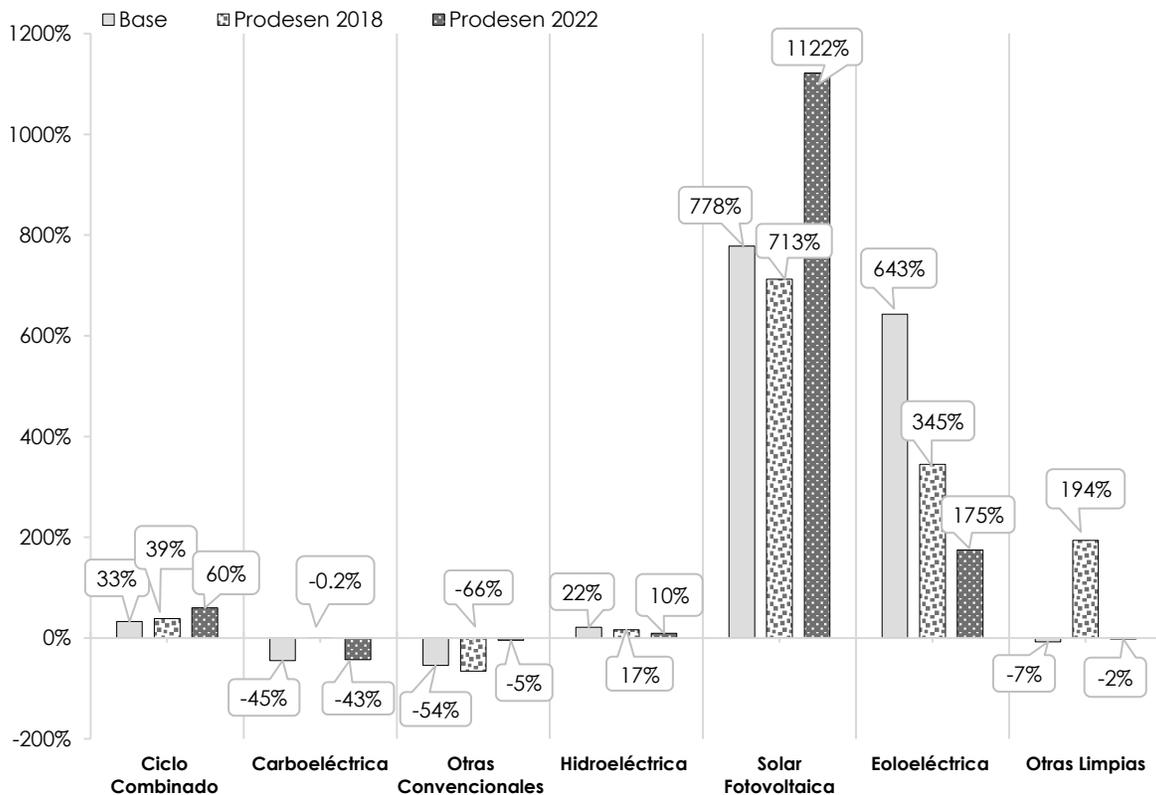
En la gráfica 5.19 se comparan las tasas de crecimiento del PBT para el 2032 respecto al 2018 obtenidas de los tres escenarios simulados y bajo la alternativa de solo aumentar la demanda final de los subsectores relacionados con la generación de energía eléctrica para aislar el efecto del resto de las cuentas.

Como se puede constatar, el mayor crecimiento en la tecnología de ciclo combinado se presentaría en el escenario construido bajo la estrategia eléctrica trazada en los Programas de Desarrollo del SEN del 2019 al 2022, lo cual sería consecuencia de sustentar el 59% de la generación al final del periodo analizado.

En lo referente a las unidades convencionales conformadas por termoeléctricas, turbogás, combustión interna y lecho fluidizado, experimentarían tasas de crecimiento negativas en los tres escenarios, sin embargo, la mayor contracción

(66%) se daría bajo el PRODESEN 2018, producto de reducir la participación de estas fuentes contaminantes al 3% en su matriz de generación eléctrica del 2032. Bajo el PRODESEN 2022, la caída se contabilizaría en 5% gracias a la menor contribución que representarían a finales del periodo en comparación con los años iniciales, donde por el contrario, se haría un mayor uso de este tipo de centrales para cubrir la demanda de electricidad ante la limitación de la cuota de los privados a un máximo del 46% en la actividad de generación.

**Gráfica 5.19. México: Comparativo del Impacto de los tres escenarios en el Producto Bruto Total de los siete tipos de tecnología de generación de electricidad. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

En las carboeléctricas también se exhibirían decrementos en su producto, empero en el Escenario No. 2, la retracción sería la más moderada con el 0.2%, ya que en el PIIRCE del 2018-2032 se contemplaba un proyecto de rehabilitación y

modernización de la central José López Portillo y por tanto, la reducción en la matriz no se presentaría de forma tan drástica.

Todas las energías limpias crecerían bajo la propuesta de desarrollo del SEN contenida en el PRODESEN 2018, en comparación con el escenario base y el del PRODESEN 2022, donde el PBT de otras limpias decrecería en 7% y 2%, implicando una mejora en términos de la diversificación de las fuentes de generación y en el medio ambiente. En cambio, las centrales que funcionan a través de combustibles fósiles serían las que mayor impulso recibirían de forma agregada bajo la política eléctrica derivada de las propuestas formuladas por el actual gobierno federal, su PBT se acrecentarían en 33% contra 3% del escenario base y 9% del PRODESEN 2018, dificultando el cumplimiento de las metas relacionadas con la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, por medio del PRODESEN 2018 se obtendrían los mayores aumentos en el PBT total de la parte endógena del modelo, el crecimiento se cuantificaría en 1.20% al aumentar solo la demanda final de la industria eléctrica y de 6.25% al alterar todas las cuentas, que en términos absolutos implicaría diferencias superiores al 1.7 y 8.9 billones de pesos en comparación con el 2018. Con la alternativa del PRODESEN 2022 las tasas se reportarían en 0.79% y 5.82% respectivamente. Mientras que con el escenario base se obtendrían los menores crecimientos en la variable.

**Cuadro 5.12. México: Cambios en el producto bruto total en los tres escenarios. Millones de pesos. 2032**

**PBT 2018:** \$142,821,524 mdp

<b>Demanda Final</b>	<b>Variable</b>	<b>Base</b>	<b>Prodesen 2018</b>	<b>Prodesen 2022</b>
<b>DF GENERACIÓN ELÉCTRICA</b>	PBT	\$143,899,962	\$144,532,088	\$143,953,901
	Diferencia	\$ 1,078,437	\$ 1,710,564	\$ 1,132,377
<b>DF GENERAL</b>	PBT	\$151,082,971	\$151,744,034	\$151,139,087
	Diferencia	\$ 8,261,447	\$ 8,922,510	\$ 8,317,563

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

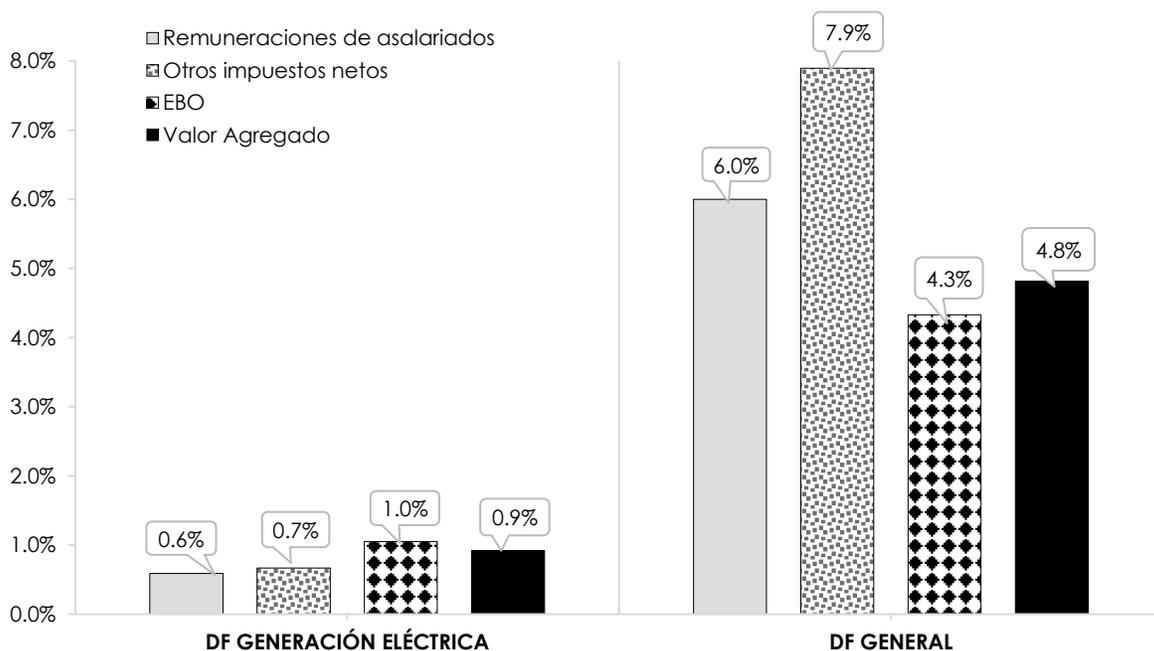
### 5.5.4 Componentes del Valor Agregado

En este apartado se presenta el impacto que se obtiene en el valor agregado bajo los tres escenarios y de forma desagregada en cada uno de sus componentes: remuneraciones de asalariados, excedente bruto de operación (EBO) y otros impuestos sobre la producción netos de subsidios.

#### 5.5.4.1 Escenario No. 1: Base

Con el escenario tendencial y fluctuando exclusivamente la demanda final de la industria eléctrica, el elemento de mayor crecimiento sería el excedente bruto de operación con 1%, seguido por otros impuestos netos con 0.7% y finalmente, las remuneraciones de los asalariados con 0.6%. El valor agregado en su conjunto aumentaría en 0.9% en el 2032 en comparación con el monto del 2018.

**Gráfica 5.20. México: Impacto del Escenario Base en los componentes del Valor Agregado. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

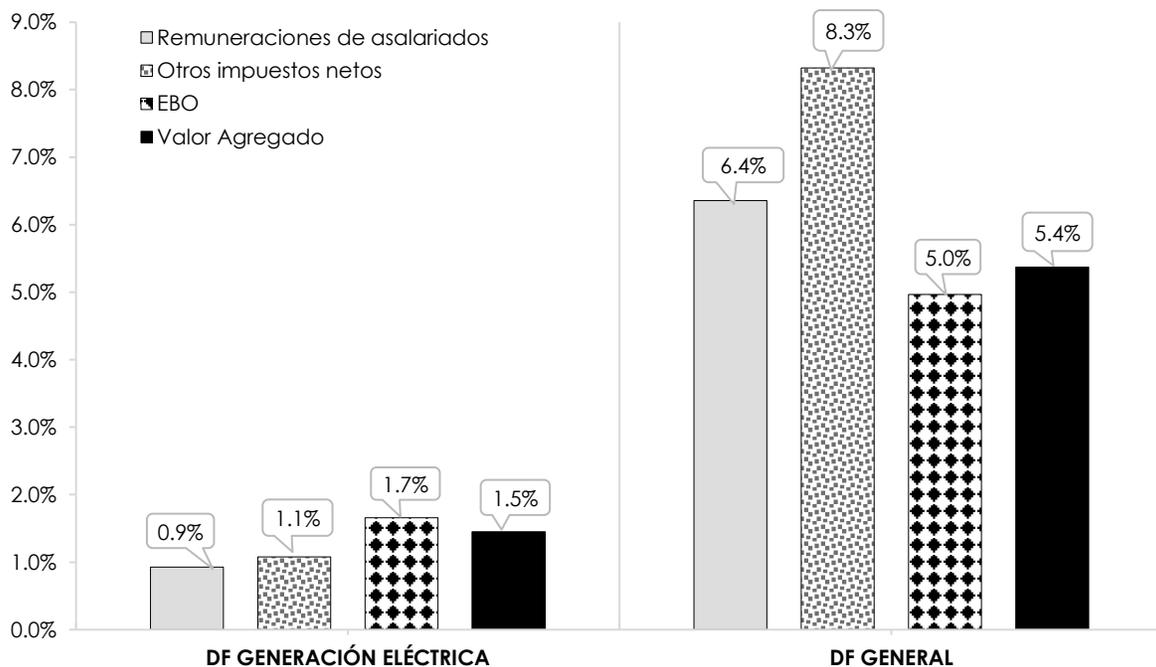
Cuando se modifican todas las cuentas, se altera el ordenamiento y son los impuestos netos los que experimentarían el mayor crecimiento (7.9%), a

continuación se posicionarían las remuneraciones (6%) y por último el EBO (4.3%). De forma agregada, el valor agregado incrementaría en 4.8%.

**5.5.4.2 Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032**

En el segundo escenario, el valor agregado bruto aumentaría en 1.5% en el 2032 y por componente, el de mayor expansión sería el EBO con 1.7%, posteriormente se ubicarían otros impuestos netos con 1.1% y al final, las remuneraciones que perciben los asalariados, cuyo crecimiento se reportaría en 0.9% como resultado de modificar solo la demanda final exógena de las siete tecnologías de generación de electricidad.

**Gráfica 5.21. México: Impacto del Escenario PRODESEN 2018-2032 en los componentes del Valor Agregado. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

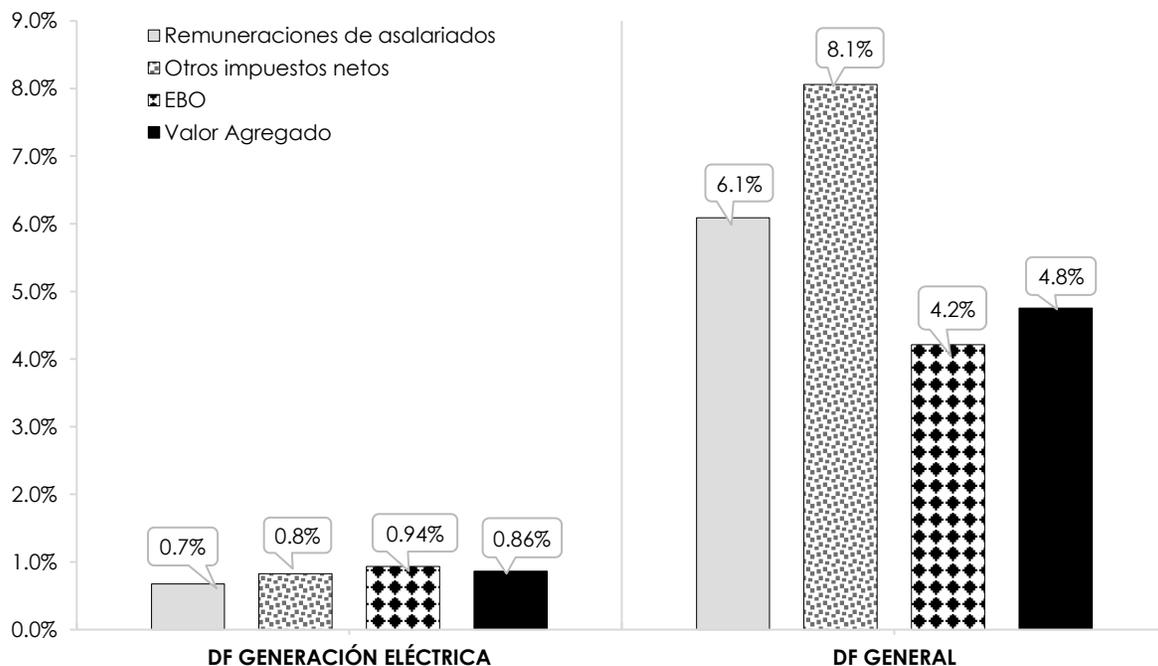
Con la segunda alternativa de estimación de la demanda final, el aumento general de la actividad económica dará origen a un mayor nivel de valor agregado, ascendiendo a 5.4%. El elemento que ostentaría el crecimiento más grande serían

los impuestos, después las remuneraciones y finalmente el excedente bruto de operación con tasas de 8.3, 6.4 y 5 por ciento, respectivamente.

**5.5.4.3 Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036**

Con el PRODESEN 2022, el patrón se expondría de manera similar al mostrado anteriormente en los escenarios base y PRODESEN 2018. Nuevamente, el ordenamiento en el crecimiento estaría encabezado por el EBO, seguido de otros impuestos netos y remuneraciones con 0.9%, 0.8% y 0.7%. Y de forma conjunta, el valor agregado incrementaría en 0.86%. Y ante un cambio generalizado en la demanda final, los porcentajes se elevarían a 4.2, 8.1, 6.1 y 4.8 por ciento en cada caso.

**Gráfica 5.22. México: Impacto del Escenario PRODESEN 2022-2036 en los componentes del Valor Agregado. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

#### 5.5.4.4 Comparativo

Al confrontar los tres escenarios en la modalidad donde solo se modifica la demanda final de la industria eléctrica, se puede observar que los impactos más pronunciados en todos los elementos y de forma general en el valor agregado se darían a través del PRODESEN 2018. Esto ocurriría a causa de la mayor presencia que tienen las energías limpias en la generación de electricidad, las cuales se caracterizan por posicionar al valor añadido como el componente más relevante dentro de su estructura de producción (véase Gráfica 5.9).

#### Cuadro 5.13. México: Cambios en valor agregado y en sus componentes en los tres escenarios. Millones de pesos. 2032

**Valor Agregado 2018:** \$22,191,164

**Remuneraciones de asalariados 2018:** \$6,157,957

**Otros impuestos sobre la producción netos 2018:** \$135,616

**Excedente Bruto de Operación 2018:** \$15,897,591

Variable	Base	Diferencia	Prodesen 2018	Diferencia	Prodesen 2022	Diferencia
<b>W</b>	6,194,245	36,288	6,215,174	57,217	6,199,440	41,483
<b>TX</b>	136,522	907	137,077	1,462	136,737	1,121
<b>EBO</b>	16,064,477	166,885	16,160,992	263,401	16,046,295	148,704
<b>VAB</b>	22,395,244	204,080	22,513,244	322,080	22,382,472	191,308

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. **Nota:** **W:** remuneraciones de asalariados. **TX:** otros impuestos sobre la producción netos. **EBO:** excedente bruto de operación.

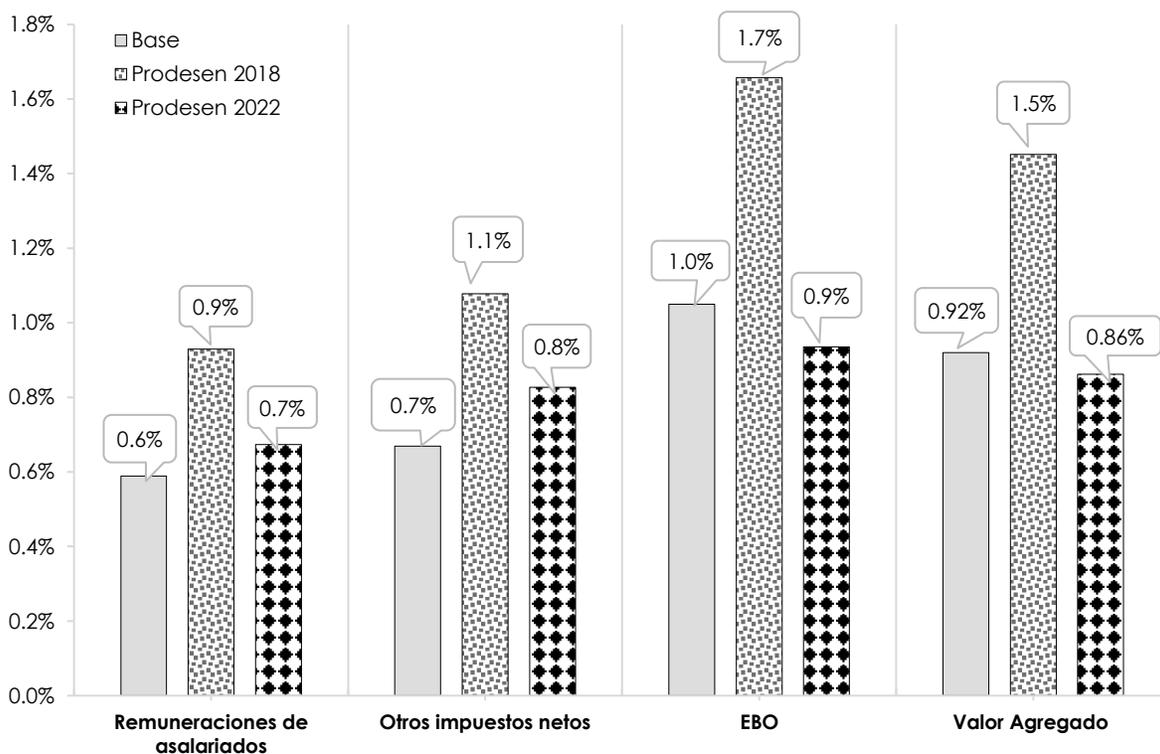
El componente con mayor repercusión sería el excedente bruto de operación, cuya tasa en el PRODESEN 2018 excedería en 0.7% y en 0.8% a lo que se obtendría en los escenarios base y PRODESEN 2022, producto de las diferencias en la matriz de generación eléctrica, ya que las fuentes limpias son las que dan origen a un mayor EBO en comparación con las convencionales.

Además, el mayor PBT que se registraría en este segundo escenario (véase Cuadro 5.12) permitiría aumentar en 1.5% la generación de valor en la producción frente a 0.92% y 0.86%, que en términos absolutos implicaría aumentos de 322,080

mdp contra 204,080 y 191,308 mdp en el base y en PRODESEN 2022 (véase Cuadro 5.13).

Por ende, la configuración por tipo de central al interior de la industria eléctrica en el segundo escenario (PRODESEN 2018) permitiría que el Producto Bruto y el Valor Agregado, de forma particular el Excedente Bruto de Operación, fueran más elevados en comparación con las otras alternativas.

**Gráfica 5.23. México: Comparativo del Impacto de los tres escenarios en los componentes del Valor Agregado. %. 2032**



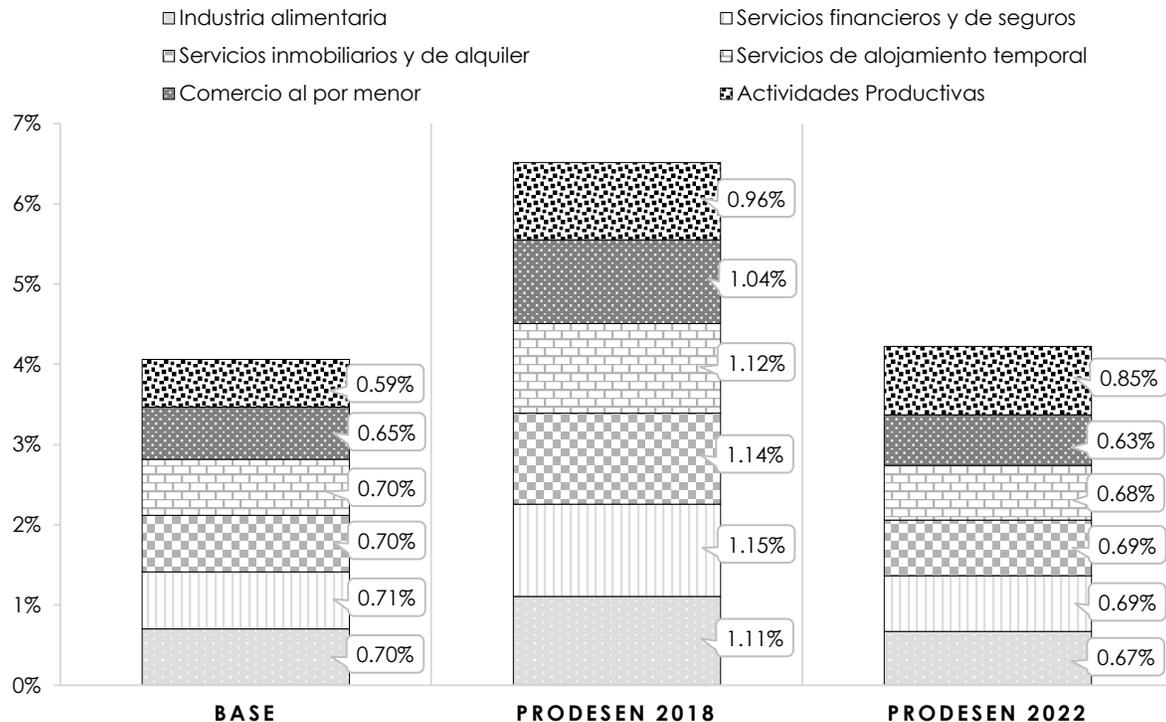
**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 5.5.5 Actividades con mayor crecimiento

Las actividades (excluyendo las de la industria eléctrica) que mayor repercusión en el producto bruto tendrían como fruto de aumentar la demanda final de las tecnologías de generación serían la industria alimentaria, el comercio al por menor y los servicios financieros y de seguros, inmobiliarios y de alquiler y de alojamiento

temporal. Los impactos más amplios se presentarían en el PRODESEN 2018 como se puede apreciar en la Gráfica 5.24.

