



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO  
DE MÉXICO**



---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**“DEPENDENCIA ENERGÉTICA EN MÉXICO Y SUS EFECTOS ECONÓMICOS,  
DURANTE EL PERIODO 2000-2020”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN ECONOMÍA**

PRESENTA:

**LUIS AHIEZER ISLAS TAMARÍZ**

ASESORA:

**DRA. EN M. E. A. REYNA VERGARA GONZÁLEZ**

REVISORES:

**LIC EN E. LUIS ENRIQUE MARTÍNEZ HERNÁNDEZ**

**DRA. EN C.E.A. MARLEN ROCÍO REYES HERNÁNDEZ**

**DRA. C. ANNEL HURTADO JARAMILLO**

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

FEBRERO 2026

## Contenido

Índice de Gráficas, Ilustraciones y Tablas .....	3
1 Marco Teórico - Dependencia energética y sus efectos económicos .....	11
1.1 Tipos de energía y su clasificación.....	13
1.1.1 Energías no renovables y renovables.....	14
1.2 Principales usos humanos de las fuentes de energía.....	15
1.3 Dependencia energética .....	16
1.3.1 Seguridad energética.....	18
1.3.2 Efectos económicos de la dependencia energética .....	19
1.4 Beneficios de la seguridad e independencia energética.....	20
1.5 Economía de la energía .....	21
2 Consumo, producción de energía y crecimiento económico global y en México ....	27
2.1 Consumo mundial de energía primaria por fuente.....	28
2.1.1 Producción mundial de energía primaria y secundaria por fuente .....	37
2.2 Crecimiento económico global .....	43
3 Matriz y balance de energía en México .....	47
3.1 Matriz y Balance energético en México, 2000-2020.....	48
3.2 Consumo nacional de energía .....	50
3.3 Consumo del sector energético .....	52
3.4 Fuentes de energía primaria y secundaria en México .....	53
3.5 Consumo final de energía .....	59
3.5.1 Consumo energético.....	60
3.5.2 Recirculaciones y diferencia estadística.....	62
3.6 Producción y generación de energía.....	66
3.6.1 Transformación y refinación .....	66
3.6.2 Almacenamiento .....	69
3.6.3 Redes de distribución de energía .....	70
4 Efectos económicos en México 2000-2020.....	71
4.1 Crecimiento económico en México en el periodo 2000-2020 .....	72
4.1.1 Exportaciones e importaciones .....	72
4.1.2 Precio de las energías .....	73
4.1.3 Balanza de Pagos .....	75

4.2	Otros efectos sobre la economía mexicana (Ecuaciones y resultados).....	76
4.3	Recomendaciones y sugerencias .....	83
	Conclusiones .....	86
	Bibliografía y fuentes de información.....	91
	Anexos .....	95