**Gráfica 5.24. México: Actividades con mayor crecimiento en los tres escenarios ante el cambio en la demanda final del sector eléctrico. %. 2032**



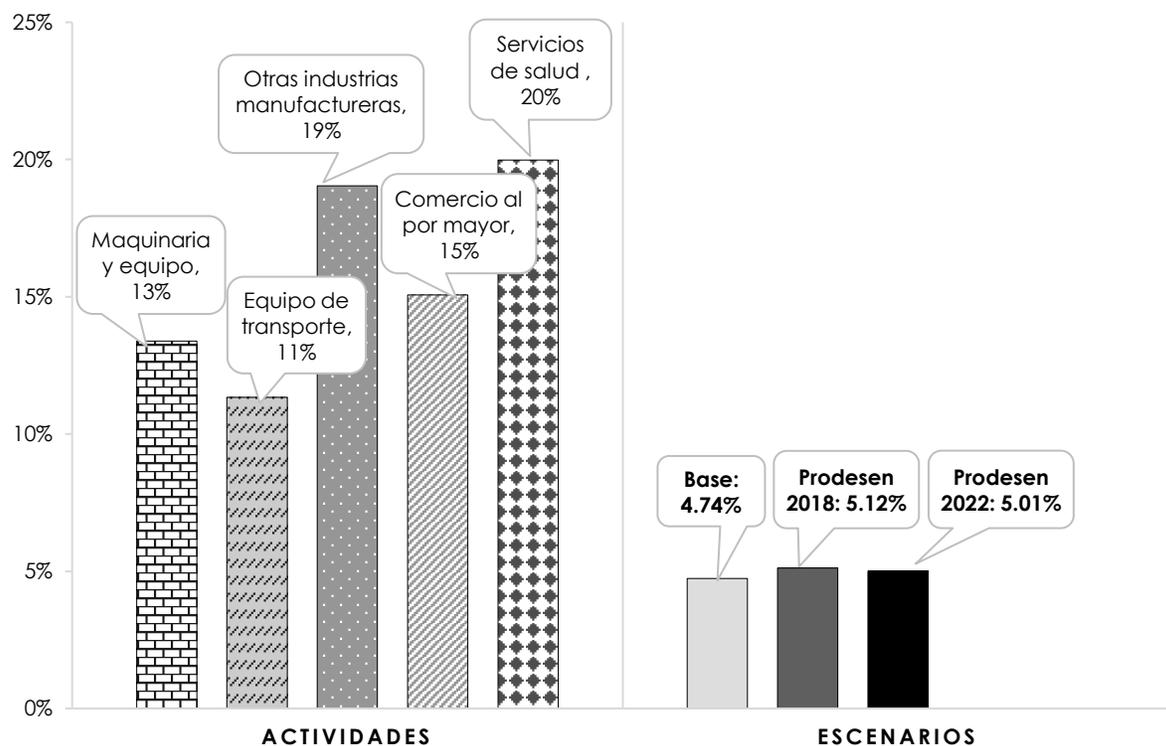
**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

El crecimiento de estas actividades impactarían en la generación de valor agregado y de forma particular se reflejaría en un mayor excedente bruto de operación (tal y como se presentó en los tres escenarios en el apartado anterior), ya que durante el 2018 pertenecieron al grupo de las diez con el nivel más alto en esta variable. De forma agregada, el PBT de la cuenta de producción de la MNCS aumentaría en 0.59% en el escenario base, en 0.96% bajo el PRODESEN 2018 y en 0.85% con el PRODESEN 2022. Nuevamente, los mejores resultados se manifestarían en el segundo escenario.

Cuando se alteran todas las cuentas, las variaciones más significativas (excluyendo a la industria eléctrica) se presentarían en los servicios de salud, otras industrias manufactureras, comercio al por mayor, maquinaria y equipo y la

fabricación de equipo de transporte, las magnitudes serían muy similares en los tres escenarios (dado que se aplicaron las mismas tasas medias de crecimiento históricas), sin embargo, las tasas del PRODESEN 2018 superarían al resto. Las repercusiones en promedio se cuantificarían en 20, 19, 15, 13 y 11 por ciento respectivamente.

**Gráfica 5.25. México: Actividades con mayor crecimiento en los tres escenarios ante el cambio en la demanda final de todas las cuentas endógenas. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

El crecimiento de estas actividades se vería reflejado en la generación de valor añadido, de forma específica, la maquinaria y equipo y los servicios de salud permitirían aumentar las remuneraciones de los asalariados, ya que son de los sectores que mayor contribución hacen a esta variable a nivel nacional. Por su parte, el mayor PBT del comercio al por menor, la fabricación de equipo de transporte y la maquinaria y equipo se traduciría en un incremento en otros impuestos netos, debido a que tuvieron una participación del 30% en este componente durante el

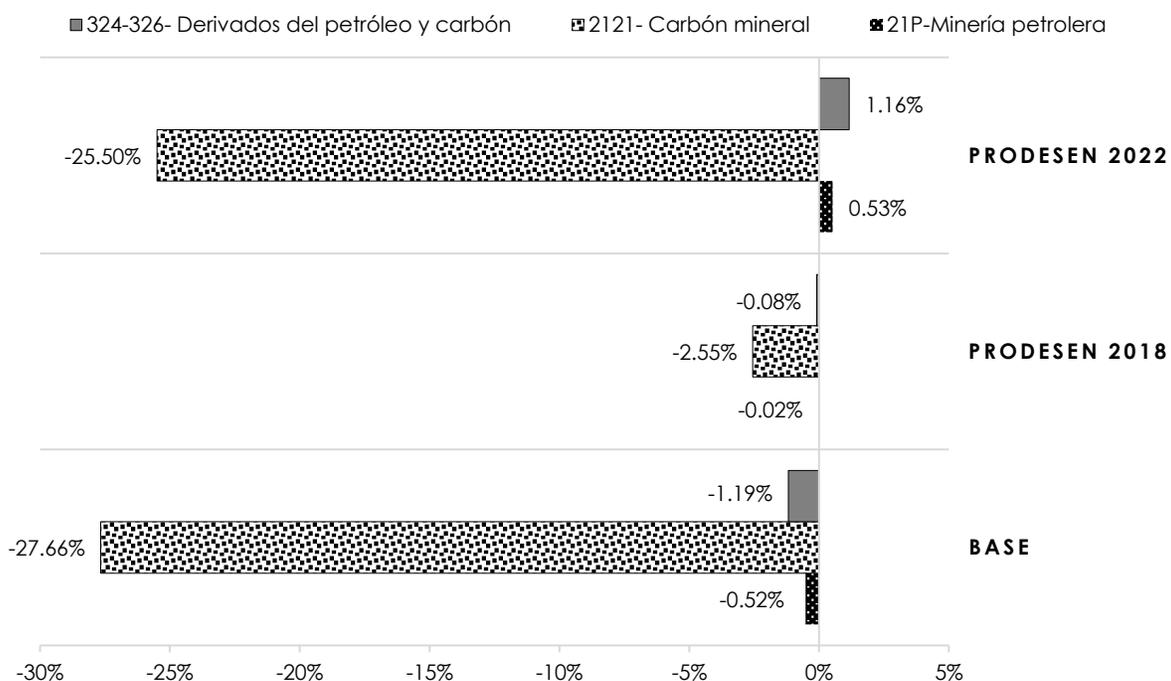
2018. Esto explica el cambio en el ordenamiento que se da en los tres escenarios cuando varía la demanda final de forma general.

El PBT total de la cuenta de producción bajo esta modalidad de demanda final incrementaría en 4.74% en el escenario base, en 5.12% en el PRODESEN 2018 y en 5.01% con el PRODESEN 2022. Por tanto, el segundo escenario da origen a impactos más profundos en ambas alternativas de estimación de la demanda exógena, ya sea de forma agregada o a nivel de cada sector.

**5.5.6 Actividades con crecimiento negativo**

Las actividades que manifestarían caídas en el PBT al alterar la demanda exclusivamente de las actividades de generación (véase Gráfica 5.26) serían las relacionadas con los combustibles fósiles como la minería petrolera, los derivados del petróleo y la industria del carbón mineral.

**Gráfica 5.26. México: Actividades con crecimiento negativo en los tres escenarios ante el cambio en la demanda final del sector eléctrico. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

En el escenario tendencial, donde se asume que la industria eléctrica se comporta en el futuro tal como lo ha venido haciendo en los últimos quince años, se registraría una reducción de casi el 28% en el carbón mineral, de 1.19% en el sector 324-326 y de 0.52% en la minería petrolera. Esto como fruto de la disminución histórica que han tenido las centrales carboeléctricas y térmicas convencionales en la generación de electricidad.

Con la estrategia del PRODESEN 2018, el PBT se contraería en 2.55, 0.08 y 0.02 por ciento en el carbón mineral, los derivados del petróleo y la minería petrolera respectivamente. Esta disminución en combustibles fósiles sería viable gracias a la mayor penetración de las energías limpias en la matriz de generación y a la consecuente disminución principalmente de las centrales que funcionan a partir de diésel, combustóleo y carbón.

Con el PRODESEN 2022, la mayor disminución se reflejaría en el carbón mineral con -25.5%, sin embargo, a diferencia del resto de los escenarios, el producto bruto de la industria petroquímica y de la minería no petrolera crecerían en 1.16% y 0.53% en el 2032, consecuencia de una mayor contribución en la producción de las centrales de ciclo combinado y del resto de las convencionales que demandan gas natural, diésel, combustóleo y coque de petróleo.

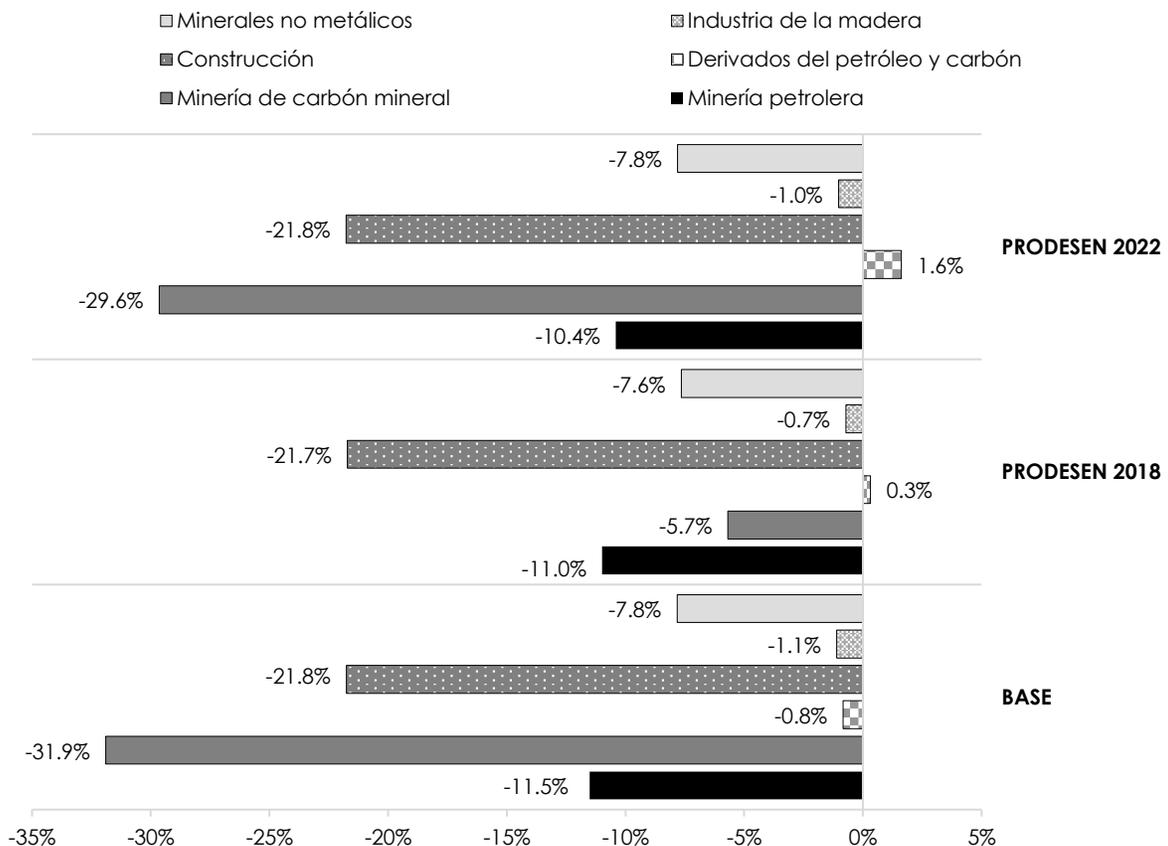
En el caso donde varía la demanda final de todos los sectores (véase Gráfica 5.27), las repercusiones más amplias se concentrarían en la construcción, industria de la madera, fabricación de productos a base de minerales no metálicos y nuevamente las relacionadas con combustibles fósiles: derivados del petróleo y carbón, minería del carbón y minería petrolera. En el escenario base, el PBT de todas estas actividades disminuirían en 21.8%, 1.1%, 7.8%, 0.8%, 32% y 11.5% respectivamente, siendo la más pronunciada la del carbón mineral.

En el caso del PRODESEN 2018 y 2022, la única actividad que no manifestaría una retracción sería la industria petroquímica, por el contrario, tendría un crecimiento del 0.3% y 1.6% en cada caso. El mayor nivel de actividad económica en general revertiría el decremento que presentaría el sector 324-326 cuando solo

se modifica la demanda final exógena de las tecnologías de generación de electricidad. Adicionalmente, con el PRODESEN 2018, la caída en el PBT de las cinco actividades restantes sería menor en contraste con los escenarios alternativos.

Nuevamente, la caída en el producto de estos sectores influiría en la generación de valor agregado, en particular, afectaría el excedente bruto de operación, ya que en conjunto aglomeran aproximadamente el 16% del total de este componente. Esto se verá reflejado en un menor crecimiento del EBO frente a los otros elementos, tal y como se reportó en los tres escenarios cuando se altera la demanda final de toda la parte endógena del modelo.

**Gráfica 5.27. México: Actividades con crecimiento negativo en los tres escenarios ante el cambio en la demanda final de todas las cuentas endógenas. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

### 5.5.7 Ingreso disponible de los hogares

En la Gráfica 5.28 y Cuadro 5.14 se exponen los cambios que se originarían en el ingreso disponible de los hogares en los tres escenarios simulados. Con el PRODESEN 2018 los hogares tendrían la posibilidad de acceder a un mayor ingreso disponible en el 2032, la diferencia respecto al 2018 sería la de mayor amplitud en ambas formas de cálculo de la demanda final. En términos relativos el crecimiento total del ingreso se contabilizaría en 1.22% y 6.04% frente a 0.77% y 5.58% del escenario base y 0.74% y 5.54% del PRODESEN 2022.

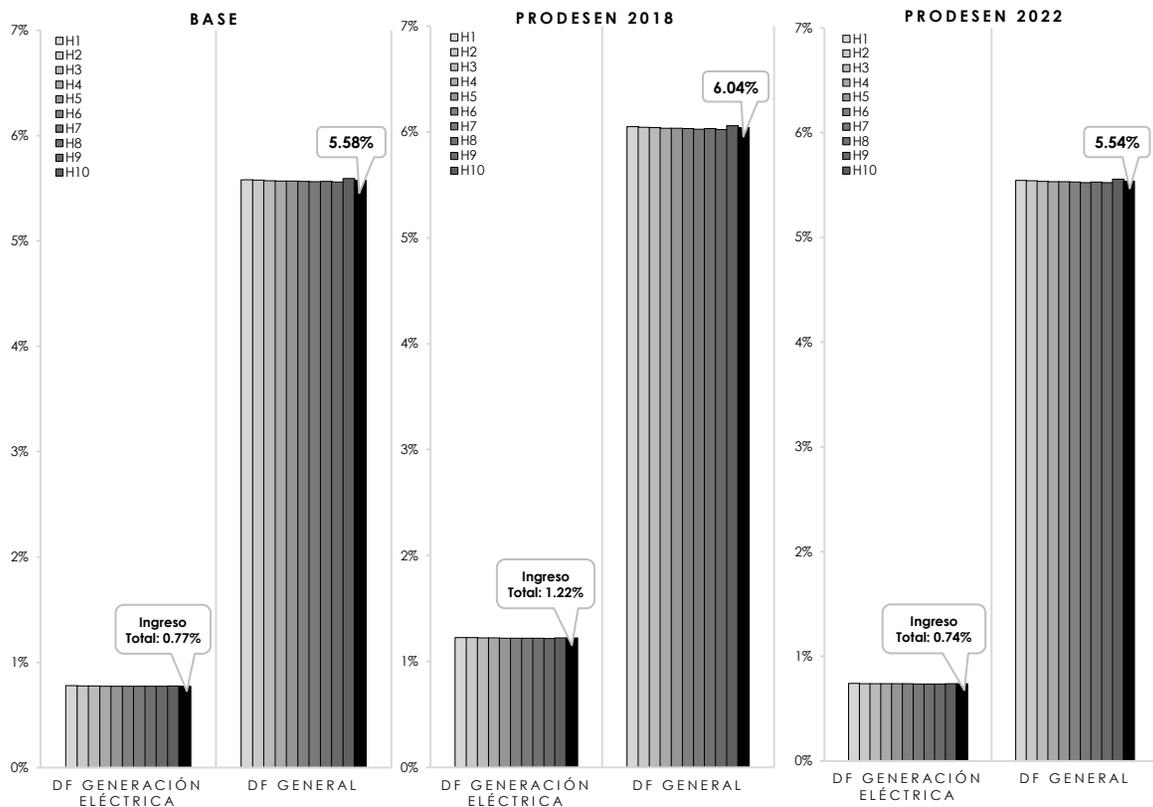
**Cuadro 5.14. México: Cambios en el ingreso disponible total de los hogares en los tres escenarios. Millones de pesos. 2032**

<b>Demanda Final</b>	<b>Variable</b>	<b>Base</b>	<b>Prodesen 2018</b>	<b>Prodesen 2022</b>
<b>DF GENERACIÓN ELÉCTRICA</b>	Ingreso Disponible	\$17,630,387	\$17,708,648	\$17,624,160
	Diferencia	\$ 135,412	\$ 213,672	\$ 129,184
<b>DF GENERAL</b>	Ingreso Disponible	\$18,470,410	\$18,552,255	\$18,463,867
	Diferencia	\$ 975,434	\$ 1,057,279	\$ 968,891

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

En cuanto al ingreso disponible por decil, el cambio que implica cada PRODESEN en la matriz de generación eléctrica no produce alteraciones en la redistribución de la variable, debido a que el análisis está hecho a nivel nacional y los efectos se diluyen. Sin embargo, la realización de estudios a nivel regional permitiría apreciar de forma más clara las variaciones por grupo de ingreso, y éstas estarían en función de las tecnologías que tienen mayor presencia en determinado territorio y de las zonas contempladas para la instalación y retiro de centrales en cada escenario. Un ejemplo de cómo varían los efectos cuando se considera el aspecto regional puede encontrarse en Dávila y Valdés (2021), donde se cuantifican las repercusiones que tendría el cierre de las centrales carboeléctricas a nivel nacional y en Coahuila, la cual es sede de dos de las tres plantas que existen en el Sistema Eléctrico Nacional.

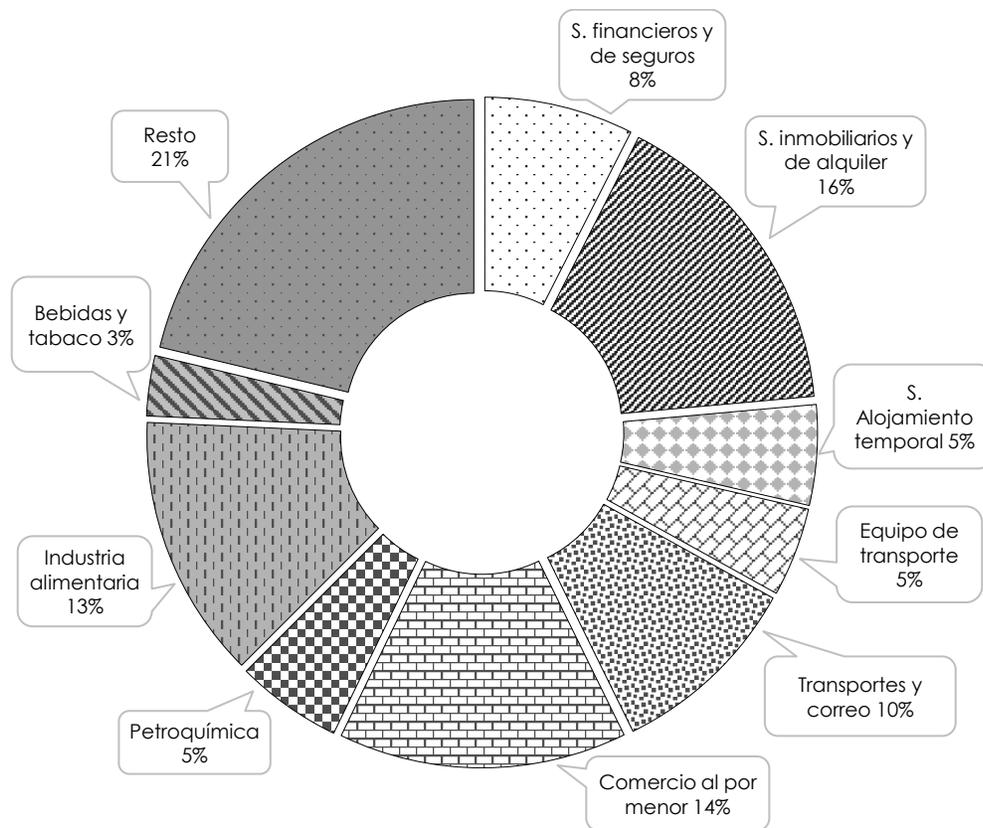
**Gráfica 5.28. México: Cambios en el ingreso disponible de los hogares en los tres escenarios. %. 2032**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

El mayor ingreso disponible que se alcanzaría con el PRODESEN 2018 facultaría a los hogares a asignar una cantidad superior a todos los elementos que lo integran, como el consumo privado doméstico e importado, ahorro y pago de impuestos, entre los cuales la renta se distribuye en los porcentajes de 76.35, 6.51, 10.69 y 6.46 respectivamente. En lo que atañe al consumo de origen nacional, los principales sectores beneficiados serían: servicios inmobiliarios y de alquiler, comercio al por menor, industria alimentaria, servicios financieros y de seguros, equipo de transporte, industria de las bebidas y tabaco y servicios de alojamiento temporal; este grupo aglomera aproximadamente el 79% de los bienes de consumo demandados por los hogares a nivel nacional.

**Gráfica 5.29. México: Estructura de consumo privado en bienes y servicios de origen doméstico. %. 2018**



**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018.

## 5.6 Emisiones de CO<sub>2e</sub> por tipo de tecnología

Finalmente, además del impacto económico diferenciado que tendrían las dos estrategias en el Sector Eléctrico Mexicano, debe considerarse su repercusión en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que el país presentó en 2015 ante las Naciones Unidas la Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) en la cual asume compromisos de mitigación y adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030.

México asumió el compromiso de mitigación internacional no condicionado<sup>77</sup> de realizar acciones de mitigación que resulten en una reducción del 22% en las emisiones de GEI para el 2030. Lo anterior implica una disminución de 210 millones de toneladas de CO<sub>2e</sub>, es decir, pasar de 973 del escenario carente de medidas para combatir el cambio climático a 762 (véase Cuadro 5.15).

**Cuadro 5.15. México: Emisiones nacionales de Gases de Efecto Invernadero según el escenario tendencial y las metas de reducción INDC comprometidas de manera no condicionada. Millones de Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2020-2030**

Actividad	Línea Base (MtCO <sub>2e</sub> )				Metas No Condicionadas
	2013	2020	2025	2030	2030
Transporte	174	214	237	266	218
Generación de electricidad	127	143	181	202	139
Residencial y comercial	26	27	27	28	23
Petróleo y gas	80	123	132	137	118
Industria	115	125	144	165	157
Agricultura y ganadería	80	88	90	93	86
Residuos	31	40	45	49	35
<b>Subtotal</b>	<b>633</b>	<b>760</b>	<b>856</b>	<b>941</b>	<b>776</b>
USCUSS <sup>78</sup>	32	32	32	32	-14
<b>Emisiones Totales</b>	<b>665</b>	<b>792</b>	<b>888</b>	<b>973</b>	<b>762</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la información de SEMARNAT, 2015.

A nivel nacional, la generación de electricidad es la segunda actividad que más contribuye a las emisiones de GEI, solo por debajo del sector transporte. Por tanto, para dar cumplimiento a la meta del 2030, es necesario que las emisiones se

<sup>77</sup> La Contribución de México contiene dos componentes, uno de mitigación y otro de adaptación. El componente de mitigación contempla dos tipos de medidas: las no condicionadas, que se refieren a aquellas que el país puede solventar con sus propios recursos, y las medidas condicionadas, que requieren del establecimiento de un nuevo régimen internacional de Cambio Climático en el cual México pudiera obtener recursos adicionales y lograr mecanismos efectivos de transferencia de tecnología (SEMARNAT, 2015).

<sup>78</sup> Usos del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. El uso que se le da al suelo no sólo se traduce en emisiones de GEI a la atmósfera, ya que la vegetación natural mediante la fotosíntesis absorbe CO<sub>2</sub> de la atmósfera como un insumo para producir compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento, por lo que, al igual que los mares, actúa realmente como un “sumidero” de dicho gas. En este contexto, México es un país privilegiado por su extensa cubierta de ecosistemas forestales, lo que le permite que el “sector” tenga un efecto neto de absorción, es decir, de capturar mayores volúmenes de dióxido de carbono que los que emite (SEMARNAT, 2015).

reduzcan en 63 Mt de CO<sub>2e</sub>, significando un decremento del 31.2% entre el escenario tendencial (202) y aquel en el que se adoptan medidas de mitigación (139).

Las emisiones dependerán de la estructura que vaya adoptando la matriz de generación eléctrica y de los montos producidos por cada tipo de central. Dado que se dispone de esta información para el 2030 en ambos escenarios, fue posible realizar una estimación de las toneladas de CO<sub>2e</sub> que originará la producción de esta energía secundaria. Para ello se utilizaron las emisiones promedio reportadas por unidad de generación eléctrica en el PRODESEN 2018-2032, dichos factores se multiplicaron por la generación proyectada para el periodo 2022-2032.

**Cuadro 5.16. México: Emisiones promedio por tipo de central. Toneladas de CO<sub>2e</sub> por MWh**

<b>Tipo de Central</b>	<b>Emisión (Ton de CO<sub>2e</sub> por MWh)</b>
<b>Carboeléctrica</b>	0.773
<b>Turbogás</b>	0.585
<b>Combustión Interna</b>	0.688
<b>Termoeléctrica Convencional</b>	0.680
<b>Ciclo Combinado</b>	0.348
<b>Nucleoeléctrica</b>	0.065

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

### **5.6.1 Emisiones de CO<sub>2e</sub> en el Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032**

Bajo el escenario basado en el PRODESEN 2018-2032 se pronostica una generación de 455,262 GWh para el 2030 y de 484,788 GWh para el final del periodo (véase Cuadro 5.2). En función de estas cantidades y de los factores se estimaron emisiones de 139 millones de toneladas de CO<sub>2e</sub> para 2030, dando cumplimiento a la meta no condicionada de la INDC para la industria eléctrica. El 65% del total provendría de centrales de ciclo combinado, 16% de las carboeléctricas y 9% de otras convencionales.

Dentro de las energías limpias se consideran los contaminantes liberados por las unidades de cogeneración eficiente, nucleoelectrica y bioenergía; el resto de las fuentes (eólica, solar, hidráulica y geotérmica) no genera emisiones de forma directa. La contribución de este tipo de tecnologías sería del 10% en 2030, tal como se muestra en el Cuadro 5.17 y la Gráfica 5.30.

**Cuadro 5.17. México: Evolución y estructura de las emisiones por tipo de tecnología con el PRODESEN 2018. Millones de Toneladas de CO<sub>2e</sub> y %. 2022-2032**

**Evolución:**

Tecnología	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ciclo Combinado	74	76	76	79	80	84	85	86	91	92	97
Convencionales	12	11	12	12	14	12	13	12	12	12	11
Carboeléctrica	27	27	27	27	27	27	27	27	22	22	22
Otras Limpias	11	12	12	12	14	15	15	17	14	12	13
<b>Emisiones</b>	<b>124</b>	<b>126</b>	<b>128</b>	<b>131</b>	<b>135</b>	<b>137</b>	<b>141</b>	<b>142</b>	<b>139</b>	<b>139</b>	<b>143</b>

**Estructura:**

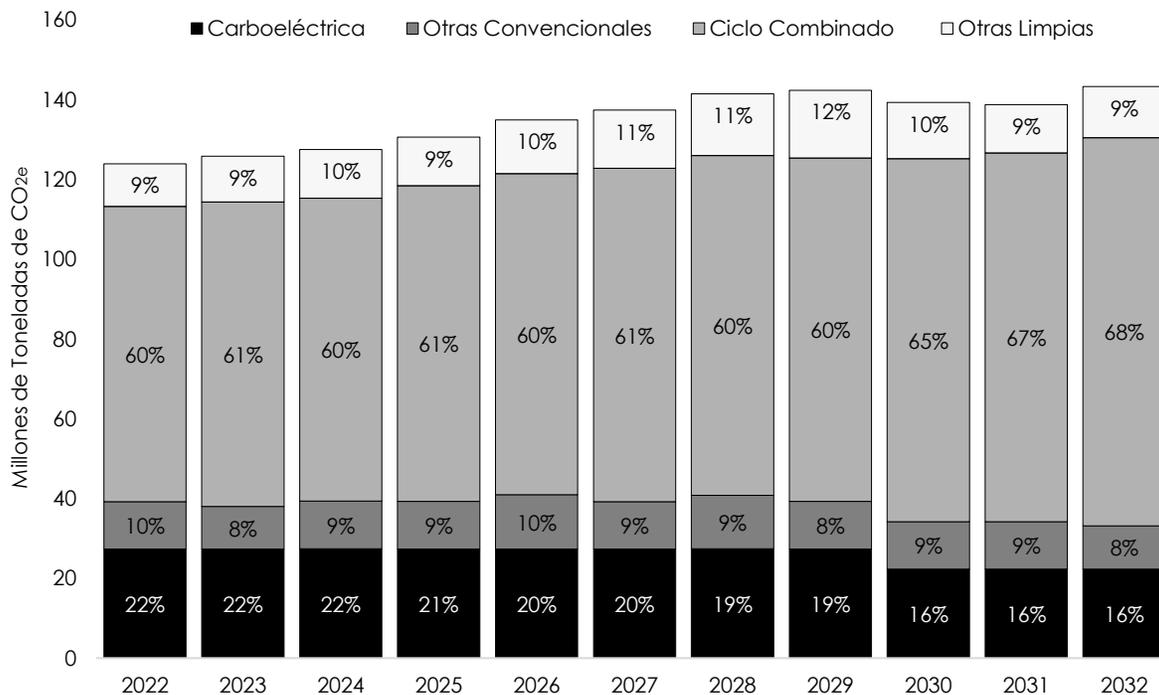
Tecnología	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ciclo Combinado	60%	61%	60%	61%	60%	61%	60%	60%	65%	67%	68%
Convencionales	10%	8%	9%	9%	10%	9%	9%	8%	9%	9%	8%
Carboeléctrica	22%	22%	22%	21%	20%	20%	19%	19%	16%	16%	16%
Otras Limpias	9%	9%	10%	9%	10%	11%	11%	12%	10%	9%	9%

**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

Para 2032, las emisiones se registrarían en 143 megatoneladas<sup>79</sup>, experimentando un incremento del 15.3% respecto al 2022. Sin embargo, se muestran cambios en la estructura, ya que se reduce la participación de otras unidades convencionales y de las carboeléctricas y aumenta la de ciclo combinado como resultado del mayor volumen de generación que sustentarán este tipo de centrales y que en promedio son menos contaminantes que las dos mencionadas anteriormente.

<sup>79</sup> Una megatonelada equivale a un millón de toneladas.

**Gráfica 5.30. México: Estructura de las emisiones por tipo de tecnología con el PRODESEN 2018. %. 2022-2032**



**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032.

### 5.6.2 Emisiones de CO<sub>2e</sub> en el Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036

Para el Escenario No. 3 se usaron los valores totales de generación proyectados en el PRODESEN 2022-2036 y la estructura de la matriz eléctrica reportada en el Cuadro 5.10. En el 2030 se esperaba una producción de 427,060 GWh y de 449,940 GWh para el 2032, ambas cifras son inferiores al escenario No. 2 en 6.2 y 7.2% respectivamente.

Los montos de generación por tipo de tecnología del Cuadro 5.8 se multiplicaron por su correspondiente factor y se obtuvo que para el 2030 las emisiones ascenderían a 143 Mt de CO<sub>2e</sub> y a 145 para el 2032. En el 2030, el 66% de lo que se emitiría respondería a unidades de ciclo combinado, cifra similar al escenario PRODESEN 2018, sin embargo, la principal diferencia se daría en otras convencionales, las cuales se convertirían en las responsables de emitir el 23% del total a nivel nacional.

**Cuadro 5.18. México: Evolución y estructura de las emisiones por tipo de tecnología con el PRODESEN 2022. Millones de Toneladas de CO<sub>2e</sub> y %. 2022-2032**

**Evolución:**

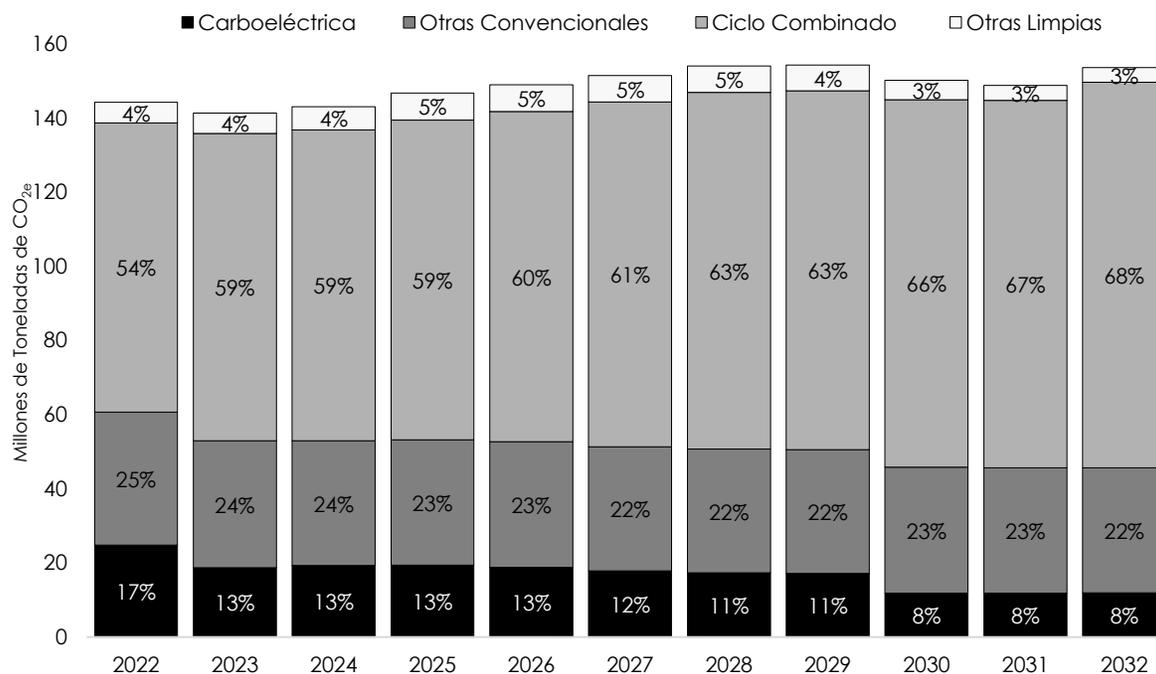
Tecnología	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ciclo Combinado	74	80	81	83	86	89	92	92	94	94	98
Convencionales	34	33	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Carboeléctrica	23	18	18	19	18	17	17	16	11	11	11
Otras Limpias	5	5	6	7	7	7	7	7	5	4	4
<b>Emisiones</b>	<b>137</b>	<b>136</b>	<b>138</b>	<b>141</b>	<b>143</b>	<b>145</b>	<b>147</b>	<b>147</b>	<b>143</b>	<b>141</b>	<b>145</b>

**Estructura:**

Tecnología	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ciclo Combinado	54%	59%	59%	59%	60%	61%	63%	63%	66%	67%	68%
Convencionales	25%	24%	24%	23%	23%	22%	22%	22%	23%	23%	22%
Carboeléctrica	17%	13%	13%	13%	13%	12%	11%	11%	8%	8%	8%
Otras Limpias	4%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	4%	3%	3%	3%

Fuente: Elaboración propia con información del PRODESEN 2022-2036.

**Gráfica 5.31. México: Estructura de las emisiones por tipo de tecnología con PRODESEN 2022. %. 2022-2032**



Fuente: Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2019-2033.

Por su parte, las carboeléctricas participarían con 8% y las limpias con solo el 3% debido a la menor generación a partir de estas centrales. Para el 2032 la estructura sería muy parecida, solo habría una transferencia de 2 puntos porcentuales de las convencionales a las de ciclo combinado, tal como se observa en la Gráfica 5.31.

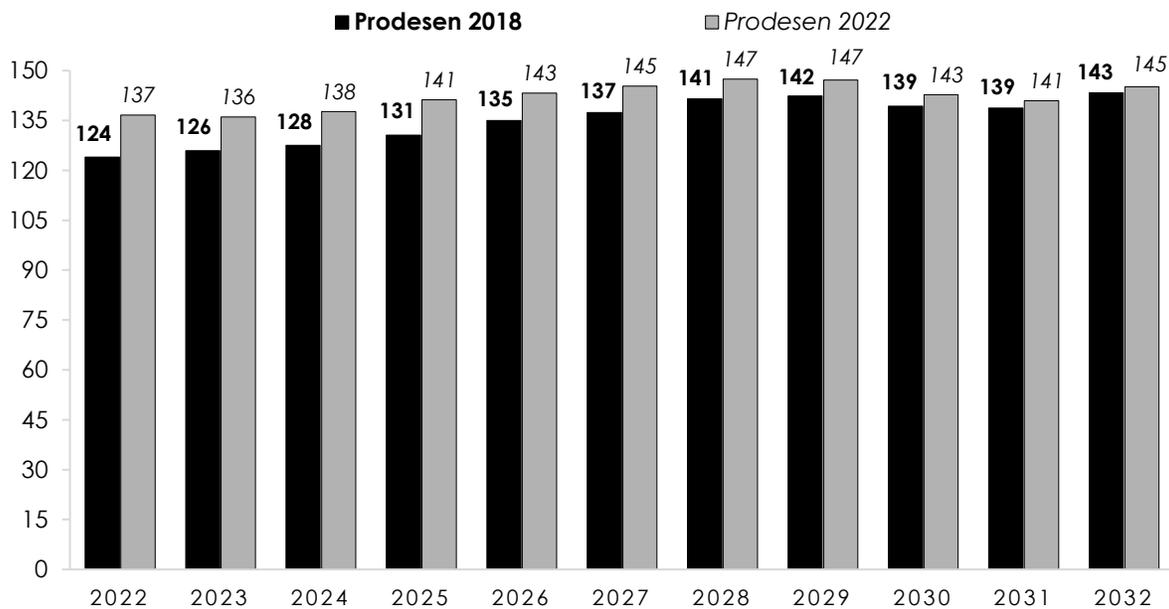
### **5.6.3 Comparativo de emisiones de CO<sub>2e</sub>: PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036**

Finalmente, se comparan las emisiones resultantes de los dos escenarios previos y resulta claro que durante todo el periodo las emisiones del PRODESEN 2018 se encontrarían por debajo de las del PRODESEN 2022 en 14 millones de toneladas en promedio. Además por medio del Escenario No. 2 se daría cumplimiento a la meta de no superar las 139 megatoneladas de CO<sub>2e</sub> en el 2030, tal y como lo establece la Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional. Suceso que no ocurriría siguiendo la estrategia en materia eléctrica propuesta en el Escenario No.3, ya que se liberaría a la atmósfera 143 Mt, superando en casi 3% (4 Mt de CO<sub>2e</sub>) el límite fijado.

A pesar de que de la producción de electricidad proyectada es menor en el PRODESEN 2022-2036, las toneladas emitidas serían superiores debido a la estructura de su matriz de generación, la cual dependería en un 74% de las tecnologías basadas en combustibles fósiles y solo de un 26% de fuentes libres de contaminantes, contra el 61% y 39% en el escenario alternativo para el 2030.

Esto como producto de poner un tope a la participación de los particulares, que son los permisionarios con la mayor capacidad instalada en centrales limpias. Ante dicha limitación resultaría necesario hacer un mayor uso de las unidades convencionales para poder abastecer al mercado interno, anulando así la posibilidad de cumplir con los compromisos adoptados en cuanto a la reducción de emisiones de GEI y a la mayor participación de las fuentes limpias en la matriz eléctrica.

**Gráfica 5.32. México: Comparación de las emisiones por tipo de tecnología obtenidas en ambos escenarios. Millones de Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2022-2032**

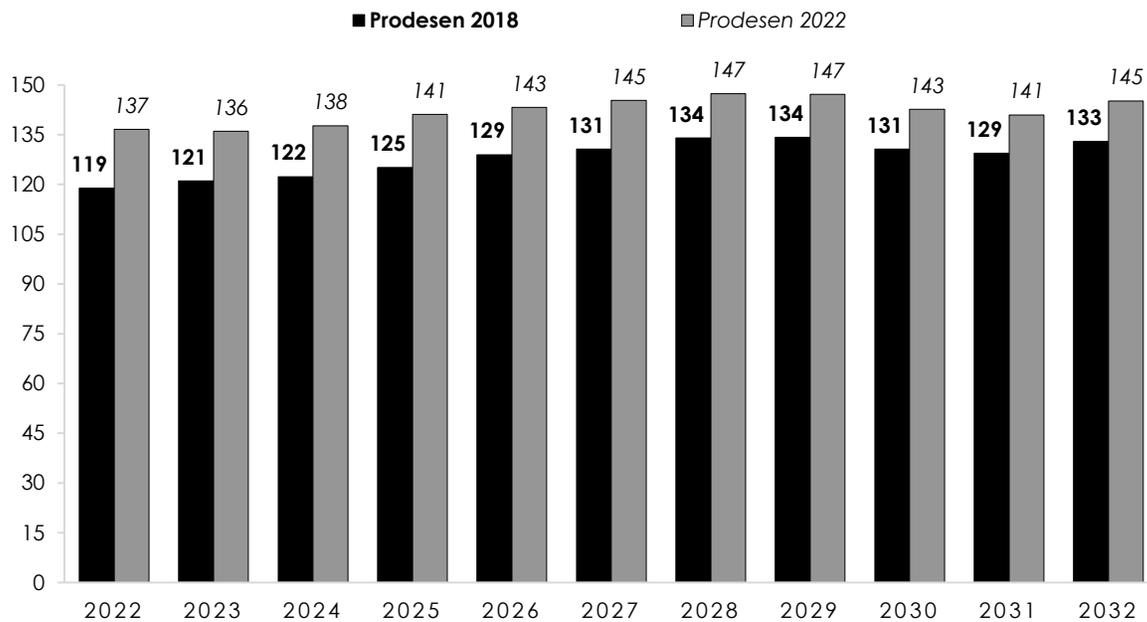


**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036.

#### 5.6.4 Comparativo de emisiones de CO<sub>2e</sub> con el mismo monto de generación

Para realizar una comparación directa de los dos escenarios en términos de emisiones de GEI se asumió que en ambos se genera la misma cantidad de electricidad. Para ello se consideraron los montos totales de producción en GWh publicados recientemente en el PRODESEN 2022-2036 (véase Cuadro 5.9, última fila). Pero para cada escenario se conservó la estructura de su matriz de generación (Cuadros 5.3 y 5.10 respectivamente) como elemento diferenciador de las dos estrategias propuestas para el SEN en el periodo 2022-2032. Por tanto, dado que ya se disponían las estimaciones para el Escenario No. 3, solo restó distribuir los totales por año de acuerdo con la participación que tuvo cada tipo de tecnología en el Escenario No. 2.

**Gráfica 5.33. México: Comparación de las emisiones por tipo de tecnología obtenidas en ambos escenarios con el mismo monto de generación. Millones de Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2022-2032**



**Fuente:** Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036.

Las emisiones obtenidas con la matriz eléctrica del PRODESEN 2018 arrojaría emisiones de 131 megatoneladas de CO<sub>2e</sub> para el 2030 contra 143 bajo la estructura del PRODESEN 2022, siendo 9% menor. En el primer caso se estaría por debajo de la meta no condicionada de la INDC en 8 millones de toneladas y en el segundo, por el contrario, se sobrepasaría en 4. A final del periodo analizado, la emisión de GEI ascendería a 133 y 145 Mt de CO<sub>2e</sub> respectivamente.

El ajuste a la baja en la producción de electricidad proyectada se tradujo en una reducción de las emisiones respecto a las estimaciones anteriores. Sin embargo, las toneladas continúan siendo mayores en 14 megatoneladas en promedio durante todo el periodo en el Escenario No. 3, todo como consecuencia de la configuración de la matriz de generación eléctrica, la cual supera en trece puntos porcentuales la participación de las unidades que hacen uso de las tecnologías convencionales altamente contaminantes. Por consiguiente, esta matriz resulta un elemento

indispensable a considerar para avanzar en la transición energética y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

### Cuadro 5.19. México: Evolución de las emisiones por tipo de tecnología y escenario. Millones de Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2022-2032

#### Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032

Tecnología	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ciclo Combinado	71	73	73	76	77	79	81	81	85	86	90
Convencionales	11	10	11	11	13	11	13	11	11	11	10
Carboeléctrica	26	26	26	26	26	26	26	26	21	21	21
Otras Limpias	10	11	12	12	13	14	15	16	13	11	12
<b>Emisiones</b>	<b>119</b>	<b>121</b>	<b>122</b>	<b>125</b>	<b>129</b>	<b>131</b>	<b>134</b>	<b>134</b>	<b>131</b>	<b>129</b>	<b>133</b>

Fuente: Elaboración propia con información del PRODESEN 2018-2032 y PRODESEN 2022-2036.

## 5.7 Resumen

- ✚ Los tres escenarios simulados fueron los siguientes:
  - Escenario No. 1: Base. Se emplearon las tasas de crecimiento históricas del PBT del sector eléctrico. Es el escenario tendencial, donde la industria de electricidad se comporta en el futuro tal como lo ha venido haciendo en los últimos quince años.
  - Escenario No. 2: PRODESEN 2018-2032. Se utilizaron las tasas de crecimiento proyectadas para la generación de electricidad por tipo de tecnología en el periodo 2022-2032 contenidas en el PIIRCE 2018.
  - Escenario No. 3: PRODESEN 2022-2036. Dado que no se disponía información por tipo de tecnología, se trabajó con la capacidad instalada y los factores de planta para proyectar la generación por tipo de central. Además se hizo diferenciación por tipo de permisionario. Bajo este escenario se tomó en consideración la iniciativa de reforma a la industria eléctrica.
- ✚ La matriz de generación en el Escenario No. 2 quedaría conformada por una participación del 60% de las convencionales y el 40% restante a partir de fuentes limpias en el 2032. En el escenario No. 3, la estructura resultante fue de 73% y 27% respectivamente, ya que la limitación de los privados en la

generación implicará un mayor uso de las centrales convencionales para poder responder a la demanda de electricidad.

- ✚ Todas las energías limpias crecerían bajo la propuesta de desarrollo del SEN contenida en el PRODESEN 2018, en comparación con el escenario base y el del PRODESEN 2022, donde el PBT de otras limpias decrecería en 7% y 2%. En particular, las de mayor expansión serían las fuentes solares y eólicas con tasas de 713% y 345%.
- ✚ Bajo la política eléctrica derivada de las propuestas formuladas por el actual gobierno federal es donde se le daría mayor impulso a las centrales que funcionan a través de combustibles fósiles. En conjunto las tecnologías convencionales crecerían en 33% con el PRODESEN 2022 contra 9% del PRODESEN 2018.
- ✚ Además, en términos económicos, bajo el escenario PRODESEN 2018-2032 se obtendrían mejores resultados en el PBT total; valor agregado y sus componentes: remuneración de los asalariados, excedente bruto de operación y otros impuestos sobre la producción; e ingreso disponible total de los hogares.
- ✚ Otro de los compromisos adoptados por México en 2015 fue a reducción de las emisiones de GEI a 139 megatoneladas de CO<sub>2e</sub> en el 2030 de acuerdo con la INDC.
- ✚ Se estimaron las emisiones y bajo el segundo escenario se daría cumplimiento a la meta no condicionada de la INDC de 139 millones de toneladas. En cambio, con el Escenario PRODESEN 2022, ascenderían a 143 Mt de CO<sub>2e</sub> y de esta cantidad, las centrales convencionales (termoeléctrica convencional, combustión interna, turbogás, lecho fluidizado) se convertirían en las responsables del 23% del total, contra 9% en el escenario alternativo.
- ✚ Los diversos resultados de la parte económica y ambiental corroboran la importancia de la matriz de generación eléctrica, la cual se convierte en un elemento fundamental a considerar para lograr una transición energética baja en emisiones de carbono.