## Índice de Gráficas, Ilustraciones y Tablas

Gráfica 2.1.1 : Consumo mundial de energía por fuente en el año 2020 (TWh) .....	28
Gráfica 2.1.2 : Porcentaje de consumo global de energía primaria por fuente, 2020-2020 .....	30
Gráfica 2.1.3 : Consumo global final total por fuente, 2000-2020 (Millones de TJ).....	31
Gráfica 2.1.4 : Porcentaje de consumo global final total por fuente, 2000-2020 (TJ).....	31
Gráfica 2.1.5 : Consumo de energía primaria por fuente y por países 2000-2020, consumo en 2020 (TWh).....	33
Gráfica 2.1.6 : Porcentaje de consumo de energía primaria por fuente y por países, 2000 y 2020 (TWh).....	35
Gráfica 2.1.7 : Porcentaje de Oferta global total por fuente, 2000-2020.....	36
Gráfica 2.1.8 : Producción de electricidad por fuente , 2000-2020 (TW/h).....	37
Gráfica 2.1.9 : Visión general de la energía primaria en Estados Unidos, 2015-2022 (Cuatrillones de BTU) .....	39
Gráfica 2.1.10 : Consumo de energía por fuente en Rusia, 2000-2022 (TWh) .....	40
Gráfica 2.2.1 : Tasa de crecimiento económico, 2000-2020.....	44
Gráfica 2.2.2 : Relación entre las tasas de consumo de energía primaria mundial y crecimiento del PIB mundial, 2000-2020.....	45
Gráfica 2.2.3 : Producto Interno Bruto por países, 2020-2020 (GDP USD) .....	46
Gráfica 2.2.4 : oferta total y consumo final total global, 2000-2020 (millones de tj).....	47
Gráfica 3.2.1 : Evolución del Consumo nacional de energía por Rubro en México, 2000-2020 (PJ) .....	51
Gráfica 3.4.1 : Consumo de energía primaria en México, 2020-2020 (TWh).....	53
Gráfica 3.4.2 : Importaciones de energía primaria en México, 2000-2020 (PJ).....	54
Gráfica 3.4.3 : Exportaciones de energía primaria en México, 2000-2020 (PJ) .....	55
Gráfica 3.4.4 : Consumo final energético total por combustible (energía secundaria) en México, 2000-2020 (PJ) .....	56
Gráfica 3.4.5 : Consumo final energético total por combustibles de petrolíferos en México, 2000-2020 (PJ) .....	56
Gráfica 3.4.6 : Importaciones de energía secundaria en México, 2000-2020 (PJ) .....	58
Gráfica 3.4.7 : Exportaciones de energía secundaria en México, 2000-2020 (PJ) .....	58
Gráfica 3.5.1 : Consumo energético total en México por sector, 2000-2000 (PJ).....	61
Gráfica 3.5.2 : Consumo de energía en los sectores Residencial, Comercial y Público en México, 2000-2000 (PJ) .....	62

Gráfica 3.5.3 : Consumo de energía del sector Industrial en México, 2000-2000 (PJ) .....	63
Gráfica 3.5.4 : Consumo de energía en el sector Transporte, 2000-2000 (PJ) .....	64
Gráfica 3.5.5 : Consumo de energía en el sector agropecuario, 2000-2000 (PJ) .....	65
Gráfica 3.6.1 : Producción de energía primaria, 2000-2020 (PJ) .....	66
De manera general la producción de energía primaria ha venido descendiendo de forma constante en todos sus tipos de fuentes de energía (Gráfica 3.6.2). .....	66
Gráfica 3.6.3 : Producción de energía secundaria, 2020-2020 (PJ) .....	68
Gráfica 3.6.4 : Producción de energía secundaria detallada, 2020-2020 (PJ) .....	68
Gráfica 3.6.5 : Importaciones de energía secundaria, 2020-2020 (PJ) .....	69
Gráfica 4.1.1 : Producto Interno Bruto en México, 2000-2020 (Millones de pesos) .....	72
Gráfica 4.1.2 : INPC: Energéticos, Base 2Q Jul 2018, 2000-2020 (Índice) .....	73
gráfica 4.1.3 : Precio relativo de la energía, base 2q jul 2018, 2000-2020 (índice) .....	74
Gráfica 4.1.4 : Cuenta corriente (I - II), 2002-2023 (millones de dólares) .....	75
Ilustración 1 : Países clasificados como desarrollados, 2022 .....	34
Tabla 3.2.1 : Consumo nacional de energía por rubro, 2020 (PJ) .....	50
Tabla 3.4.1 : Importaciones Mexicanas de Energía Primaria por país de origen, 2020 (PJ) .....	59
Tabla 4.2.1 : Pruebas de raíces unitarias ADF Y PP .....	78

## Introducción

Que un país no pueda satisfacer las necesidades energéticas nacionales tiene efectos negativos más allá del abastecimiento y aprovisionamiento de energía. La energía sea primaria o secundaria, es necesaria para la realización de actividades humanas que permiten que un país crezca económicamente.

Globalmente las fuentes de energía se destinan principalmente para la generación y consumo de electricidad, combustibles<sup>1</sup> o generación de calor. La clasificación del consumo final nos permite darnos una idea de la importancia de la seguridad energética de un país, esta clasificación se divide a nivel sectorial en cuatro sectores: transporte; industrial; residencial y comercial; y generación de electricidad.