### CONCLUSIONES GENERALES

---

Para cumplir los compromisos adoptados por México, tanto a nivel nacional como internacional, enfocados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero resulta imperativo aumentar la penetración de las fuentes de energías limpias en la matriz de generación eléctrica. Dentro de la normatividad se han planteado metas para promover el aprovechamiento de tecnologías libres de contaminantes, tal como se formula en la Ley General del Cambio Climático en su Artículo Tercero Transitorio, donde se establece que la SENER en coordinación con la CFE y la CRE, promoverán que la generación de electricidad proveniente de fuentes de energía limpias alcance por lo menos el 35% en el 2024.

A través del capítulo uno fue posible conocer el camino que han recorrido las tecnologías limpias en la capacidad instalada y en la producción dentro del Sistema Eléctrico Nacional. Si bien varias de ellas han experimentado tasas de crecimiento positivas, su contribución aún resulta insuficiente ya que desde el 2018 hasta el 2021 existe una brecha entre la generación a partir de fuentes no contaminantes y las metas planteadas en la LGCC. Estos rezagos hacen inviable en términos económicos y técnicos que para el 2024, más de un tercio de la producción eléctrica se dé por medio de fuentes como la eólica, solar, hidráulica, bioenergía, geotérmica y nuclear.

Además, recientemente en octubre de 2021 se presentó una propuesta de Reforma Constitucional que pretende modificar el modelo eléctrico vigente. En una de sus disposiciones se determina que la paraestatal producirá por lo menos el 54% de la electricidad y el sector privado podrá generar como máximo el 46% restante. La reducción de la participación de los particulares pone en jaque el desarrollo de nuevos proyectos destinados a aprovechar el potencial de las energías limpias en aquellas zonas del país donde abundan estos recursos; ya que es el tipo de permisionario que tiene la mayor solvencia económica para invertir en la ampliación

## CONCLUSIONES GENERALES

---

de la capacidad instalada de este tipo de tecnologías. Sumándose así a la lista de obstáculos que enfrenta el país para alcanzar las metas de energías limpias.

Para reducir las emisiones de GEI se requiere de un modelo energético que acelere la generación de electricidad a través fuentes limpias, de menor costo y compatibles con la preservación del medio ambiente, lo cual implica cambios en la matriz de generación eléctrica para reducir la presencia de las tecnologías basadas en combustibles fósiles y dar paso a las energías libres de contaminantes. Otro elemento crucial (además de la oferta) para cumplir con las metas ambientales es la demanda de electricidad, por ello, es importante conocer el consumo de energía eléctrica que efectúan los sectores económicos en sus procesos productivos y los hogares en la satisfacción de sus necesidades básicas, ya que estos patrones de consumo intermedio y final están vinculados con la cantidad de gases que son liberados a la atmósfera. Además, por medio de esta información es posible identificar los sectores y los estratos de hogares que son más intensivos en la demanda de electricidad y que por consiguiente son los responsables de la degradación del medio y sujetos a una mayor regulación para contribuir a frenar el Cambio Climático. Al mismo tiempo, resulta de gran utilidad distinguir los agentes económicos que son más sensibles en términos de consumo y emisiones ante un cambio unitario en la demanda final exógena, ya que su respuesta también incide directamente en la calidad del medio ambiente. Dichos objetivos fueron abordados en la presente investigación a través de una base de datos consistente y sistemática, como lo es la Matriz de Contabilidad Social (MCS).

Las matrices de contabilidad social constituyen una gran herramienta para el análisis económico, social y ambiental, tal como lo demuestra la variedad de estudios que se revisaron en el capítulo dos y que han empleado esta metodología para abordar ya sea de forma nacional, regional o multirregional, las problemáticas relacionadas con el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas. De forma específica se abonó a las investigaciones que cuantifican el consumo doméstico y productivo de electricidad en México, en este caso, el análisis se realizó para el 2018, ya que fue el año más reciente para el que

## CONCLUSIONES GENERALES

---

se encontraron disponibles en el INEGI los insumos de información necesarios para su construcción.

Otra de las aportaciones de la presente investigación residió en la desagregación del sector eléctrico por tipo de tecnología de generación en la Matriz Nacional de Contabilidad Social para el 2018. El principal objetivo consistió en contribuir a disminuir el sesgo de agregación en el que se incide cuando se incluyen en una misma categoría centrales con diversas estructuras de costos.

En primera instancia se empleó la participación en el PBT para separar la actividad de generación de la transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Posteriormente, la generación se dividió en tecnologías convencionales y limpias. En el primer grupo se clasificaron las centrales de ciclo combinado, carboeléctrica y otras convencionales. Por su parte, en el segundo tipo se integraron las unidades que funcionan a partir de energía eólica, hidráulica, solar y otras. Posteriormente, se incorporaron los costos primarios relacionados con el consumo de combustibles (gas natural, diésel, combustóleo, carbón y uranio) que efectuaron las centrales convencionales a partir de la información del Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas del 2018 y de la metodología descrita en COPAR (2015).

Una vez conformada la MNCS se construyeron los vectores de consumo eléctrico y de emisiones de CO<sub>2e</sub>, el procedimiento seguido se relata en el capítulo tres. En 2018, el consumo del SEN se registró en 268,811 GWh. De dicho monto, 63,574 GWh correspondió al sector doméstico o residencial, y los 205,237 restantes a las actividades productivas. Para desagregar las cifras anteriores al nivel de la MNCS (deciles y 42 sectores) se utilizó un procedimiento de facturación inversa, el cual consistió en derivar el consumo de electricidad a través del gasto monetario, en el caso de los hogares se realizó por medio de lo reportado en la Encuesta de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del 2018 y para los sectores económicos mediante el Censo Económico 2019.

## CONCLUSIONES GENERALES

---

Para obtener las emisiones de CO<sub>2e</sub>, se multiplicó el consumo de electricidad por el factor de emisión del SEN publicado por la SEMARNAT y reportado en 0.527 toneladas de CO<sub>2e</sub> por MWh para el 2018. Como resultado, en el año de análisis, las emisiones totales asociadas al consumo eléctrico ascendieron a 141 millones de toneladas, de dicho monto, el 76% fue responsable el sector productivo y el 24% los hogares.

Las actividades más intensivas en el consumo de energía eléctrica durante el año analizado fueron el comercio al por menor; el sector manufacturero, de forma específica, la fabricación de equipo de transporte, industria química, metálicas básicas, maquinaria y equipo y alimentaria; la minería no petrolera; el suministro de agua y gas por ductos y servicios de alojamiento. Si bien por lógica se espera que la industria manufacturera sea la de mayor demanda debido al papel que juega la electricidad como insumo productivo, resulta conveniente conocer de forma específica que subsectores son los más representativos, ya que hay diferencias sustantivas en la demanda que hacen de este bien de consumo intermedio y por consiguiente en la magnitud de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera.

En el caso de los hogares, son los tres deciles con mayor capacidad adquisitiva los que efectuaron un consumo más alto de electricidad en comparación con los tres menos acaudalados, cuya demanda fue de casi la mitad respecto al primer grupo. A nivel nacional, a medida que se transita hacia los deciles con mayor nivel de ingreso, mayor es su participación en el consumo de energía eléctrica durante el 2018. Lo que resulta lógico, ya que un ingreso más alto les permite a los hogares adquirir bienes y comodidades adicionales a las de primera necesidad, implicando un consumo extra de electricidad tanto de manera directa como indirecta.

Por medio de los multiplicadores reportados en el capítulo cuatro, fue posible conocer que ante un aumento de un millón de pesos en la demanda final exógena, la demanda por electricidad incrementaría en 1.184 GWh, siendo equivalente en aproximadamente 700 barriles de petróleo. El 16% correspondería a consumo doméstico y 64% restante a las actividades productivas. Por su parte, las emisiones

## CONCLUSIONES GENERALES

---

ascenderían en 624 toneladas, 99 serían responsabilidad de los hogares y 525 se derivarían de los sectores económicos.

Los multiplicadores más altos se concentrarían en los ocho subsectores en los que se desagregó la industria eléctrica, representando casi una tercera parte de la variación productiva total. Estos subsectores demandarían un mayor consumo de electricidad en forma de usos propios para incrementar la generación de dicho insumo productivo y dar respuesta a las nuevas necesidades energéticas del resto de las actividades como efecto del estímulo exógeno.

En cuanto a los hogares, los deciles con mayor respuesta estarían integrados por los tres con la capacidad adquisitiva más baja. Su aumento en el consumo superaría en 1.56 veces al de los estratos 8, 9 y 10, ya que la variación en la demanda final permitiría a los hogares con los menores ingresos consumir una mayor cantidad de energía eléctrica gracias a los efectos de retroalimentación que funcionan como un importante mecanismo de difusión del shock a través de su impacto sobre los ingresos que perciben los propietarios de los factores productivos. En cambio, los deciles más altos, cuyo ingreso les permite sustentar un alto consumo, no experimentarían un cambio tan significativo debido a su baja propensión marginal a consumir.

Tanto en las actividades productivas como en los hogares, los multiplicadores indirectos superarían a los directos. Es decir, el consumo a través de los insumos de producción y de los bienes y servicios que se usan para la satisfacción de las necesidades aumentaría de forma más significativa que la electricidad usada directamente en el proceso productivo y en el funcionamiento de los hogares.

Al relacionar los multiplicadores de ambas variables con sus encadenamientos productivos se encontró que los sectores con mayores requerimientos eléctricos y de relevancia significativa en el PIB nacional, clasificados como claves y estratégicos (cuya participación fue de 26% y 36% respectivamente), exhibirían los menores multiplicadores de consumo de energía eléctrica y de emisiones de CO<sub>2e</sub> ante el cambio unitario en la demanda final. En cambio, las actividades con reducido

## CONCLUSIONES GENERALES

---

peso dentro de la economía nacional, denominados sectores independientes e impulsores (contribuyen con el 13 y 25% del PIB) reportarían los multiplicadores más grandes, ya que requerirán de un mayor esfuerzo en términos de electricidad para la creación de infraestructura, funcionamiento de maquinaria y equipo e instalaciones, consumo de insumos intermedios, etc., debido a su insuficiente capacidad para absorber el millón de pesos adicional en la economía.

El crecimiento económico y por consiguiente, el aumento progresivo del consumo energético continúan siendo los objetivos centrales de la política actual. Por tanto, para lograr una transición energética se requiere de una disminución en la demanda, lo cual sitúa a los sectores productivos y a los hogares más intensivos en electricidad y a los que responden de forma pronunciada ante un shock en la demanda final exógena, como los principales agentes de cambio, ya que desempeñaran un papel crucial en la reducción de GEI a través de un consumo más responsable.

Por su parte, en el sector productivo se puede fomentar una producción más limpia con el fin de aumentar la eficiencia y reducir la generación de residuos y emisiones. Con mejoras y modernización en los procesos y sistemas, mantenimiento de equipos y maquinarias, reutilización y reciclaje, cambios en la materia prima, sustitución de combustibles y/o cambios tecnológicos, las industrias pueden contribuir al cumplimiento de las metas encaminadas a la disminución de los gases de efecto invernadero. Ya que durante el 2018, de acuerdo con el INEGI, solo el 15.9% de las unidades económicas reportó que sí cumplió con las normas ambientales, mientras que 56.6% no está sujeto a ninguna norma y el 27.5% restante tiene desconocimiento sobre si debe cumplir con la normatividad en materia ambiental (INEGI, 2021c), por tanto, aún falta mucho por hacer para regular los procesos productivos y hacerlos compatibles con la preservación del medio ambiente. Y para el caso de los hogares, se propone inducir a cambios en los hábitos de consumo a través de instrumentos económicos y campañas de eficiencia energética y de ahorro de energía. Adicionalmente, se debe proporcionar

## CONCLUSIONES GENERALES

---

información confiable y oportuna al consumidor a través del etiquetado y certificación de los productos.

Además de los eléctricos y de emisiones se cuantificaron a través de la MNCS otros efectos multiplicadores en las diversas cuentas que la componen. La cantidad de producción adicional que se requerirá en los sectores de la economía nacional para satisfacer el incremento unitario en la demanda final del sector eléctrico agregado sería en promedio de 2.16 pesos.

Por tipo de tecnología de generación se observa que las fuentes de energía limpia son las que darían origen a impactos más significativos en el excedente bruto de operación y en las remuneraciones a los asalariados. En particular el EBO incrementaría en mayor magnitud en las centrales solares fotovoltaicas, seguido por las eolieléctricas, hidroeléctricas y otras limpias (engloba a la geotérmica, nuclear, biomasa y cogeneración eficiente), en cambio, para las energías convencionales el efecto no resultaría tan pronunciado e incluso en las termoeléctricas convencionales se presentaría una disminución en la variable. En cuanto a los salarios se mantendría el mismo ordenamiento, con las renovables liderando los aumentos y las intensivas en combustibles fósiles al final de la lista.

Finalmente, en el capítulo cinco se realizó una simulación de dos estrategias de crecimiento en el SEN para cuantificar su impacto en la participación de las energías limpias dentro de la matriz de generación eléctrica y en las principales variables económicas que es posible medir a través de la MNCS. En el escenario base se utilizaron las tasas de crecimiento históricas del PBT que ha reportado el sector en los últimos quince años para suponer que se comportará en el futuro tal como lo ha venido haciendo hasta ahora.

Para los escenarios dos y tres se siguieron las políticas eléctricas contenidas en el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas de los Programas de Desarrollo del SEN del 2018 al 2022. Con el PRODESEN 2018-2032 se proyectaba una generación de 484,788 GWh para el 2032, y de este monto, el

## CONCLUSIONES GENERALES

---

60% se generaría a través de fuentes convencionales y el 40% con energías limpias, alcanzándose las metas planteadas en la LGCC.

Con el Escenario No. 3 se estimaba inicialmente en el PRODEN 2019-2032 una producción de 476,606 GWh, sin embargo, dado el panorama actual caracterizado por el estancamiento económico derivado de la pandemia por COVID-19, la guerra entre Ucrania y Rusia, la inflación mundial y el alza en los precios de los combustibles, en el PRODESEN 2022-2036, la proyección se ajustó a la baja en 449,940 GWh para 2032, siendo 5.6% menor a la primera cifra y 7.2% respecto al escenario alternativo. La matriz de generación para el final del periodo quedaría con una aportación de 73% de las centrales basadas en combustibles fósiles y de un 27% a partir de fuentes limpias. Lo anterior como producto de fijar un máximo del 46% a la participación de los privados en la generación y un mínimo del 54% para la paraestatal, lo cual daría origen a un mayor uso de las unidades convencionales (que es donde radica el 75% de la capacidad instalada de la CFE) para dar respuesta a la demanda de electricidad. Esto impediría el cumplimiento de la meta en energías limpias para el 2024 y por el contrario, se traduciría en un aumento de las emisiones de GEI ante el mayor consumo de combustibles fósiles.

La simulación de los escenarios usando las tasas de crecimiento diferenciadas por tipo de estrategia eléctrica, reveló que bajo el PRODESEN 2018-2032 todas las energías limpias (eólica, solar, hidráulica y otras) exhibirían crecimientos positivos superiores al 100% (excepto la hidroeléctrica, que aumentaría en 17%) en el producto bruto total al final del periodo analizado, mientras que otras convencionales donde se engloban a las centrales termoeléctricas, combustión interna, turbogás y lecho fluidizado reportarían una caída del 66% en el PBT, hecho que sería posible gracias al acotamiento de estas unidades al 3% en la estructura de producción eléctrica que se plantea a través de esta propuesta.

Por el contrario, con el PRODESEN 2022 el producto de todas las tecnologías convencionales en su conjunto se incrementaría en un 33% durante el 2032 a causa de la mayor participación que aglomerarían en la matriz de generación (73%). Y si

## CONCLUSIONES GENERALES

---

bien, es a través de esta propuesta donde la energía solar fotovoltaica ostentaría las variaciones más significativas, superando el 1000%, el desarrollo de estos proyectos se pudiera ver comprometido si los recursos públicos son insuficientes para financiar las inversiones requeridas. Asimismo podría ocurrir con la inversión privada, la cual se vería deprimida por las nuevas políticas energéticas que buscan frenar su expansión en la producción de electricidad dentro del SEN. En resumen, bajo el panorama planteado por el tercer escenario es posible que la tanto la inversión pública como privada sean insuficientes para ampliar la oferta de generación contemplada en el PIIRCE, por consiguiente, los porcentajes mínimos de participación pública (54%) y máximo de la privada (46%), no serán posibles de alcanzar. Esto se traduciría en una matriz de generación eléctrica con una participación más elevada a la estimada de las tecnologías de combustibles fósiles de propiedad pública, implicando una regresión en términos medioambientales, haciendo inviable económica y técnicamente el cumplimiento de los compromisos nacionales.

Otro elemento que posicionaría al PRODESEN 2018 como la mejor estrategia para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, se basa en los mejores resultados que se obtendrían en los principales indicadores económicos. A través del escenario donde se les da prioridad a las fuentes limpias sería superior la tasa de crecimiento del PBT de toda la parte endógena del modelo y de la cuenta de producción, asimismo, la expansión que presentarían las actividades sobrepasaría a las registradas por el resto de las alternativas y en el caso de las caídas, estas serían menos pronunciadas. Además, se conseguirían los niveles más altos en el valor agregado y en cada uno de sus componentes: remuneraciones a asalariados, otros impuestos netos y excedente bruto de operación, permitiendo a los hogares acrecentar su ingreso disponible, brindándoles así la oportunidad de asignar mayores cantidades al consumo privado doméstico e importado, ahorro y pago de impuestos.

Las diferencias en la matriz de generación en cada escenario no solo tiene impacto en las principales variables económicas que es posible analizar por medio

## CONCLUSIONES GENERALES

---

de los modelos de contabilidad social, sino que incide directamente en la cantidad de gases de efecto invernadero que se liberan a la atmósfera. Por tanto, dicha estructura es de gran relevancia para poder dar cumplimiento a los compromisos adquiridos por México, como el adoptado en el 2015 a través de la Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional presentada ante las Naciones Unidas. La meta no condicionada establece que para el 2030 las emisiones relacionadas con la actividad de generación de electricidad alcancen un nivel de 139 millones de toneladas de CO<sub>2e</sub>.

Por tanto, además de cuantificar el impacto de las dos estructuras de la matriz de generación en términos económicos, se hizo extensivo al análisis medioambiental. Las emisiones se estimaron tomando los montos de generación de cada escenario, la participación de cada tipo de tecnología y los factores de emisión promedio por tipo de central. En el escenario No. 2 las emisiones ascenderían a 139 Mt de GEI en el 2030, dando así cumplimiento a la meta. Sin embargo, a través del PRODESEN 2022 se emitirían 143 megatoneladas, superando en 4 millones al límite establecido. Esto como consecuencia de la mayor participación de otras centrales convencionales en la producción de energía eléctrica, haciéndolas responsables de generar el 23% del total de los GEI liberados a la atmósfera, frente al 9% que se presentaría en el Escenario PRODESEN 2018-2032.

Por último, para poder realizar una comparación directa de los escenarios se asumió el mismo monto de generación, para esto se consideró la proyección publicada en el PRODESEN 2022-2036 y la estructura de generación particular de cada estrategia. Al reducirse el monto de producción de electricidad, las emisiones en el Escenario No. 2 caen a 131 millones de toneladas frente a 143 en el escenario alternativo y nuevamente se cumpliría la meta no condicionada de la INDC.

La principal conclusión que se extrae del análisis realizado en este trabajo de investigación radica en resaltar la relevancia de la matriz de generación a nivel económico y de emisiones de GEI, ya que una mayor penetración de las energías limpias no solo contribuirá a mitigar los efectos del Cambio Climático, sino que

## **CONCLUSIONES GENERALES**

---

además se traducirá en una mejora en términos económicos (tal como se corroboró en los multiplicadores de la MNCS y en la simulación de los escenarios) de dimensiones más grandes a las obtenidas con las tecnologías basadas en combustibles fósiles que actualmente predominan en el Sistema Eléctrico Nacional y que pueden perdurar si se fomentan políticas donde se acota la participación de los particulares y con ello las inversiones disponibles para ampliar la capacidad instalada en energías limpias.

Debido al panorama de incertidumbre que enfrenta actualmente la industria eléctrica a causa de todas las transformaciones que se están viviendo tanto al interior del sector como en el ámbito nacional e internacional, se debe prestar particular atención en aumentar la participación de las energías limpias en la matriz de generación eléctrica, porque de no hacerse nada se estaría retrocediendo en el camino hacia una economía baja en carbono. Y esta transición se podría alejar aún más ante las presiones por la guerra entre Ucrania y Rusia y el consecuente incremento en los precios de los combustibles, que amenazan con un resurgimiento de las fuentes fósiles para garantizar la seguridad energética de las naciones.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Akkemik, A. (2011). Potential impacts of electricity price changes on price formation in the economy: a social accounting matrix price modeling analysis for Turkey. *Energy Policy*, 39(2), 854–864.

Álvarez-Espinosa, A., Ordóñez, D., Nieto, A., Wills, W., Romero, G., Calderón, S., Hernández, G., Argüello, R. y Delgado-Cadena, R. (2017). Evaluación económica de los compromisos de Colombia en el marco de COP21. *Revista Desarrollo y Sociedad*. No. 79, Bogotá, Segundo semestre 2017, pp. 15-54.

André, F. J., Cardenete, M. A., & Velázquez, E. (2005). Performing an environmental tax reform in a regional economy. A computable general equilibrium approach. *The Annals of Regional Science*, 39, 375–392.

Beidari, M., Lin, S.J. y Lewis, C. (2017). Multiplier Effects of Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions by Input-Output Analysis in South Africa. *Aerosol Air Qual. Res.* 17: 1666-1678.

Bergman, L. (2005). CGE modeling of environmental policy and resource management, Chap. 24. In K. G. Mäler & J. R. Vincent (Eds.), *Handbook of environmental economics*. Amsterdam: North-Holland.

Blitzer, C., Eckaus, R., Lahiri, S. y Meeraus, A. (1990). A general equilibrium analysis of the effects of carbon emission restrictions on economic growth in a developing country. Center for Energy Policy Research.

Bravo, H. (2009). El cambio climático y los modelos de equilibrio general. *Economía Informa*, núm. 360, septiembre-octubre 2009, pp.78-88.

Bravo, H., Castro, J., Gutiérrez, M y Omaña, E. (2017). Evaluación de una política de sustitución de energías fósiles para reducir las emisiones de carbono. *El*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Trimestre Económico*, vol. LXXXIV (1), núm. 333, enero-marzo de 2017, pp. 137-164.
- Bonfiglio, A. y Chelli, F. (2008). Assessing the behaviour of non-survey methods for constructing regional input-output tables through a Monte Carlo simulation. *Economic System Research*. Vol. 20, No.3, 243-258.
- Böhringer, C., Welsch, H., & Löschel, A. (2001). Environmental taxation and structural change in an open economy: A CGE analysis with imperfect competition and free entry (ZEW Discussion Papers 01–07). ZEW – Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung/ Center for European Economic Research.
- Böhringer, C., Conrad, K. y Löschel, A. (2002). Carbon Taxes and Joint Implementation. An applied General Equilibrium Analysis for Germany and India. *Environmental and Resource Economics*, vol. 24, pp: 49-76.
- Böhringer, C. y Rutherford, T. (2013). Transition towards a low carbon economy: A computable general equilibrium analysis for Poland. *Energy Policy*, Vol. 55, pp. 16-26.
- Boundi, F. (2016). Análisis input-output de encadenamientos productivos y sectores clave en la economía mexicana. *Revista Finanzas y Política Económica*, vol. 8, núm. 1, pp. 55-81. Bogotá, Colombia.
- Cámara de Diputados (2021). Gaceta Parlamentaria, Número 5877-I, México, 01 de octubre de 2021.
- Cansino, J., Cardenete, M., Ordóñez, M. y Román, R. (2012). Economic analysis of greenhouse gas emissions in the Spanish economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6032–6039.
- Cardenete, M. (2004). Reverse impact assessment using a regional social accounting matrix. *Environmental and planning*, vol. 36.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Cardenete, M. y Llop M., (2005). Modelos multisectoriales de equilibrio general aplicado en España: Una revisión. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 23.
- Cardenete, M., Fuentes-Saguar, P. y Polo, C. (2008). Análisis de intensidades energéticas y emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de la Matriz De Contabilidad Social de Andalucía para el año 2000. *Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales* 8(2): 31–48.
- Cardenete, M. y Fuentes, P. (2009). Análisis del sector energético español a través de un modelo de crecimiento sostenible. Colección EOI Medio Ambiente, Fundación EOI, 2009, pp. 1-94. ISBN 978-84-936547-5-7.
- Cardenete, M., González, J., Pablo-Romero, M. y Román, R. (2010). Impacto de un incremento de la capacidad de generación de energía a partir de biomasa en plantas de co-generación en Andalucía. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 10,2. pp. 159-182.
- Cardenete, A. (2011). Análisis comparativo de sectores clave desde una perspectiva regional a través de matrices de contabilidad social: enfoques alternativos. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*. Sevilla, España.
- Cardenete, A. y López, J. (2015). Análisis de sectores clave a través de Matrices de Contabilidad Social: El caso de Andalucía. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 33, núm.1, pp. 203-221. Valladolid, España.
- Cardenete, M., Guerra A. y Sancho, F. (2017). Applied General Equilibrium. An Introduction. Springer, second edition.
- Centro Nacional de Control de Energía, CENACE. (2017). Informe de la Tecnología de Generación de Referencia. Dirección de Administración del Mercado. Subdirección de Operación del Mercado, México.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Chang-gui, P. y Kihoon, L. (2013). An e-SAM Approach to the Analysis of Energy Consumption and CO2 Emissions in Korean Industry, *Journal of Environmental Policy*, Vol. 12, No. 1, pp. 101-123.
- Chen, G.Q. y Zhang, B. (2010). Greenhouse gas emissions in China 2007: Inventory and input–output analysis. *Energy Policy*, Vol. 38, Issue 10, October 2010, pp. 6180-6193.
- Clerc, J., Díaz, M. y Campos, B. (2013). Desarrollo de una metodología para la construcción de curvas de abatimiento de emisiones de GEI incorporando la incertidumbre asociada a las principales variables de mitigación. Nota técnica del Banco Interamericano de Desarrollo.
- Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2013). Análisis de la correlación entre el ingreso de los hogares y su gasto en energía eléctrica.
- Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2014). Normatividad Vigente para aplicar las Tarifas Domésticas en el país.
- Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2014). Generación, Eficiencia Térmica y Consumo de Combustibles 2013 (Servicio Público).
- Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2015). COPAR 2015, Generación. Edición 35. Subdirección de Programación. Coordinación de Evaluación. México.
- Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2018). Usuarios y consumo de electricidad por municipio. Disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-ventas-y-suministro>
- Comisión Reguladora de Energía, CRE. (2017). Acuerdo Núm. A/058/2017. México, 23 de noviembre de 2017.
- Comisión Reguladora de Energía, CRE. (2017). Anexo B del Acuerdo A/058/2017. Metodología para determinar el cálculo y ajuste de las tarifas finales del Suministro Básico. México.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Consejo Coordinador Empresarial, CCE. (2021). Una reforma que lastima a México. Consecuencias de una eventual aprobación de la iniciativa de reforma constitucional en materia eléctrica. México, octubre 2021.
- Cruz, L. (2002). Energy–Environment–Economy Interactions: An Input–Output Approach Applied to the Portuguese Case. Paper for the 7th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics, “Environment and Development: Globalisation & the Challenges for Local & International Governance”, Sousse (Tunisia), 6–9 March 2002.
- Cruz, L.M. (2004). Energy Use and CO<sub>2</sub> Emissions in Portugal (Paper for the Conference on Input–Output and General Equilibrium ‘Data, Modelling and Policy Analysis’, Brussels).
- Dávila Flores, Alejandro (Coordinador). (2015). Modelos interregionales de insumo producto de la economía mexicana, Editorial Miguel Ángel Porrúa, Universidad Autónoma de Coahuila y Universidad Autónoma de Nuevo León, México, D. F., junio, pp. 1-319.
- Dávila, A. y Valdés, M. (2016). Descomposición multiplicativa y aditiva de multiplicadores de la matriz de contabilidad social de la economía mexicana.
- Dávila, A. y Valdés, M. (2018). Relevancia de las exportaciones para la economía mexicana, Economía Teoría y Práctica, Universidad Autónoma Metropolitana, Número especial, vol.4, agosto 2018, pp. 11-44.
- Dávila Flores, Alejandro (Coordinador). (2019). Modelos económicos de las Regiones de México. Universidad Autónoma de Coahuila. Miguel Ángel Porrúa. 1a. ed. México. Universidad Autónoma de Coahuila.
- Dávila, A. y Valdés, M. (2019). Región Noreste de México: exposición ante cambios en las exportaciones. En A. Dávila-Flores, (Coordinador), Modelos económicos de las Regiones de México (pp. 71-107). Miguel Ángel Porrúa/ Universidad Autónoma de Coahuila. México.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Dávila, A. y Valdés, M. (2019). Región Occidental de México: exposición ante cambios en las exportaciones. En A. Dávila-Flores, (Coordinador), Modelos económicos de las Regiones de México (pp. 147-172). Miguel Ángel Porrúa/ Universidad Autónoma de Coahuila. México.
- Dávila, A. y Valdés, M. (2021). Del carbón a las renovables: Análisis económico para la transición eléctrica en México. Centro de Investigaciones Socioeconómicas de la Universidad Autónoma de Coahuila y WWF México.
- Deloitte Legal (2021). Se propone reforma a la Ley de la Industria Eléctrica. México, 03 de febrero de 2021.
- Deloitte Legal (2021). Iniciativa de Reforma Constitucional en materia energética. México, 01 de octubre de 2021.
- Department for Economic and Social Affairs, Statistics Division, U.N. (1999) Handbook of Input-Output Table, Compilation and Analysis, Studies in Methods Series F, No. 74, Handbook of National Accounting, New York.
- Dervis, K., Jaime de Melo y Sherman Robinson, General Equilibrium Models for Development Policy. Cambridge University Press, 1984.
- Diario Oficial de la Federación. (2017). Acuerdo por el que se autorizan las tarifas finales de energía eléctrica del suministro básico a usuarios domésticos.
- Diario Oficial de la Federación. (2018). CFE distribución. Estatuto Orgánico de CFE Distribución.
- Elizondo, A., Boyd, R. (2016). Economic impact of ethanol promotion in Mexico: A general equilibrium analysis. Energy Policy.
- Flegg, A. y Tohmo, T. (2011). Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland. Regional Studies.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Fathurrahman, F., Kat, B. y Soytaş, U. (2017). Simulating Indonesian fuel subsidy reform: A Social Accounting Matrix Analysis. *Ann Oper Res* 255, 591–615.
- Fuentes, A. (2006). Impactos de cambios exógenos de precios del sector energético en Nuevo León. Un análisis de insumo-producto. *Región y Sociedad*. Vol. XVIII.
- Genel M. (2011). Actualización de los códigos de actividad económica en el sistema de facturación. Comisión Federal de Electricidad.
- Gutiérrez, Y. (2018). Análisis de requerimientos eléctricos en la economía Occidental de México a través de una Matriz de Contabilidad Social: 2013. Cuantificación de las emisiones asociadas de gases de efecto invernadero. Tesis de grado, Maestría en Economía Regional, CISE-UA de C.
- Hancevic, P. y López, J. (2017). Energy efficiency programs in the context of increasing block tariffs: The case of residential electricity in Mexico. Centro de Investigación y Docencia Económicas.
- Hi-chun Park. (2013). Energy requirement of Korean households from 1995 to 2010: An input-output analysis. *Environmental and Resource Economics Review*, vol. 22, Number 3, September 2013: pp. 547-580.
- Holland, D. and Wyeth, P. (1993). SAM Multipliers: Their decomposition, interpretation and relationship to input-output multipliers. Research Bulletin XB1027, Washington State University, College of Agriculture and Home Economics Research Center, USA, (pp. 1-42).
- Ibarra, R. (2017). El cambio climático y la Reforma Energética en México: entre los compromisos internacionales y la realidad nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Jurídicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Instituto Mexicano para la Competitividad A.C., IMCO. (2021). Iniciativa de reforma constitucional en materia energética: México necesita competencia en el mercado eléctrico. Ciudad de México, 01 de octubre de 2021.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-mitigacion-del-cambio-climatico>.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2007). Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Versión Hogares.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2018). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Matriz de Insumo Producto. Fuentes y Metodologías. Año base 2018.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2019). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. ENIGH 2018. Nueva Serie. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/default.html>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2020). Censos Económicos 2019. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2021a). Matrices de Contabilidad Social de México. Fuentes y Metodología. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/investigacion/mcsm/>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2021b). Matrices de Contabilidad Social de México. Disponibles en: <http://www.inegi.org.mx/investigacion/mcsm/>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2021c). Comunicado de Prensa Núm. 333/21, Estadísticas a propósito del Día Mundial del Medio Ambiente, 3 de junio de 2021. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/AMBIENTE2021.pdf>
- Kronenberg, T. (2009). Construction of regional input-output tables using non-survey methods: The role of cross hauling. *International Regional Science Review*, 32, 40-64.
- Lam, K., Kenway, S., Lane, J., Islam, N. y Berc, R. (2019). Energy intensity and embodied energy flow in Australia: An input-output analysis. *Journal of Cleaner Production*, vol. 226, 20 July 2019, pp. 357-368.
- Limmeechokchai, B. and P. Suksuntornsiri. (2007). Assessment of Cleaner Electricity Generation Technologies for net CO<sub>2</sub> Mitigation in Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 315–330.
- Lin, S.J., Liu, C.H. y Lewis, C. (2012). CO<sub>2</sub> Emission Multiplier Effects of Taiwan's Electricity Sector by Input-output Analysis. *Aerosol Air Qual. Res.* 12: 180-190.
- Linder, S., Legault, J. y Guan D. (2012). Disaggregating input-output models with incomplete information. *Economic System Research*, vol. 24(4), December, pp. 329-347.
- Linder, S., Legault, J. and Guan D. (2013). Disaggregating the electricity sector of China's input-output table for improved environmental life-cycle assessment. *Economic System Research*, vol. 25(3), pp. 300-320.
- Liu, C., M. Lenzen and J. Murray (2012) A Disaggregated Emissions Inventory for Taiwan with Uses in Hybrid Input–Output Life-Cycle Assessment (IO-LCA). *Natural Resources Forum*, 36, 123–141.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Livas-García, A. (2015). Análisis de insumo-producto de energía y observaciones sobre el desarrollo sustentable, caso mexicano 1970-2010. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVI, 02 (2015): 239-251.
- López, C. (2019). Generación y distribución del ingreso en la contabilidad social de la región mexicana del Altiplano Centro-Norte. En A. Dávila-Flores, (Coordinador), Modelos económicos de las Regiones de México (pp. 109-145). Miguel Ángel Porrúa/ Universidad Autónoma de Coahuila. México.
- Manresa, A. y Sancho, F. (2004). Energy intensities and CO<sub>2</sub> emissions in Catalonia: a SAM analysis. *International Journal of Environment, Workplace and Employment*, vol. 1, No. 1, pp.91–106.
- Mardones, C. y Brevis, C. (2020): Constructing a SAMEA to analyze energy and environmental policies in Chile, *Economic Systems Research*, vol. 33, no. 84, pp.576-602.
- Muangthai, I., Lin, S.J. y Lewis, C. (2016). Inter-industry linkages, energy and CO<sub>2</sub> multipliers of the electric power industry in Thailand. *Aerosol Air Qual. Res.* 16: 2033–2047.
- Miller, Ronald E. and Blair, Peter D. (2009). Input Output Analysis. Foundations and Extensions. Cambridge University Press, Second Edition, New York, USA.
- Miller, Ronald E. and Blair, Peter D. (2009). Input Output Analysis. Foundations and Extensions, Cambridge University Press, Second Edition, New York, USA. Chapter 9: Energy Input-Output Analysis (pp. 399-445).
- Navarro, S., Dávila, A. y Valdés, M. (2019). Matriz de Contabilidad Social de la Región Noreste de México: multiplicadores contables y análisis de senda estructural. En A. Dávila-Flores, (Coordinador), Modelos económicos de las Regiones de México (pp.33-69). Miguel Ángel Porrúa/ Universidad Autónoma de Coahuila. México.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- O’Ryan, R., De Miguel, C., Millar, S., & Munasnighe, M. (2005). Computable general equilibrium model analysis of economy-wide cross effects of social and environmental policies in Chile. *Ecological Economics*, 54, 447–472.
- Park, Hi-Chun. (2013). Energy requirement of Korean households from 1995 to 2010: An input-output analysis. *Environmental and Resource Economics Review*, vol. 22, Number 3, September 2013: pp. 547-580.
- Pyatt, G. (1985). Commodity Balances and National Accounts: A SAM Perspective. *The Review of Income and Wealth*.
- Pyatt, G. and Round, J. (1985). Accounting and Fixed-Price Multipliers in a Social Accounting Matrix Framework, in Pyatt and Round (eds.), *Social Accounting Matrices. A Basis for Planning*, A World Bank Symposium, The World Bank, Washington, D. C., U. S. A., September, pp. 186-206.
- Secretaría de Energía, SENER. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. (2014). *Informe sobre la participación de las energías renovables en la generación de electricidad en México 2013*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. (2015). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2019*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. (2016). *Balance Nacional de Energía 2015*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. (2016). *Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030*. México.
- Secretaría de Energía, SENER. (2016). *Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios*. México.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

Secretaría de Energía, SENER. (2017). Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Reporte de avance de energías limpias 2017. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Reporte de avance de energías limpias. Primer Semestre 2018. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Prospectiva del Sector Eléctrico 2018-2032. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Prospectiva del Gas Natural 2018-2032. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Prospectiva del Petróleo crudo y Petrolíferos 2018-2032. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2017). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. PRODESEN. 2017-2031. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2018). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. PRODESEN. 2018-2032. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2019). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. PRODESEN. 2019-2033. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2021). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. PRODESEN. 2020-2034. México.

Secretaría de Energía, SENER. (2021). Balance Nacional de Energía 2019. México.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

Secretaría de Energía. Estadísticas del Sector Eléctrico Nacional e Indicadores de CFE. Subsecretaría de Electricidad. México. Disponible en: <http://egob2.energia.gob.mx/portal/electricidad.html>

Secretaria General (2008). Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética (LAERFTE). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.

Secretaria General (2012). Ley General de Cambio Climático (LGCC). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.

Secretaria General (2014). Ley de la Industria Eléctrica (LIE). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.

Secretaria General (2015). Ley de Transición Energética (LTE). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.

Secretaría de Gobernación (2013). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía. México.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, SHCP. (2019). Distribución del pago de impuestos y recepción del gasto público por deciles de hogares y personas. Resultados para el año 2018. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) Visión 10-20-40. Primera Edición, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. (2015). Compromisos de Mitigación y adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. (2019). Aviso para el reporte del Registro Nacional de Emisiones. México.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Selçuk, G. (2003). Environmental taxation and economic effects: a computable general equilibrium analysis for Turkey. *Journal of Policy Modeling*, 25 (2003), pp. 795-810.
- Sobarzo, H. (2011). Modelo de insumo-producto en formato de matriz de contabilidad social. *Economía Mexicana*. Nueva Época, Vol. 20, No. 2, pp. 237-280.
- Stone, R. (1985). "The Disaggregation of the Household Sector in the National Accounts," in Pyatt and Round (eds.), *Social Accounting Matrices. A Basis for Planning*, A World Bank Symposium, The World Bank, Washington, D. C., U. S. A., September, pp. 145-185.
- Timilsina, G., Shrestha, R. (2002). General equilibrium analysis of economic and environmental effects of carbon tax in a developing country: case of Thailand. *Environmental Economics and Policy Studies* (2002) 5: 179-211.
- Thorbecke, E. (1998). "Social accounting matrices and social accounting analysis." In: Isard, Walter et. Al. 1998. *Methods of interregional and regional analysis*, Ashgate, England, pp. 281-331.
- Turner, K., J.K. Swales, P.G. McGregor and G. Allan (2007) Impact of Alternative Electricity Generation Technologies on the Scottish Economy: An Illustrative Input–Output Analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 221, 243–254.
- Valdés, M. (2014). Apertura comercial y desempeño de la economía del estado de Jalisco. Un análisis multisectorial de insumo-producto. Tesis Doctoral, Centro de Investigaciones Socioeconómicas. Universidad Autónoma de Coahuila.
- Vandyck, T., Keramidas, K., Saveyn, B., Kitous, A., y Vrontisi, Z. (2016). A global stocktake of the Paris pledges: Implications for energy systems and economy. *Global Environmental Change*, 41, 46-63.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Vargas E. (2011). Taller de indicadores de Eficiencia Energética: Clasificación de los consumidores de electricidad de acuerdo con SCIAN. Comisión Federal de Electricidad.
- Wei Y., Lui L., Wu G and Zou L. (2011). Energy Economics: CO<sub>2</sub> emissions in China. Science Press Beijing.
- Wiedmann, T.O., S. Suh, K. Feng, M. Lenzen, A. Acquaye, K. Scott and J.R. Barrett (2011) Application of Hybrid Life Cycle Approaches to Emerging Energy Technologies – The Case of Wind Power in the UK. *Environmental Science & Technology*, 45, 5900–5907.
- Wolsky, A. (1984). Disaggregating Input–Output Models. *The Review of Economics and Statistics*, 66, 283–291.
- Zhang, Z. X. (1998), Macroeconomic effects of CO<sub>2</sub> emission limits: A computable general equilibrium analysis for China, *Journal of Policy Modeling*, 20(2), 213–250.

## ANEXOS

### Anexo 1. Regiones de Control del SEN

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN), se compone por cuatro sistemas eléctricos aislados: Sistema Interconectado Nacional (SIN), que constituye la gran red eléctrica del país, el Sistema Eléctrico Baja California (BC), el Sistema Eléctrico Baja California Sur (BCS) y el Sistema Eléctrico Mulegé (SEM).

**Tabla A.1.** Estados que conforman las Regiones de Control del SEN.

Regiones	Estados
1. Central	Ciudad de México, Estado de México y municipios de Hidalgo, Morelos, Puebla, Michoacán y Guerrero.
2. Oriental	Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Morelos.
3. Occidental	Zacatecas, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro.
4. Noroeste	Sonora, Sinaloa
5. Norte	Chihuahua, Durango, La laguna en Coahuila y algunos de sus municipios.
6. Noreste	Nuevo León, Tamaulipas, municipios de Coahuila, norte de Veracruz y de San Luis Potosí.
7. Peninsular	Yucatán, Quintana Roo, Campeche.
8. Baja California	Baja California Norte.
9. Baja California Sur	Baja California Sur.
10. Mulegé	Municipio de Mulegé en Baja California Sur.

**Fuente:** Elaboración propia con información de SENER.

El SEN está integrado por 10 regiones de control, de las cuales 7 se encuentran interconectadas y conforman el SIN. En estas regiones de control se concentra el mayor consumo de energía eléctrica, por lo que el intercambio de los recursos y reservas de capacidad ante la diversidad de demandas y situaciones operativas hace posible un funcionamiento más económico y confiable. Las tres regiones de control, Baja California, Baja California Sur y Mulegé, eléctricamente aisladas del

resto de la red eléctrica, se espera que se interconecten al SIN a partir de 2023 y 2024 (PRODESEN 2018-2024).

**Figura A.1.** Regiones de Control del SEN.



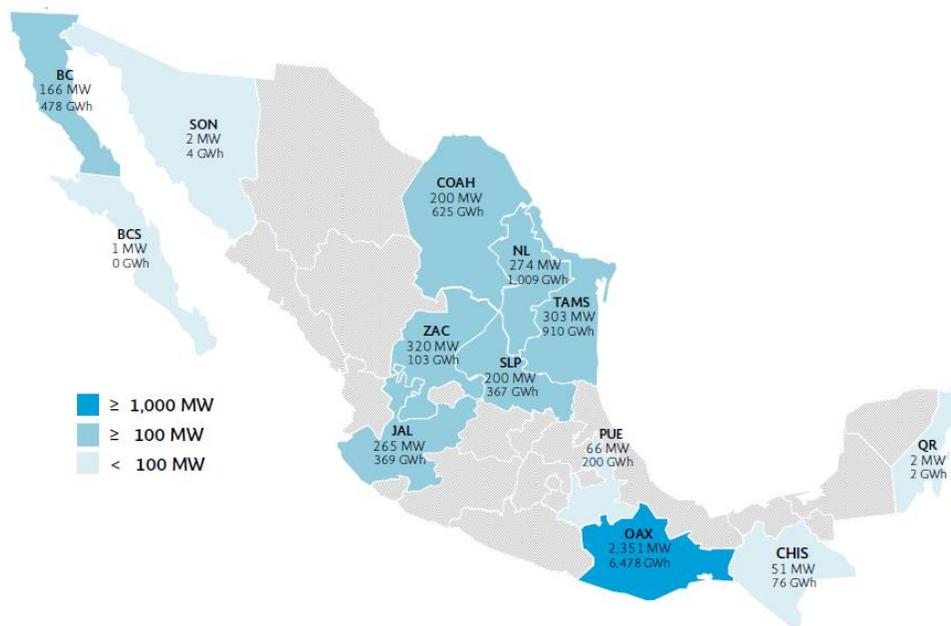
**Fuente:** Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

**Anexo 2. Capacidad y Generación en Centrales Hidroeléctricas, 2017 (MW, GWh).**



Fuente: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

**Anexo 3. Capacidad y Generación en Centrales Eólicas, 2017 (MW, GWh).**



Fuente: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

**Anexo 4. Capacidad y Generación en Centrales Geotermoeléctricas, 2017 (MW, GWh).**



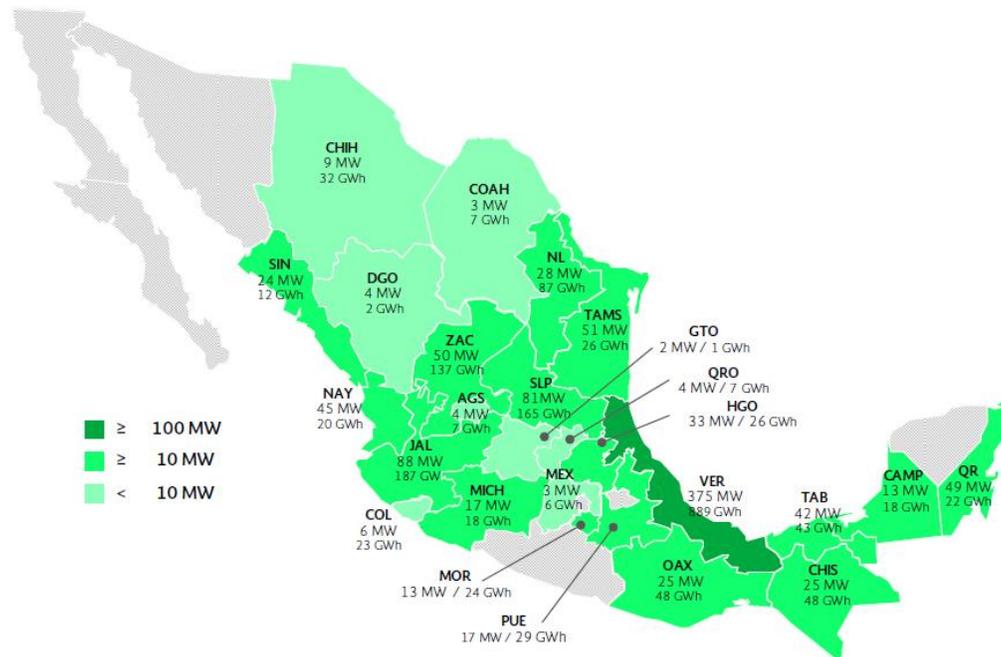
Fuente: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

**Anexo 5. Capacidad y Generación en Centrales Solares, 2017 (MW, GWh).**



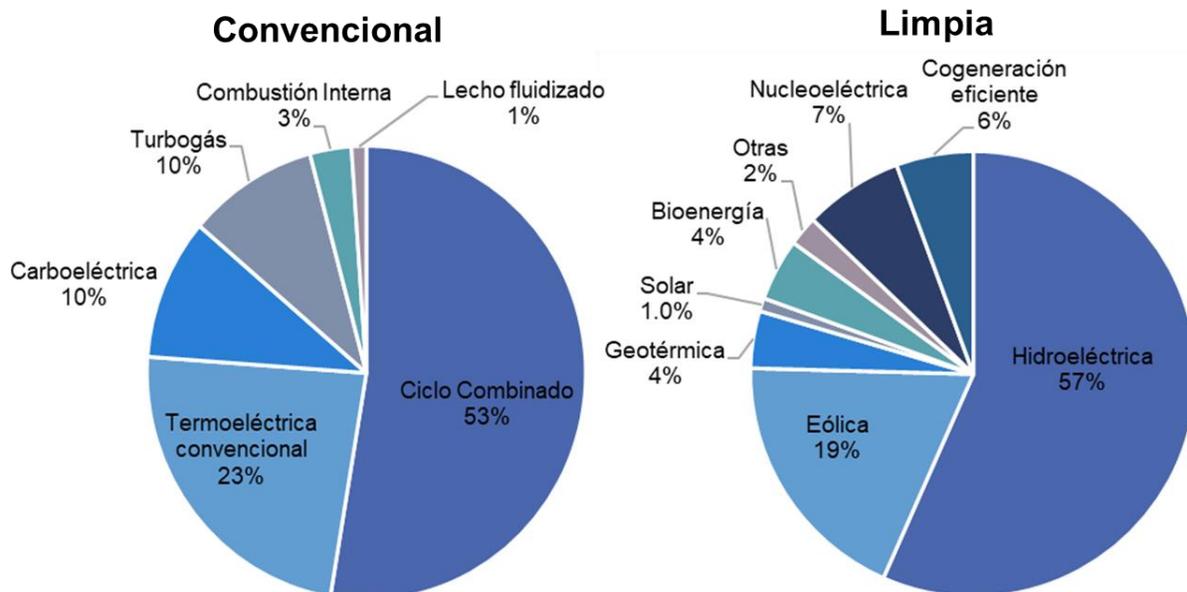
Fuente: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

**Anexo 6. Capacidad y Generación en Centrales de Bioenergía, 2017 (MW, GWh).**



Fuente: Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2024), SENER.

**Anexo 6. México: Participación de las centrales en la Capacidad Instalada por tipo de tecnología. 2017**



Fuente: Elaboración propia con datos del PRODESEN 2018-2032.

**Anexo 7. México: Generación anual de energía eléctrica en las centrales convencionales y limpias (GWh). 2016-2020**

Central/Año	Generación (GWh)				
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Convencionales</b>	<b>180,889</b>	<b>243,966</b>	<b>245,386</b>	<b>252,918</b>	<b>236,093</b>
Carboeléctricas	23,610	28,663	27,345	21,609	12,502
Ciclo Combinado	112,473	154,289	160,673	172,801	183,292
Combustión interna	1,671	2,333	2,566	3,170	2,872
Termoeléctricas	31,908	43,993	40,411	38,985	23,338
Turbogás	11,227	14,687	14,392	16,353	14,089
<b>Limpías</b>	<b>45,614</b>	<b>58,742</b>	<b>65,112</b>	<b>64,710</b>	<b>75,302</b>
Hidroeléctricas	24,825	31,660	32,206	23,602	26,766
Geotermoeléctricas	4,357	5,706	5,025	5,005	4,508
Eólica	7,235	10,454	12,433	16,724	19,614
Fotovoltaica	125	347	2,174	8,392	13,480
Biomasa	1	3	75	108	89
Nucleoeléctrica	9,070	10,571	13,199	10,879	10,845
<b>TOTAL</b>	<b>226,503</b>	<b>302,707</b>	<b>310,498</b>	<b>317,627</b>	<b>311,395</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

**Anexo 8. México: Participación de las centrales convencionales y limpias en la generación de energía eléctrica total (%). 2016-2020**

Mes/Año	Generación (%)				
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Convencionales</b>	<b>79.9%</b>	<b>80.6%</b>	<b>79.0%</b>	<b>79.6%</b>	<b>75.8%</b>
Carboeléctricas	10.4%	9.5%	8.8%	6.8%	4.0%
Ciclo Combinado	49.7%	51.0%	51.7%	54.4%	58.9%
Combustión interna	0.7%	0.8%	0.8%	1.0%	0.9%
Termoeléctricas	14.1%	14.5%	13.0%	12.3%	7.5%
Turbogás	5.0%	4.9%	4.6%	5.1%	4.5%
<b>Limpías</b>	<b>20.1%</b>	<b>19.4%</b>	<b>21.0%</b>	<b>20.4%</b>	<b>24.2%</b>
Hidroeléctricas	11.0%	10.5%	10.4%	7.4%	8.6%
Geotermoeléctricas	1.9%	1.9%	1.6%	1.6%	1.4%
Eólica	3.2%	3.5%	4.0%	5.3%	6.3%
Fotovoltaica	0.1%	0.1%	0.7%	2.6%	4.3%
Biomasa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Nucleoeléctrica	4.0%	3.5%	4.3%	3.4%	3.5%

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

**Anexo 9. México: Generación anual de energía eléctrica en las centrales limpias (GWh). 2016-2020**

Central/Año	Generación Limpia (GWh)				
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Limpias</b>	<b>45,614</b>	<b>58,742</b>	<b>65,112</b>	<b>64,710</b>	<b>75,302</b>
Hidroeléctricas	24,825	31,660	32,206	23,602	26,766
Geotermoeléctricas	4,357	5,706	5,025	5,005	4,508
Eólica	7,235	10,454	12,433	16,724	19,614
Fotovoltaica	125	347	2,174	8,392	13,480
Biomasa	1	3	75	108	89
Nucleoeléctrica	9,070	10,571	13,199	10,879	10,845

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

**Anexo 10. México: Participación de las centrales limpias en la generación de energía eléctrica (%). 2016-2020**

Central Convencional	Generación (%)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Hidroeléctricas	54.4%	53.9%	49.5%	36.5%	35.5%
Geotermoeléctricas	9.6%	9.7%	7.7%	7.7%	6.0%
Eólica	15.9%	17.8%	19.1%	25.8%	26.0%
Fotovoltaica	0.3%	0.6%	3.3%	13.0%	17.9%
Biomasa	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%
Nucleoeléctrica	19.9%	18.0%	20.3%	16.8%	14.4%

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

**Anexo 11. México: Generación anual de energía eléctrica en las centrales convencionales (GWh). 2016-2020**

Mes/Año	Generación (GWh)				
	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Convencionales</b>	<b>180,889</b>	<b>243,966</b>	<b>245,386</b>	<b>252,918</b>	<b>236,093</b>
Carboeléctricas	23,610	28,663	27,345	21,609	12,502
Ciclo Combinado	112,473	154,289	160,673	172,801	183,292
Combustión interna	1,671	2,333	2,566	3,170	2,872
Termoeléctricas	31,908	43,993	40,411	38,985	23,338
Turbogás	11,227	14,687	14,392	16,353	14,089

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

## Anexo 12. México: Participación de las centrales convencionales en la generación de energía eléctrica (%). 2016-2020

Central Convencional	Generación (%)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Carboeléctricas	13.1%	11.7%	11.1%	8.5%	5.3%
Ciclo Combinado	62.2%	63.2%	65.5%	68.3%	77.6%
Combustión interna	0.9%	1.0%	1.0%	1.3%	1.2%
Termoeléctricas	17.6%	18.0%	16.5%	15.4%	9.9%
Turbogás	6.2%	6.0%	5.9%	6.5%	6.0%

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Observatorio de la Transición Energética en México, OBTREN MX.

## Anexo 13. Formulación del Modelo Insumo-Producto

La linealidad consiste en la representación de la economía asumiendo la simple propiedad que relaciona a los insumos con los productos. Las ventajas de trabajar con economías lineales radica principalmente en la transparencia que rige las relaciones económicas entre las variables, la capacidad de realizar ejercicios sencillos de simulación de políticas y, lo que es más importante, la facilidad de interpretación de los resultados (Cardenete *et al.*, 2017).

Usando la notación y siguiendo el desarrollo empleado por Cardenete *et al.* en su libro “Applied General Equilibrium. An introduction”, se parte de una economía compuesta por  $H$  hogares,  $K$  factores primarios de producción y  $N$  productos básicos y empresas. Como se mencionó anteriormente los hogares son los propietarios de los factores productivos y los ofrecen a las empresas como insumos. A su vez, las empresas emplean estos factores junto con bienes materiales para dar origen a la producción, la cual es utilizada posteriormente por los hogares para satisfacer sus demandas de consumo y por otras firmas en forma de insumos intermedios en sus procesos productivos.

Este escenario se puede simplificar asumiendo que solo existe un solo hogar en la economía (el conjunto  $H$  contendrá solo un elemento), y este sólo posee un tipo de factor primario (el conjunto  $K$  contendrá solo un elemento). Este recurso único

se denominará *valor agregado* y será denotado por  $VA$ . Con un hogar, la demanda de consumo agregado,  $CD$ , coincide con la demanda individual de este hogar  $c_h$ <sup>80</sup>. La demanda de consumo incluye una determinada cantidad no negativa de cada uno de los  $N$  bienes que la economía produce. En términos vectoriales se tiene:  $CD = c = (c_1, c_2, \dots, c_N)$ .

Cada una de las  $N$  firmas, listadas como  $i = 1, 2, \dots, N$ , genera la producción  $y_i$  usando  $VA_i$  unidades de valor agregado y bienes materiales en  $y_{ji}$  cantidades, siendo  $y_{ji}$  la cantidad del bien  $j$  usada por la firma  $i$  en la generación de su nivel de producción  $y_i$ . La producción total de la economía viene dada por un vector  $Y$  que enumera la producción de todas y cada una de las  $N$  firmas, es decir,  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ . Este vector de producción se genera para poder satisfacer la demanda de consumo  $c$ .

Con la venta de su producción  $y_i$  al hogar que demanda  $c_i$  y a otras firmas que demandan  $y_{ij}$ , la empresa  $i$  obtiene ingresos que le permiten adquirir todos los recursos productivos que requiere para la puesta en marcha de su proceso de producción. Estos insumos incluyen bienes materiales  $y_{ji}$  y  $VA_i$  unidades de valor agregado.

En el balance productivo, el total de ingresos será igual al total de gastos de cada empresa  $i$ . Por lo tanto, la siguiente expresión es válida para cada  $i = 1, 2, \dots, N$ :

$$p_i y_i = p_i c_i + \sum_{j=1}^N p_i y_{ij} = VA_i + \sum_{j=1}^N p_j y_{ji} \quad (A.8.1)$$

La primera igualdad de la ecuación (A.8.1) indica las fuentes de ingresos de la empresa  $i$ , mientras que la expresión a la derecha de la segunda igualdad indica la estructura de costos de la empresa. Esta expresión de equilibrio se cumplirá

<sup>80</sup> Dado que se supone la existencia de un solo hogar, no hay necesidad de mantener explícita la etiqueta  $h$  que identifica a este hogar único y se procede a omitirla por el momento.

siempre, ya que en ausencia de poder de mercado no es posible obtener beneficios puros.

Separando la ecuación (A.8.1) en sus componentes se obtiene una ecuación para la generación de ingresos:

$$p_i y_i = p_i c_i + \sum_{j=1}^N p_j y_{ji} \quad (A.8.2)$$

Y otra para la estructura de costos:

$$p_i y_i = VA_i + \sum_{j=1}^N p_j y_{ji} \quad (A.8.3)$$

La expresión (A.8.3) puede simplificarse aún más al eliminar el precio:

$$y_i = c_i + \sum_{j=1}^N y_{ij} \quad (A.8.4)$$

La ecuación (A.8.4) se puede transformar suponiendo que  $y_{ij} = y_{ij} \left( \frac{y_j}{y_j} \right)$  es cierto siempre que  $y_j > 0$ . Por ende, también será cierto que  $y_{ij} = \left( \frac{y_{ij}}{y_j} \right) y_j$ . La relación  $\left( \frac{y_{ij}}{y_j} \right)$  indica la cantidad media del bien  $i$  que es utilizada en la producción de todas las unidades de  $y_j$ . Si todas y cada una de las unidades de  $j$  utilizan la misma cantidad, entonces se puede tomar esa cantidad promedio como un coeficiente que representa la tecnología de producción en la empresa  $j$ . La relación media  $\left( \frac{y_{ij}}{y_j} \right)$ , al ser independiente del nivel de producción total  $y_j$ , se convierte en un *coeficiente tecnológico* o conocido en Miller y Blair (2009) como *coeficiente técnico*, *coeficiente de insumo-producto* o *coeficiente de insumos directos*, ya que no importa cuántas unidades del bien  $j$  se produzcan, todas ellas requieren exactamente la misma cantidad del bien  $i$  como insumo. Se denota este coeficiente constante y no negativo como:  $a_{ij} = \left( \frac{y_{ij}}{y_j} \right)$ .

Si esta propiedad se aplica a todos los bienes que se están produciendo en la economía, entonces la expresión (A.8.4) se convierte en:

$$y_i = c_i + \sum_{j=1}^N y_{ij} = c_i + \sum_{j=1}^N a_{ij}y_j$$

(A.8.5)<sup>81</sup>

Además, la producción de  $y_j$  también necesita el uso del factor primario de valor agregado en la cantidad  $VA_j$ . Como se realizó para (A.8.4), se puede transformar la identidad  $VA_j = VA_j \left(\frac{y_j}{y_j}\right) = \left(\frac{VA_j}{y_j}\right) y_j$  en una ecuación, siempre que el uso medio del valor agregado,  $\left(\frac{VA_j}{y_j}\right)$ , sea independiente del número unidades del bien  $j$  que se están produciendo. El promedio se convierte así en *un coeficiente técnico de valor agregado*,  $v_j = \frac{VA_j}{y_j}$ , cuya interpretación es la siguiente: cada unidad de producción  $j$  requerirá la aplicación de  $v_j$  unidades de valor agregado.

Con lo anterior, se está en una economía donde la proporcionalidad es la regla, es decir, la propiedad de los Retornos Constantes a Escala (CRS). Además de la proporcionalidad, cada empresa tiene una receta tecnológica única para generar su output a partir de los inputs y no es posible la sustitución entre los insumos. Esta caracterización de la producción, a saber, la CRS más coeficientes fijos, es lo que los economistas denominan una economía "lineal".

El análisis metodológico de este tipo de economías se conoce frecuentemente como *análisis input-output o interindustrial*, el cual fue desarrollado por Wassily Leontief a finales de la década de 1930 y cuyo propósito principal consiste en examinar la interdependencia de las industrias en una economía.

De acuerdo con Miller y Blair (2009) el modelo de insumo producto consiste en un sistema de ecuaciones lineales, donde cada una de ellas describe la distribución del producto de una industria a través de la economía. Se construye a partir de datos

<sup>81</sup> Lo que implica la ecuación (A.8.5) es que si la producción de todas y cada una de las unidades de  $j$  requieren las mismas cantidades del bien  $i$ , entonces, la producción de 1 unidad de  $j$  requerirá las cantidades en el vector  $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{Nj})$ , 2 unidades requerirán el doble de  $2 \times (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{Nj})$  y así sucesivamente. En general, las unidades  $y_j$  requerirán  $y_j \times (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{Nj})$  cantidades de los diferentes insumos materiales.

observados sobre la economía de una determinada región geográfica, los cuales tienen que ver con la actividad de un grupo de industrias que producen bienes -output o productos- y consumen bienes de otras industrias – input o insumos- en el proceso de producción de cada una de ellas.

La tecnología lineal que se introdujo anteriormente tiene una representación en términos de una función de producción estándar, la llamada función de producción de Leontief, la cual toma la siguiente forma:

$$y_j = \min \left( \frac{VA_j}{v_j}, \frac{y_{1j}}{a_{1j}}, \frac{y_{2j}}{a_{2j}}, \dots, \frac{y_{Nj}}{a_{Nj}} \right) \quad (\text{A.8.6})$$

Una representación alternativa, y bastante práctica, de las relaciones tecnológicas en la economía se facilita mediante el álgebra matricial. En efecto, si se posiciona cada vector  $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{Nj})$  como la columna  $j$  de una matriz no negativa  $A$ , se obtiene:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{N1} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{N2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1N} & a_{2N} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix} \quad (\text{A.8.7})$$

A esta matriz  $A$  también se le conoce como *matriz de coeficientes técnicos* (Miller y Blair, 2009).

Reescribiendo la ecuación (A.8.5) en términos matriciales se tiene:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{N1} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{N2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1N} & a_{2N} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \quad (\text{A.8.8})$$

O en notación más compacta:

$$Y = c + AY \quad (\text{A.8.9})^{82}$$

Esta expresión puede verse como una condición de equilibrio entre las cantidades de producto total  $Y$ <sup>83</sup> que suministran las empresas y la demanda total  $c + AY$ , esta última compuesta por la demanda de consumo final  $c$  y la demanda intermedia  $AY$ .

Usando álgebra lineal y haciendo uso de la matriz identidad  $I$ , la solución para  $Y$  es:

$$Y = (I - A)^{-1}c \quad (\text{A.8.10})^{84}$$

El análogo a esta expresión en Miller y Blair (2009) se denota como:

$$x = (I - A)^{-1}f = Lf \quad (\text{A.8.10a})$$

Esta ecuación representa el modelo básico de insumo producto. Dónde:

$$(I - A)^{-1} = L = [l_{ij}] \quad (\text{A.8.10b})$$

Es conocida como la *Inversa de Leontief* o la *matriz de requerimientos totales*.

---

<sup>82</sup> El análogo a esta expresión en Miller y Blair (2009) es:  $x = Ax + f$ . Dónde:  $x$  es la producción bruta,  $A$  la matriz de coeficientes técnicos y  $f$  la demanda final.

<sup>83</sup> Obsérvese también que el producto  $Y$  debe considerarse como producción "bruta", que incluye todo lo que se produce, ya sea para uso final  $c$  o para uso intermedio  $AY$ , mientras que la producción "neta" es todo lo que queda por entregar para uso final en términos de demanda de consumo una vez que se ha llevado a cabo el proceso de producción requerido. En este caso, el producto neto es simplemente  $c=Y-AY$ .

<sup>84</sup> Una condición suficiente para que la solución  $Y$  no sea negativa es que exista la matriz inversa  $(I-A)^{-1}$  y que tanto esta matriz como el vector de consumo  $c$  sean no negativos. Claramente el vector  $c$  será no negativo ya que se descartan los consumos negativos.

## Anexo 14. Poder Calorífico de los Combustibles

Poder calorífico de los combustibles					
Combustible	Unidad	MJ	kWh	BTU	kcal
Combustóleo doméstico	l	41.69	11.58	39,519	9,958
	gal	157.82	43.84	149,595	37,695
	bbl	6,628.57	1,841.27	6,283,000	1,583,206
Gas natural doméstico	m <sup>3</sup>	36.72	10.20	34,806	8,770
	ft <sup>3</sup>	1.04	0.29	986	248
Diésel doméstico	l	38.69	10.75	36,676	9,242
	gal	146.47	40.69	138,833	34,984
	bbl	6,151.71	1,708.81	5,831,000	1,469,309
Carbón doméstico	lb	8.45	2.35	8,007	2,018
	Ton. métrica	18,623.92	5,173.31	17,653,000	4,448,246
Carbón importado en Petacalco	lb	11.92	3.31	11,300	2,847
	Ton. métrica	26,282.41	7,300.67	24,912,236	6,277,446
Uranio enriquecido	g	4,018.50	1,116.25	3,809,000	959,801

Fuente: Elaboración propia con información de COPAR (2015).

## Anexo 15. Precios promedios de combustibles para 2018

Precios promedios de combustibles para 2018		
Combustible	Precio (\$USD/GJ)	Precio (USD\$/MMBTU)
Gas Natural	4.82	4.56
Diésel	21.67	20.52
Combustóleo	9.78	9.26
Carbón Dos	2.89	2.74
Carbón Río Escondido	3.09	2.93
Carbón Petacalco	3.77	3.57

Fuente: Elaboración propia con información del Anexo B del Acuerdo A/058/2017.

**Anexo 16. Clasificación de las actividades económicas de acuerdo con el código SCIAN y con el Sector Eléctrico Mexicano desagregado por tipo de tecnología**

<b>Código</b>	<b>Sector/Subsector</b>
<b>Sector Primario</b>	
<b>11</b>	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.
<b>Sector Secundario</b>	
<b>21P</b>	Minería petrolera.
<b>2121</b>	Minería de carbón mineral.
<b>21NP</b>	Minería no petrolera.
<b>221111-1</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales de Ciclo Combinado
<b>221111-2</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales Carboeléctricas
<b>221111-3</b>	Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles en centrales Termoeléctricas Convencionales
<b>221112</b>	Generación de electricidad a partir de energía hidráulica
<b>221113</b>	Generación de electricidad a partir de energía solar
<b>221114</b>	Generación de electricidad a partir de energía eólica
<b>221119</b>	Generación de electricidad a partir de otro tipo de energía limpia
<b>22112</b>	Transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica
<b>222</b>	Suministro de agua y suministro de gas por ductos al consumidor final.
<b>23</b>	Construcción.
<b>311</b>	Industria alimentaria.
<b>312</b>	Industria de las bebidas y del tabaco.
<b>313-314</b>	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir.
<b>315-316</b>	Fabricación de prendas de vestir; Curtido y acabado de cuero y piel.
<b>321</b>	Industria de la madera.
<b>322-323</b>	Industria del papel; Impresión e industrias conexas.
<b>324-326</b>	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón; Industria química; Industria del plástico y del hule.
<b>327</b>	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos.
<b>331-332</b>	Industrias metálicas básicas; Fabricación de productos metálicos.
<b>333-335</b>	Fabricación de maquinaria y equipo.
<b>336</b>	Fabricación de equipo de transporte.
<b>337</b>	Fabricación de muebles, colchones y persianas.
<b>339</b>	Otras industrias manufactureras.

**Continuación Anexo 16. Clasificación de las actividades económicas de acuerdo con el código SCIAN y con el Sector Eléctrico Mexicano desagregado por tipo de tecnología**

<b>Sector Terciario</b>	
<b>431</b>	Comercio al por mayor
<b>461</b>	Comercio al por menor
<b>48-49</b>	Transportes, correos y almacenamiento
<b>51</b>	Información en medios masivos
<b>52</b>	Servicios financieros y de seguros
<b>53</b>	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
<b>54</b>	Servicios profesionales, científicos y técnicos
<b>55</b>	Corporativos
<b>56</b>	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos
<b>61</b>	Servicios educativos
<b>62</b>	Servicios de salud y de asistencia social
<b>71</b>	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos
<b>72</b>	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
<b>81</b>	Otros servicios excepto actividades gubernamentales
<b>93</b>	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales

**Fuente:** Elaboración propia con Información de la MCS 2018 e INEGI.

## Anexo 17. México: Último mes de pago del recibo de luz. 2018

mes_ultim_pago	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Enero	44	0.07%	0.072%
Febrero	68	0.11%	0.184%
Marzo	58	0.10%	0.279%
Abril	105	0.17%	0.452%
Mayo	191	0.31%	0.765%
Junio	1,837	3.02%	3.783%
Julio	8,516	13.99%	17.770%
Agosto	18,820	30.91%	48.681%
Septiembre	16,982	27.89%	76.573%
Octubre	13,166	21.62%	98.198%
Noviembre	1,096	1.80%	99.998%
Diciembre	1	0.002%	100.00%
<b>Total</b>	<b>60,884</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH 2018.

## Anexo 18. México: Tarifas Industriales de Consumo Eléctrico. 2018

Tarifa	Descripción	Tarifa anterior
<b>Tarifas Industriales</b>		
9CU	Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único	SC
9N	Tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola	SC
EA	Acuícola	SC
PDBT	Pequeña demanda (hasta 25 kW-mes) en baja tensión	2, 6
GDBT	Gran demanda (mayor a 25 kW-mes) en baja tensión	3, 6
RABT	Riego agrícola en baja tensión	9
APBT	Alumbrado público en baja tensión	5, 5A
APMT	Alumbrado público en media tensión	5, 5A
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria	HM, HMC, 6
GDMTO	Gran demanda en media tensión ordinaria	OM, 6
RAMT	Riego agrícola en media tensión	9M
DIST	Demanda industrial en subtransmisión	HS, HSL
DIT	Demanda industrial en transmisión	HT, HTL

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE.

**Anexo 19. México: Estructura de consumo eléctrico de las actividades productivas. 2018**

<b>Código de la Actividad Productiva</b>	<b>Participación en el Consumo Eléctrico Nacional (%)</b>
11	0.14%
21P	0.62%
2121	0.16%
21NP	5.30%
221111-1	3.83%
221111-2	0.34%
221111-3	1.67%
221112	0.04%
221113	0.03%
221114	0.30%
221119	0.27%
22112	3.18%
222	4.60%
23	0.33%
311	5.28%
312	1.27%
313-314	1.38%
315-316	0.78%
321	0.18%
322-323	1.84%
324-326	9.97%
327	2.10%
331-332	6.52%
333-335	5.43%
336	11.58%
337	0.29%
339	1.00%
431	3.14%
461	12.52%
48-49	1.37%
51	1.63%
52	1.47%

---

**Continuación Anexo 19. México: Estructura de consumo eléctrico de las actividades productivas. 2018**

<b>Código de la Actividad Productiva</b>	<b>Participación en el Consumo Eléctrico Nacional (%)</b>
<b>53</b>	0.52%
<b>54</b>	0.53%
<b>55</b>	0.16%
<b>56</b>	0.80%
<b>61</b>	0.74%
<b>62</b>	0.85%
<b>71</b>	1.71%
<b>72</b>	3.37%
<b>81</b>	1.23%
<b>93</b>	1.53%

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Censo Económico 2019. Metodología: Proceso de Facturación Inversa. **Nota:** se resaltan en gris, las diez actividades productivas con las mayores participaciones en el consumo final.

**Anexo 20. México: Multiplicadores de producción, salario y valor agregado.  
2018**

<b>México: Efectos Multiplicadores</b>						
<b>Multiplicador</b>	<b>Producción</b>		<b>Salario</b>		<b>Valor Agregado</b>	
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Hacia atrás</b>	<b>Hacia adelante</b>	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>
	<b>O<sub>j</sub></b>	<b>O<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>j</sub></b>		<b>Va<sub>j</sub></b>	
11-Agricultura y ganadería	2.384	<b>3.529</b>	0.278	2.577	1.465	2.279
21 P-Minería petrolera	2.208	2.154	0.205	<b>5.125</b>	1.409	2.075
2121-Minería de carbón mineral	2.275	1.249	0.228	<b>3.891</b>	1.406	2.164
21NP-Minería no petrolera	2.311	1.468	0.277	3.122	1.450	2.184
221111-1 GE en Ciclo Combinado	2.063	1.586	0.237	2.111	0.938	2.648
221111-2 GE en Carboeléctrica	2.028	1.102	0.235	2.096	0.926	<b>3.153</b>
221111-3 Termoeléctrica Convencional	2.234	1.220	0.206	1.832	-0.102	0.170
221112-GE en Hidroeléctrica	2.238	1.133	0.279	2.489	1.401	2.184
221113-GE en Solar Fotovoltaica	2.188	1.009	0.272	2.425	1.530	1.903
221114-GE en Eoloeléctrica	2.210	1.042	0.275	2.452	1.472	2.011
221119-GE Otro tipo de energía limpia	2.110	1.065	0.262	2.332	1.343	2.023
22112-TDC de energía eléctrica	2.181	1.567	0.271	2.415	<b>1.548</b>	1.872
222-Suministro de agua y gas	<b>2.477</b>	1.349	<b>0.374</b>	2.118	1.440	2.437
23-Construcción	2.430	1.530	0.347	2.162	1.433	2.423
331-Industria alimentaria	<b>2.610</b>	<b>5.741</b>	0.251	<b>5.204</b>	1.349	<b>3.687</b>
312-Industria de las bebidas	2.364	1.924	0.218	<b>5.253</b>	1.255	2.776
313-314 Insumos textiles	2.295	1.391	0.314	2.230	1.111	<b>3.154</b>
316-316 Prendas de vestir	2.324	1.507	0.335	2.155	1.172	2.964
321-Industria de la madera	<b>2.603</b>	1.284	0.318	2.709	1.349	<b>3.465</b>
322-323 Industrias del papel	2.254	1.749	0.235	3.129	1.001	<b>3.547</b>
324-326 Petroquímica	2.150	<b>6.019</b>	0.195	<b>3.495</b>	0.975	<b>3.555</b>
327-Minerales no metálicos	<b>2.608</b>	1.446	0.272	<b>4.728</b>	1.226	<b>4.339</b>
331-332 Industrias metálicas	2.339	2.029	0.223	<b>3.833</b>	1.080	<b>3.619</b>
333-335 Maquinaria y equipo	1.648	1.856	0.200	1.790	0.626	2.552
336-Equipo de transporte	1.925	2.669	0.162	<b>3.285</b>	0.762	<b>3.078</b>
337-Fabricación de muebles	<b>2.505</b>	1.146	0.332	2.269	1.255	<b>3.433</b>
339-Otras industrias manufactureras	1.735	1.248	0.222	1.802	0.710	2.556
431-Comercio al por mayor	2.220	<b>3.628</b>	0.197	<b>8.383</b>	<b>1.563</b>	1.909

**Continuación Anexo 20. México: Multiplicadores de producción, salario y valor agregado. 2018**

<b>México: Efectos Multiplicadores</b>						
<b>Multiplicador</b>	<b>Producción</b>		<b>Salario</b>		<b>Valor Agregado</b>	
<b>Actividades Productivas</b>	<b>Hacia atrás</b>	<b>Hacia adelante</b>	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>
461-Comercio al por menor	<b>O<sub>j</sub></b>	<b>O<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>j</sub></b>	<b>Va<sub>j</sub></b>	<b>1.611</b>	<b>2.014</b>
48-49 Transportes y correo	2.301	5.052	0.348	2.083	1.349	2.333
51-Información en medios masivos	2.296	2.392	0.289	3.142	1.384	2.405
52-Servicios financieros y de seguros	2.488	4.031	0.395	2.635	1.614	2.399
53-Servicios inmobiliarios	2.156	6.836	0.182	7.115	1.614	1.780
54-Servicios profesionales	2.436	2.406	0.454	1.889	1.612	2.235
55-Dirección de corporativos	2.334	1.484	0.302	2.908	1.419	2.370
56-Servicios de apoyo a los negocios	2.517	3.376	0.805	1.359	1.776	2.086
61-Servicios educativos	2.574	1.493	0.991	1.282	1.835	2.091
62-Servicios de salud	2.563	1.491	0.729	1.425	1.580	2.468
71-Servicios de esparcimiento	2.414	1.308	0.386	2.427	1.531	2.388
72-Servicios de alojamiento temporal	2.435	2.716	0.350	2.374	1.535	2.303
81-Otros servicios	2.374	2.356	0.477	1.624	1.545	2.161
93-Actividades del Gobierno	2.640	1.019	0.863	1.375	1.650	2.560
<b>Total</b>	<b>96.77</b>	<b>96.77</b>	<b>14.17</b>	<b>121.09</b>	<b>55.15</b>	<b>105.75</b>

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018.

## Anexo 21. Encadenamientos hacia atrás y hacia adelante

Por medio de los multiplicadores de la producción se pueden identificar los tipos de encadenamientos que existen en una determinada economía. Siguiendo la propuesta de Rasmussen (1956) se estimaron los multiplicadores hacia atrás y hacia adelante, o backward y forward linkages, respectivamente, a partir de la Inversa de Leontief del modelo Insumo-Producto<sup>85</sup>.

Los *multiplicadores o encadenamientos hacia atrás*,  $m(o)_j$ , miden la capacidad de un sector de arrastrar a otros ligados a él, por su demanda de bienes de consumo intermedio y, estimulando, a su vez, la actividad de tales sectores. Este tipo de multiplicadores permiten identificar las actividades que actúan como locomotoras del resto de economía, debido a que a ellas están enganchados muchos otros subsectores (Schuschny, 2005).

Se estimaron mediante la suma de cada una de las columnas de la Inversa de Leontief, expresado en la siguiente ecuación:

$$l_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (\text{A.21.1})$$

Dónde:

  $l_{ij}$  = *Coficiente de la Inversa de Leontief*

Estos multiplicadores miden la cantidad de producción adicional que se requeriría en los subsectores de una economía local para satisfacer incremento unitario en la demanda final del subsector  $j$  (en su papel como consumidor/comprador).

Los *multiplicadores o encadenamientos hacia adelante*,  $m(o)_i$ , miden la capacidad de un sector de estimular a otros, en virtud de tener su capacidad de oferta (Schuschny, 2005). Es decir, reflejan el nivel de encadenamiento de una

---

<sup>85</sup> El análogo a la inversa de Leontief en el modelo de Contabilidad Social es la matriz **M** de coeficientes inversos.

actividad en la economía derivado del abasto de insumos que proporciona al resto de las actividades del sistema económico (Dávila, 2002).

Se estimaron mediante la suma de cada una de las filas de la Inversa de Leontief y miden el incremento en la producción del subsector  $i$  (en su papel como productor) que sería necesario para poder abastecer la variación unitaria en la demanda final de la economía local en su conjunto.

$$m(o)_i = \sum_{j=1}^n l_{ij} \quad (\text{A.21.2})$$

A través de estos encadenamientos se pueden clasificar a las actividades en cuatro tipos:

- |  |  |
|--|--|
|  Claves       |  Impulsores     |
|  Estratégicos |  Independientes |

Para ello se grafica en el eje de las abscisas los multiplicadores hacia atrás y en el de las ordenadas los multiplicadores hacia adelante. Ambos ejes se encuentran divididos por una línea cuyo intercepto coincide con el valor de la media aritmética del multiplicador que se representa en dicho eje, formándose cuatro cuadrantes:

-  El Cuadrante I, ubicado en el área superior derecha, contiene a las actividades cuyos multiplicadores tanto hacia atrás como hacia adelante superan a la media, lo cual provoca que se les denomine *claves*, ya que son fuertes demandantes y oferentes, son sectores de paso obligado de los flujos intersectoriales (Schuschny, 2005).
-  El Cuadrante II, ubicado en el área superior izquierda, se encuentra conformado por las actividades con multiplicadores hacia adelante superiores a la media, es decir, que son relevantes por su rol como proveedores o abastecedores, pero que poseen baja demanda de insumos, reflejándose en un multiplicador hacia atrás inferior al promedio. Este tipo de sectores son denominados como *estratégicos* o *bases*.
-  El Cuadrante III, ubicado en el área inferior derecha, contiene a las actividades con efectos de arrastre y difusión inferiores a la media. Se trata

de sectores aislados que no provocan efectos de arrastre significativos en el sistema económico, ni reaccionan en forma relevante ante el efecto de difusión, provocado por las variaciones de la demanda intermedia de otros sectores. A estos sectores se les considera como *independientes*, ya que consumen una cantidad poco significativa de insumos intermedios y dedican la producción a satisfacer, principalmente, a la demanda final (Schuschny, 2005).

- ✚ El Cuadrante IV, área inferior derecha, contiene a los sectores *impulsores* cuyos efectos de arrastre son mayores a la media, pero sus encadenamientos hacia adelante son bajos. Suelen poseer consumo intermedio elevado y una oferta de productos que, mayoritariamente, abastece la demanda final. Por ello, pertenecen a la última fase del proceso productivo (Schuschny, 2005).

#### **Cuadro A.21.1. Clasificación de los sectores en función de sus encadenamientos hacia adelante y hacia atrás**

	<b>BL &lt; Promedio (BL)</b>	<b>BL &gt; Promedio (BL)</b>
<b>FL &gt; Promedio (FL)</b>	Sectores estratégicos	Sectores claves
<b>FL &lt; Promedio (FL)</b>	Sectores independientes	Sectores impulsores

**Fuente:** Elaboración propia con información de Schuschny (2005).

**Nota:** FL hace referencia a forward linkages o multiplicadores hacia adelante o efectos difusión y BL es la abreviación para backward linkages o multiplicadores hacia atrás o efectos arrastre.

El procedimiento descrito anteriormente se aplicó utilizando la Matriz de Coeficientes Inversos resultante de la Matriz Nacional de Contabilidad Social construida para representar las transacciones realizadas en México durante el 2018.

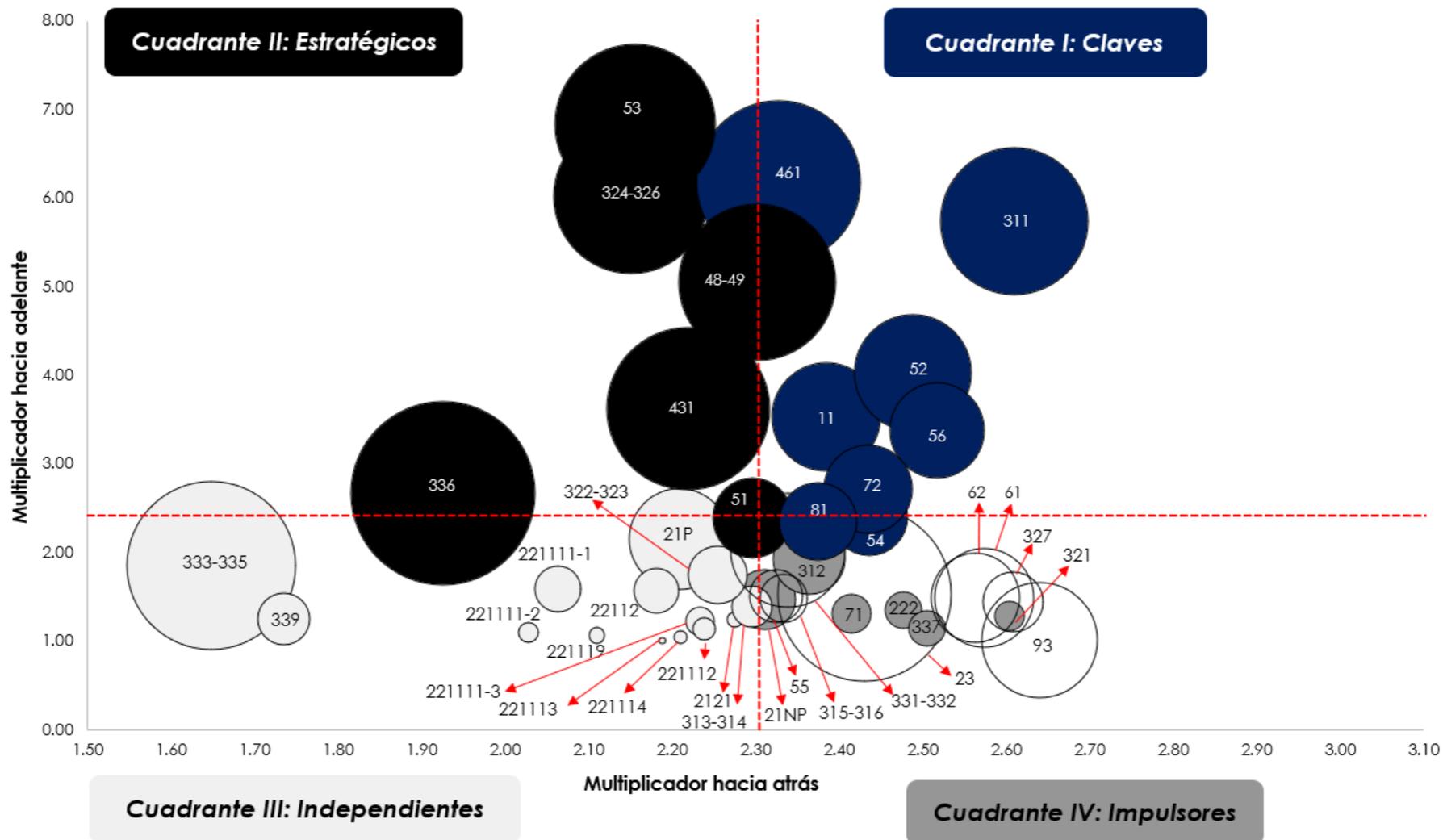
En la siguiente gráfica y cuadro se muestra la clasificación de las 42 actividades productivas en función de sus encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, los cuales se muestran en el Anexo 20. El tamaño de la burbuja mide la participación (%) de cada actividad productiva en el PIB del 2018.

Cuadro A.21.2. México: Clasificación de las Actividades Productivas. 2018

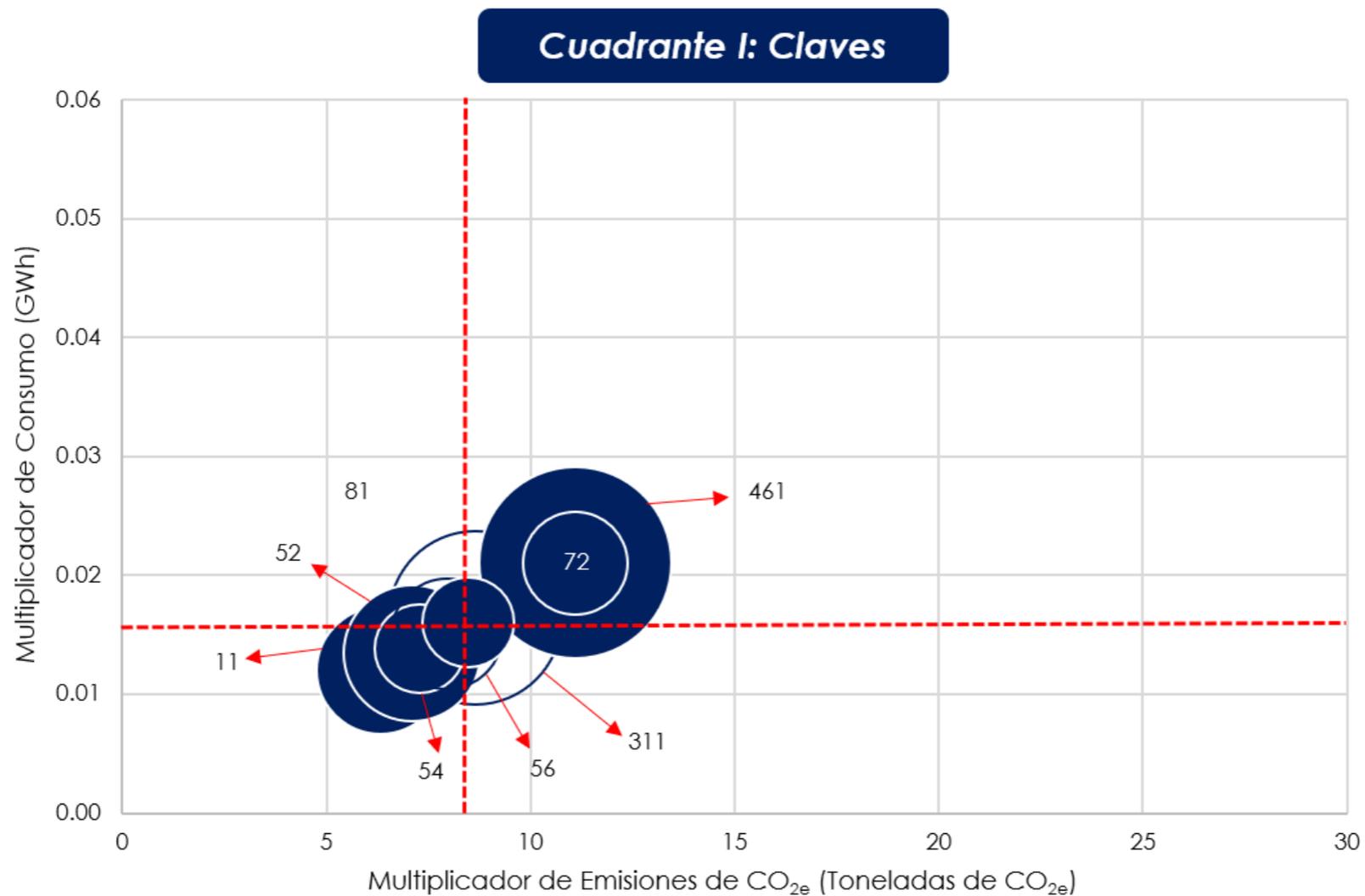
<b>Clasificación de las Actividades Productivas</b>			
<b><i>Estratégicos</i></b>	<b><i>Claves</i></b>	<b><i>Independientes</i></b>	<b><i>Impulsores</i></b>
324-326	11	21 P	21 NP
336	311	2121	222
431	461	221111-1	23
48-49	52	221111-2	312
51	54	221111-3	315-316
53	56	221112	321
	72	221113	327
	81	221114	331-332
		221119	337
		22112	55
		313-314	61
		322-323	62
		333-335	71
		339	93

**Fuente:** Elaboración propia con información de Schuschny (2005) y Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018.

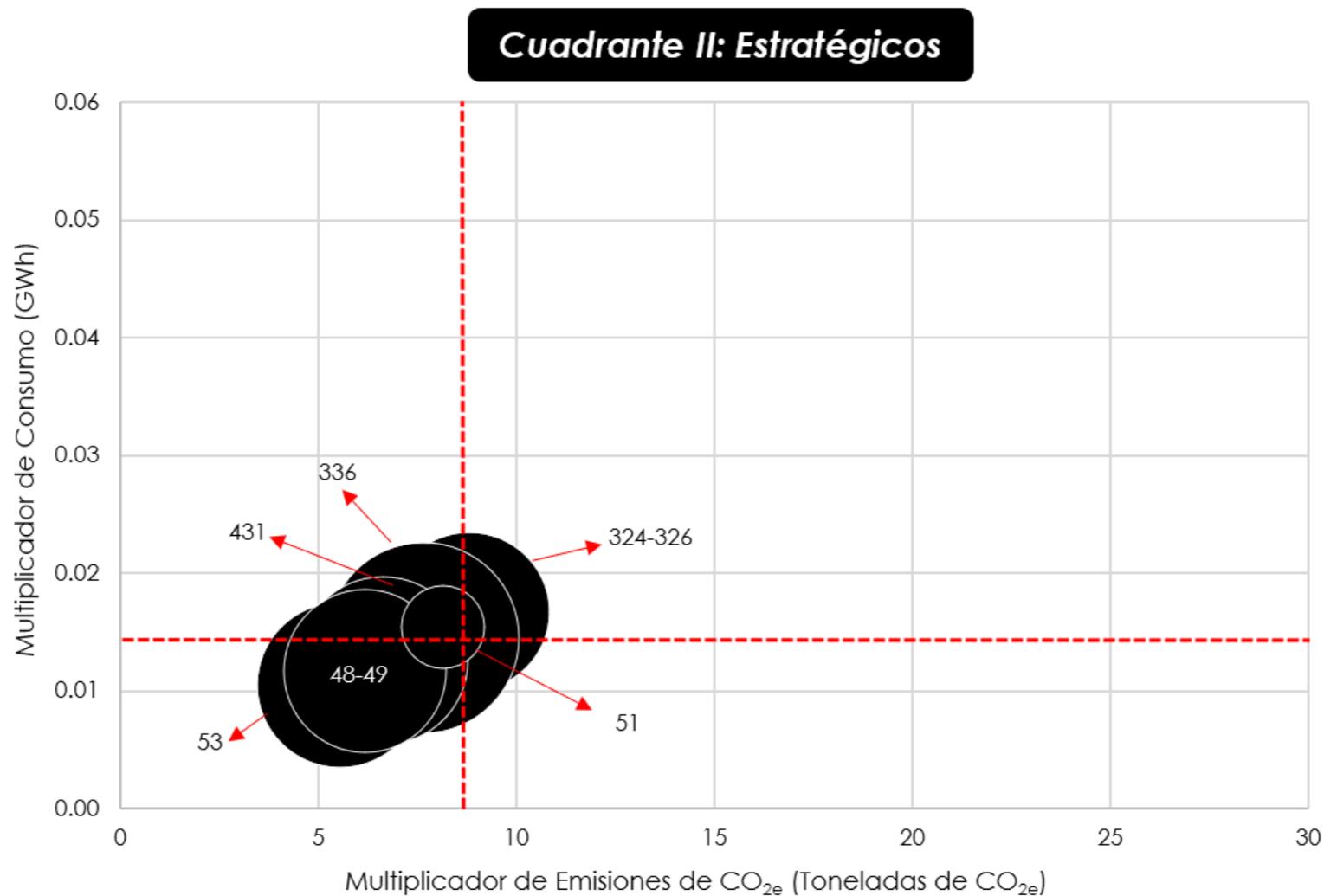
Gráfica A.21.1. México: Clasificación de las Actividades Productivas. 2018



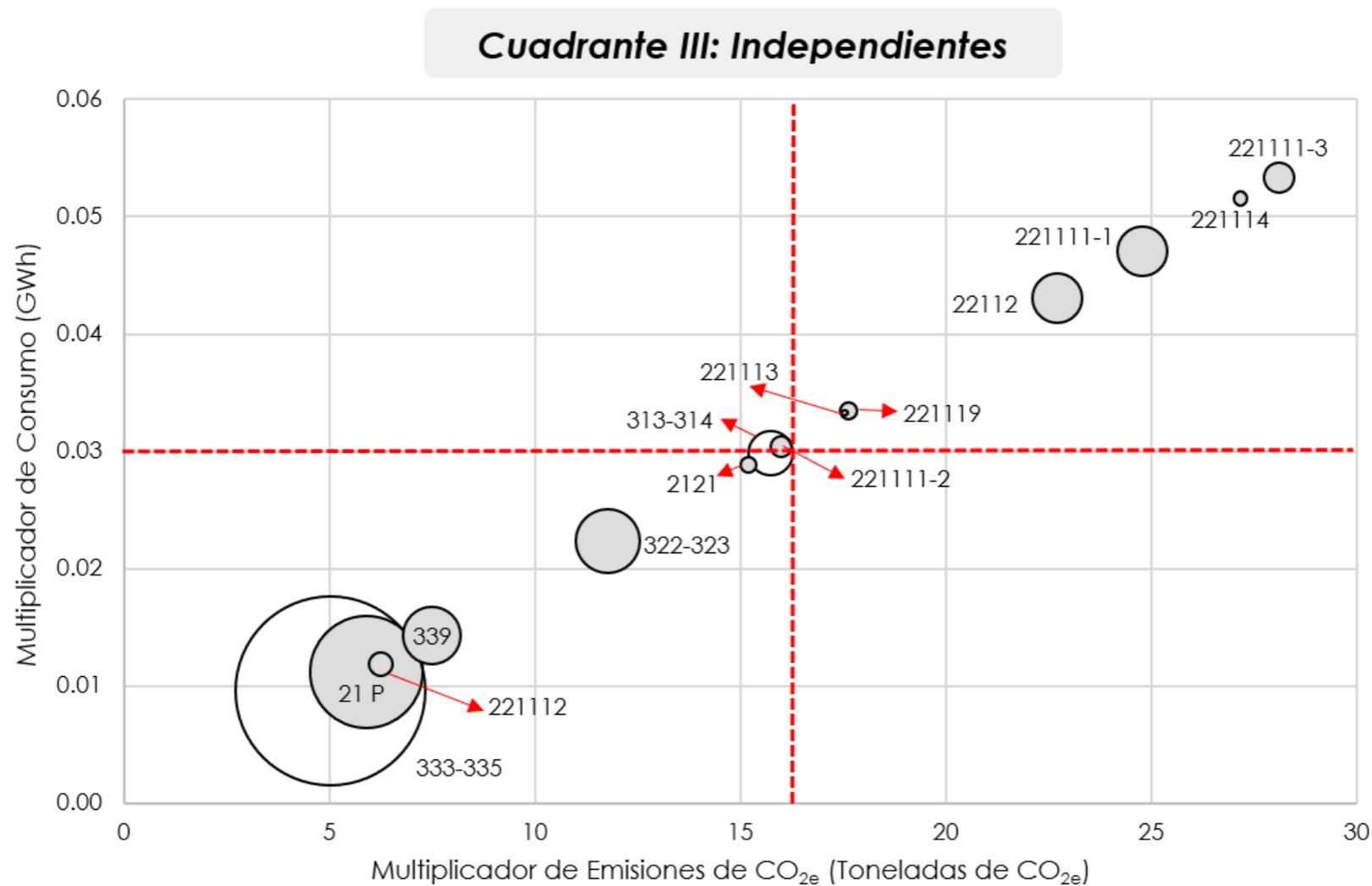
Fuente: Elaboración propia con información de Schuschny (2005) y Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador.

Anexo 22. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los sectores Claves. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

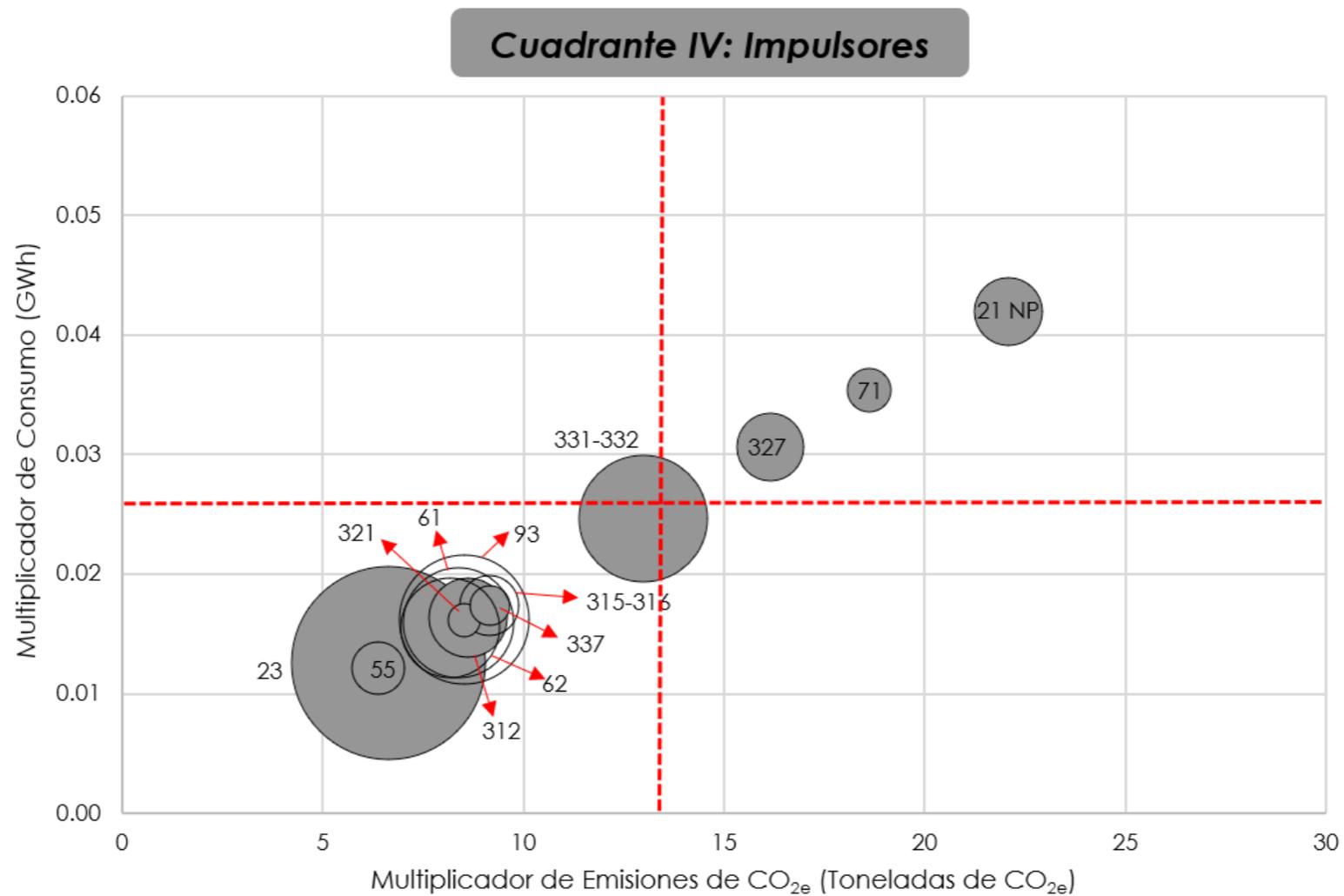
**Fuente:** Elaboración propia con información de la Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador.

Anexo 23. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los sectores Estratégicos. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador.

Anexo 24. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los sectores Independientes. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador.

Anexo 25. México: Multiplicadores de Consumo y Emisiones de CO<sub>2e</sub> de los sectores Impulsores. GWh y Toneladas de CO<sub>2e</sub>. 2018

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Matriz Nacional de Contabilidad Social 2018. Las líneas punteadas en color rojo representan la media de cada multiplicador.

## Anexo 26. Elasticidades de consumo eléctrico y emisiones de CO<sub>2e</sub>

Las elasticidades permiten medir el efecto de un estímulo de demanda final en términos porcentuales.

Al cambio porcentual en el consumo eléctrico -o emisiones de CO<sub>2e</sub>- que se genera debido a la alteración del 1% en la demanda final del sector j, se le conoce como elasticidad de consumo eléctrico -o de emisiones de CO<sub>2e</sub>- del sector j y se calculan de la siguiente forma:

$$oe_{j_{GWh}} = 100 \times \left( \frac{i' \Delta x}{i' x} \right) = 100 \times \alpha_{GWh_j} [(0.01) f_j / i' x] = \alpha_{GWh_j} [f_j / i' x] \quad (\text{A.26.1})$$

$$oe_{j_{CO_{2e}}} = 100 \times \left( \frac{i' \Delta x}{i' x} \right) = 100 \times \alpha_{ton CO_{2e}_j} [(0.01) f_j / i' x] = \alpha_{ton CO_{2e}_j} [f_j / i' x] \quad (\text{A.26.2})$$

Dónde:

- ✚  $\alpha_{GWh_j}$ : Multiplicador total de consumo de energía eléctrica del sector j.
- ✚  $\alpha_{ton CO_{2e}_j}$ : Multiplicador total de emisiones de CO<sub>2e</sub> del sector j.
- ✚  $f_j$ : Demanda final del sector j.
- ✚  $i' x$ : Producción bruta total a nivel nacional.

De acuerdo con las ecuación anteriores, la elasticidad del consumo eléctrico -emisiones de CO<sub>2e</sub>- se obtiene de multiplicar la participación de la demanda final del j-ésimo sector en la producción bruta total nacional del 2018 por el multiplicador de consumo eléctrico -emisiones de CO<sub>2e</sub>- de dicha actividad productiva.

## Anexo 27. Descomposición de los multiplicadores de la Matriz de Contabilidad Social

### Descomposición Multiplicativa de los multiplicadores de la MCS

Para poder identificar los distintos efectos que se combinan en la matriz de multiplicadores totales (**M**) de contabilidad social, Pyatt y Round (1985) desarrollaron un método de descomposición multiplicativa de los mismos. Dicho

procedimiento permite calcular tres matrices ( $\mathbf{M}_1, \mathbf{M}_2, \mathbf{M}_3$ ) cuyo producto reproduce la matriz  $\mathbf{M}$ , cómo se muestra en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{M} = (\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1} = \mathbf{M}_3 \mathbf{M}_2 \mathbf{M}_1 \quad (\text{A.28.1})$$

$\mathbf{M}_1$  se denomina *matriz de multiplicadores propios, intragrupo o de efecto directo* ya que incluyen lo que se conoce como multiplicadores interindustriales de Leontief  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ , los cuales muestran como los efectos se transmiten a otras industrias ante un shock exógeno en un determinado sector (es). Sin embargo, los efectos transmitidos hacia o desde otros sectores en otras particiones son excluidos.

Adoptando la notación propuesta por Holland y Wyeth (1993) y retomada posteriormente por Miller y Blair (2009), la matriz  $\mathbf{M}_1$  se calcula de la siguiente forma:

$$\mathbf{M}_1 = \begin{bmatrix} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & (\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1} \end{bmatrix} \quad (\text{A.28.2})$$

$\mathbf{M}_2$  se conoce como *matriz de multiplicadores extragrupal, de circuito abierto o indirectos*. Cuando un sector se ve afectado por un shock externo, estos multiplicadores muestran los efectos que se transmiten a otras particiones, sin embargo, no hay retroalimentación hacia el sector donde se originó, es decir, son efectos externos de una sola dirección. Al excluirse cualquier impacto en el bloque de origen, la diagonal principal se encuentra conformada por matrices identidad ( $\mathbf{I}$ ).

$$\mathbf{M}_2 = \begin{bmatrix} \mathbf{I} & (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{C} (\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1} \mathbf{Y} & (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{C} \\ \mathbf{V} & \mathbf{I} & \mathbf{V} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{C} \\ (\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1} \mathbf{Y} \mathbf{V} & (\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1} \mathbf{Y} & \mathbf{I} \end{bmatrix} \quad (\text{A.28.3})$$

Finalmente,  $\mathbf{M}_3$  contiene los *multiplicadores intergrupales, de circuito cerrado o cruzados*. Muestra cómo viajan los efectos de un shock externo desde el bloque inicial a través de todas las particiones y de regreso hacia dónde se originó el cambio, es decir, capta los efectos de retroalimentación. Como un shock debe comenzar y terminar en el mismo grupo de sectores, esta matriz, al igual que  $\mathbf{M}_1$ , es de bloque diagonal (Holland y Wyeth, 1993).

$$\mathbf{M}_3 = \begin{bmatrix} [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{C}(\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1}\mathbf{YV}]^{-1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & [\mathbf{I} - \mathbf{V}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{C}(\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1}\mathbf{Y}]^{-1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{H})^{-1}\mathbf{YV}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{C}]^{-1} \end{bmatrix}$$

(A.28.4)

### Descomposición Aditiva o de Stone de los multiplicadores de la MCS

En algunos tipos de análisis que involucran multiplicadores resulta más conveniente su descomposición en forma de suma, en lugar de su multiplicación secuencial. Estos multiplicadores "aditivos" fueron propuestos por Richard Stone (1985) y luego desarrollados por Pyatt y Round (1985) (Miller y Blair, 2009). La agregación de estos da como resultado la matriz de multiplicadores totales ( $\mathbf{M}$ ):

$$\mathbf{M} = (\mathbf{I} - \mathbf{S})^{-1} = \mathbf{N}_1 + \mathbf{N}_2 + \mathbf{N}_3 \quad (\text{A.28.5})$$

Dónde:

- 1)  $\mathbf{N}_1$ : Matriz de multiplicadores propios, intragrupalos o de efectos directos

$$\mathbf{N}_1 = \mathbf{M}_1 \quad (\text{A.28.6})$$

- 2)  $\mathbf{N}_2$ : Matriz de multiplicadores extragrupalos, indirectos o de circuito abierto

$$\mathbf{N}_2 = \mathbf{M}_2\mathbf{M}_3\mathbf{M}_1 - \mathbf{M}_3\mathbf{M}_1 \quad (\text{A.28.7})$$

- 3)  $\mathbf{N}_3$ : Matriz de multiplicadores intergrupales, cruzados o de circuito cerrado

$$\mathbf{N}_3 = \mathbf{M}_3\mathbf{M}_1 - \mathbf{M}_1 \quad (\text{A.28.8})$$

**Anexo 28. México: Descomposición de los multiplicadores de producción bruta de las actividades productiva en efecto inicial, directo, indirecto e inducido. 2018**

Efecto Actividad	INICIAL		DIRECTO		INDIRECTO		INDUCIDO		MT^
	MI*	%	MD**	%	MID'	%	MIN''	%	
11	1	42%	0.27	11%	0.12	5%	1.00	42%	2.38
21 P	1	45%	0.20	9%	0.07	3%	0.94	42%	2.21
2121	1	44%	0.25	11%	0.09	4%	0.94	41%	2.27
21NP	1	43%	0.24	11%	0.08	4%	0.99	43%	2.31
221111-1	1	48%	0.29	14%	0.12	6%	0.66	32%	2.06
221111-2	1	49%	0.29	14%	0.09	5%	0.65	32%	2.03
221111-3	1	45%	0.84	38%	0.39	18%	0.00	0%	2.23
221112	1	45%	0.22	10%	0.06	3%	0.96	43%	2.24
221113	1	46%	0.12	6%	0.03	2%	1.03	47%	2.19
221114	1	45%	0.16	7%	0.05	2%	1.00	45%	2.21
221119	1	47%	0.15	7%	0.04	2%	0.91	43%	2.11
22112	1	46%	0.11	5%	0.03	1%	1.04	48%	2.18
222	1	40%	0.34	14%	0.14	6%	1.00	40%	2.48
23	1	41%	0.30	12%	0.13	5%	1.00	41%	2.43
331	1	38%	0.50	19%	0.19	7%	0.91	35%	2.61
312	1	42%	0.36	15%	0.16	7%	0.85	36%	2.36
313-314	1	44%	0.37	16%	0.14	6%	0.79	34%	2.30
316-316	1	43%	0.35	15%	0.14	6%	0.83	36%	2.32
321	1	38%	0.48	18%	0.19	7%	0.94	36%	2.60
322-323	1	44%	0.40	18%	0.16	7%	0.69	31%	2.25
324-326	1	47%	0.37	17%	0.12	5%	0.66	31%	2.15
327	1	38%	0.55	21%	0.22	8%	0.84	32%	2.61
331-332	1	43%	0.43	18%	0.17	7%	0.74	32%	2.34
333-335	1	61%	0.14	9%	0.05	3%	0.45	27%	1.65
336	1	52%	0.29	15%	0.11	6%	0.52	27%	1.92
337	1	40%	0.45	18%	0.18	7%	0.88	35%	2.51
339	1	58%	0.16	9%	0.06	4%	0.51	29%	1.73
431	1	45%	0.15	7%	0.05	2%	1.03	46%	2.22
461	1	43%	0.16	7%	0.05	2%	1.12	48%	2.33
48-49	1	43%	0.26	11%	0.09	4%	0.95	41%	2.30
51	1	44%	0.28	12%	0.07	3%	0.95	41%	2.30
52	1	40%	0.29	12%	0.08	3%	1.12	45%	2.49

**Continuación Anexo 28. México: Descomposición de los multiplicadores de producción bruta de las actividades productiva en efecto inicial, directo, indirecto e inducido. 2018**

Efecto Actividad	INICIAL		DIRECTO		INDIRECTO		INDUCIDO		MT <sup>^</sup>
	MI*	%	MD**	%	MID <sup>'</sup>	%	MIN <sup>''</sup>	%	
53	1	46%	0.08	4%	0.02	1%	1.06	49%	2.16
54	1	41%	0.23	9%	0.06	3%	1.15	47%	2.44
55	1	43%	0.28	12%	0.09	4%	0.97	42%	2.33
56	1	40%	0.12	5%	0.04	1%	1.36	54%	2.52
61	1	39%	0.09	3%	0.03	1%	1.46	57%	2.57
62	1	39%	0.26	10%	0.09	3%	1.21	47%	2.56
71	1	41%	0.28	12%	0.07	3%	1.06	44%	2.41
72	1	41%	0.27	11%	0.10	4%	1.06	44%	2.43
81	1	42%	0.20	9%	0.06	3%	1.11	47%	2.37
93	1	38%	0.26	10%	0.08	3%	1.30	49%	2.64
<b>Promedio</b>	<b>1.00</b>	<b>44%</b>	<b>0.28</b>	<b>12%</b>	<b>0.10</b>	<b>4%</b>	<b>0.92</b>	<b>40%</b>	<b>2.30</b>

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Matriz Nacional de Contabilidad Social del 2018. Para cada columna se resaltan en negro las cinco actividades con las participaciones más altas. Y en gris claro las cinco actividades con las participaciones más pequeños.

**Nota:** \*Multiplicador Inicial. \*\*Multiplicador Directo. 'Multiplicador Indirecto. ''Multiplicador Inducido.

<sup>^</sup>Multiplicador Total del Producción Bruta.

## Anexo 29. Funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista y Precios Marginales Locales

### Mercado en Día de Adelanto y Mercado en Tiempo Real

Luego de que el mercado de la Industria Eléctrica en México se abriera a la competencia, se generaron nuevas necesidades a cubrir con el objetivo de darle a este nuevo sistema cualidades y atributos de competitividad, suficiencia y eficiencia. Para ello, una de las medidas que se tomaron mediante la emisión de las Bases del Mercado Eléctrico, fue la creación de un sistema comercial que tuviera bien definidos cada uno de sus brazos de acción y operación, el cual es denominado el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Así, las operaciones en el MEM se segmentaron en cinco áreas: la primera de ellas es el Mercado de Corto Plazo, mismo que engloba a la venta y compra tanto de Energía como de Servicios Conexos.

**Figura A.29.1. México: Áreas del Mercado Eléctrico Mayorista**



Fuente: CENACE.

En el caso de la venta y compra de energía, el MEM ha establecido que para promover la competencia y un ambiente en el que prevalezca la igualdad de condiciones para los Participantes del Mercado, este intercambio se dé bajo la regla

de comparar las ofertas de generación con las de compra (demanda), incluyendo además ofertas de importación/exportación así como ofertas de Servicios Conexos, de forma que los precios de la energía se basen siempre en criterios de eficiencia económica y seguridad de despacho.

Por tanto, la energía en México se compra y se vende bajo el modelo del Mercado de Corto Plazo, el cual inició operaciones entre enero y marzo de 2016 para los sistemas eléctricos interconectados en México, y que básicamente funciona de la siguiente forma:

Los Participantes presentan Ofertas de venta y compra ante el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), entidad encargada de revisarlas, optimizarlas y establecer las medidas de operación del mercado (precios marginales –energía, congestión y pérdidas–, instrucciones de arranque, mínimos de reserva, etc.). De esta forma, se crea un mercado que vende y compra según mediciones horarias, lo que permite que los costos estén relacionados siempre con la demanda y la ubicación geográfica de la misma.

De este análisis es de donde salen los precios nodales (nodos de inyección y retiro de energía) y los parámetros bajo los que se debe operar el mercado, mismos que permiten que se compre y venda energía hasta en tres formatos:

- 1) ***Mercado de Día en Adelanto (MDA)***, se rige en 24 precios presentados, los cuales son equivalentes a las 24 horas del día.
- 2) ***Mercado de Tiempo Real (MTR)***, ofrece energía para su compra inmediata, para el mismo día, atendiendo en tiempo real las diferencias del programa del MDA;
- 3) ***Mercado de Hora en Adelanto (MHA)***, en el que la oferta y la demanda se actualizan con tan sólo una hora de anticipación, pero que aún no está en operación por corresponder a la Segunda Etapa de operación del MEM.

Para que esto funcione, diariamente se hacen las llamadas Liquidaciones de energía, mismas que consisten en lo siguiente: los representantes de los Usuarios

Calificados y de Servicio Básico hacen una estimación de cuánta energía van a consumir sus centros de consumo, y se les asigna esa energía con el precio del MDA; sin embargo, no los pagan sino hasta 10 días después, una vez que se compara lo asignado en el MDA con lo que realmente se consumió y, en caso de haberse consumido menos energía, hay una devolución; si por el contrario, se consume más energía de la asignada, ésta debe adquirirse adicionalmente. Tanto la devolución como la adquisición adicional se realizan en el MTR, al precio en que esté valuada en ese momento y en el nodo correspondiente.

### *Precios Marginales Locales (PML)*

Como parte de la implementación de la reforma energética en materia de electricidad, en enero de 2016 inició operaciones el Mercado Eléctrico Mayorista, el cual incluye un Mercado de Energía de Corto Plazo que comprende un Mercado del Día en Adelanto (MDA) y un Mercado de Tiempo Real (MTR). En el Mercado de Energía de Corto Plazo los participantes del mercado realizan transacciones de compraventa de energía eléctrica basadas en *Precios Marginales Locales (PML)*. Desde esa fecha, el CENACE determina los PML, en cada NodoP<sup>86</sup> y en cada NodoP Distribuido<sup>87</sup> (NodoD), para el despacho económico de las Unidades de Centrales Eléctricas.

De conformidad con la fracción XXX del artículo 3 de la LIE, el PML se define como el “Precio de la energía eléctrica en un nodo determinado del Sistema Eléctrico Nacional para un periodo definido, calculado de conformidad con las Reglas del Mercado y aplicable a las transacciones de energía eléctrica realizadas en el Mercado Eléctrico Mayorista”.

---

<sup>86</sup> Corresponde a uno o varios nodos de conectividad de la red y en él se modela una inyección o retiro físicos de energía. En cada NodoP se determina el precio de la energía para las liquidaciones financieras en el Mercado Eléctrico Mayorista. Existen nueve ámbitos regionales a los cuales puede pertenecer el NodoP: Baja California, Baja California Sur, Central, Noreste, Noroeste, Norte, Occidental, Oriental y Peninsular.

<sup>87</sup> Zona de Carga.

El PML representa el costo marginal de suministrar, al mínimo costo, 1 MW adicional de demanda en un determinado nodo de la red eléctrica. Equivale al incremento en los costos variables de la generación del sistema eléctrico por suministrar 1 MW adicional de demanda en un determinado nodo de la red eléctrica.

Por lo tanto, los PML del Mercado de Corto Plazo se determinan en cada nodo del sistema con base en tres componentes:

- ✚ Componente de energía: representa el costo marginal de energía en el nodo de referencia del sistema interconectado correspondiente.
- ✚ Componente de pérdidas: es el costo marginal causado por el aumento de pérdidas en la red al suministrar 1 MW adicional de la demanda en el nodo  $i$ .
- ✚ Componente de congestión: es el costo marginal causado por las restricciones de transmisión al suministrar 1 MW adicional en el nodo  $i$ . Este componente es igual a cero si no se presentan restricciones activas de transmisión.

### Anexo 30. Tasas Medias de Crecimiento Anual Históricas del PBT. %. 2007-2021

Actividades Productivas	TMCA* Histórica 2007-2021 (%)	Participación de la DF** en el PBT (%)	Tasa aplicada a la DF (%)
11-Agricultura	1.74%	22.9%	0.40%
21P-Minería petrolera	-3.35%	55.1%	-1.85%
2121-Minería de carbón mineral	-3.86%	26.1%	-1.01%
21NP-Minería no petrolera	2.20%	36.9%	0.81%
222-Suministro de agua y gas por ductos	1.38%	0.2%	0.00%
23-Construcción	-1.06%	90.1%	-0.96%
311-Industria alimentaria	1.73%	6.1%	0.11%
312-Industria de las bebidas	2.52%	17.2%	0.43%
313-314- Insumos textiles	-1.13%	30.2%	-0.34%
315-316- Prendas de vestir	-2.15%	25.3%	-0.54%
321-Industria de la madera	0.49%	15.8%	0.08%
322-323-Industrias del papel	1.81%	23.1%	0.42%
324-326-Derivados del petróleo y del carbón	-2.69%	28.4%	-0.76%
327-Minerales no metálicos	0.46%	21.7%	0.10%
331-332-Industrias metálicas	-0.62%	47.9%	-0.30%
333-335-Maquinaria y equipo	0.70%	87.2%	0.61%
336- Equipo de transporte	3.16%	72.0%	2.27%
337-Fabricación de muebles	-0.29%	45.1%	-0.13%
339-Otras industrias manufactureras	3.31%	63.4%	2.10%
431-Comercio al por mayor	2.81%	62.9%	1.76%
461-Comercio al por menor	1.51%	15.1%	0.23%
48-49-Transportes y correos	1.23%	27.3%	0.34%
51-Información en medios masivos	4.32%	-0.5%	-0.02%
52-Servicios financieros y de seguros	6.52%	4.2%	0.27%
53-Servicios inmobiliarios y de alquiler	1.84%	0.9%	0.02%
54-Servicios profesionales	1.00%	2.8%	0.03%
55-Dirección de corporativos y empresas	2.97%	0.0%	0.00%
56-Servicios de apoyo a los negocios	-0.20%	0.3%	0.00%
61-Servicios educativos	0.54%	76.5%	0.42%
62-Servicios de salud	2.25%	71.7%	1.62%
71-Servicios de esparcimiento	-1.33%	8.2%	-0.11%
72-Servicios de alojamiento temporal	-0.87%	0.3%	0.00%
81-Otros servicios	-0.07%	-1.2%	0.00%
93-Actividades del Gobierno	1.93%	99.4%	1.92%

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Cuentas Nacionales de INEGI. **Nota:** \*TMCA: Tasa media de crecimiento anual. \*\*DF: Demanda Final.