Cuando un país no puede abastecer sus propias necesidades energéticas en demanda y consumo, este tiene problemas de seguridad energética y depende de las importaciones de energía de otros países, por lo tanto, se le considera un país con dependencia energética.

Para la Unión Europea la seguridad energética es una de sus políticas prioritarias, mientras que algunos autores definen la seguridad energética como un bien o servicio público. La dependencia energética indica el grado de control sobre las fuentes de suministro de energía de un país. Las variables de dependencia se relacionan con el grado de autosuficiencia en el abastecimiento energético, la diversificación de orígenes y las relaciones de interdependencia entre el país importador y suministrador. Por su parte, la vulnerabilidad es la capacidad de minimizar el impacto sobre la economía y la sociedad de un eventual corte de las fuentes de suministro o de un shock de precios de las materias primas energéticas (Avedillo y Muñoz, 2007).

México siendo un país globalizado con una economía de mercado abierto que importa y exporta bienes y servicios, demanda y consume grandes cantidades de energía, en vías de desarrollo con importante participación del sector secundario y terciario de servicios. Se espera que el país siga creciendo y aumenten las cantidades de demanda y consumo de energía. En lo general, la economía mexicana es una economía diversa y con una demanda creciente y variada de diversas fuentes de energía. El país demanda cada año, mayores cantidades de energía y en más variedades, especialmente energía secundaria o final, es decir, fuentes de energía que ya han sido transformadas para su consumo y uso práctico, los ejemplos más claros son: combustibles energéticos o la electricidad.

---

<sup>1</sup> Los combustibles se clasifican en dos categorías: para generar calor o electricidad y para automoción. Los combustibles para generar calor o electricidad pueden estar compuestos por uno o más elementos químicos. Los combustibles para automoción (movilidad) son sustancias químicas cuyo contenido de energía se utiliza en sistemas técnicos para generar fuerza o crear propulsión, normalmente mediante combustión u otros medios de conversión de la energía (Olitanking, 2015).

A pesar de las consecuencias del cambio climático sobre el medio ambiente que tienen un impacto global, los países en desarrollo de bajos recursos e ingresos, que históricamente han contribuido menos al cambio climático principalmente por medio de la emisión de gases de efecto invernadero, son los más expuestos y vulnerables a sus efectos negativos, es decir países en vías desarrollo y con altos índices de pobreza, como ejemplo, los países de la región de América Latina incluyendo a México.

Muchos países en desarrollo siguen dependiendo considerablemente del uso de los combustibles fósiles y fuentes no renovables, las razones de esto son diversas, esta dependencia de uso de energías fósiles se debe a que dichas fuentes de energía son más baratas y accesibles que las renovables y limpias. Otra razón es que las industrias y más específicamente la industria energética están más adaptadas a la generación y uso de energías fósiles (Ferrari, 2013; Estrada, 2013). La gran mayoría de los mercados y sectores de bienes y servicios que demandan alguna fuente de energía, están adaptados al solo uso de cierto tipo de energía en su mayoría energías fósiles, siendo el sector transporte el ejemplo más claro el cual utiliza en su mayoría gasolinas.

La dependencia por uso de energías fósiles en México ha creado una “dependencia energética” (dependencia de uso y dependencia energética son conceptos diferentes), dicha dependencia energética se atribuye al hecho de que el consumo de energía es mayor a la producción y generación de energía en el país y por lo tanto esta demanda se cubre con la importación de energía.

Con el enfoque de la “Economía de la energía” se estudia la producción, distribución y consumo de la energía, considerando su impacto sobre el crecimiento económico, el desarrollo social y el medio ambiente. Se utiliza este enfoque debido a que la energía es esencial para el crecimiento, siendo un insumo productivo en el crecimiento económico y un bien de consumo en el desarrollo social.

El proceso económico comienza con el Sector Primario, en donde se extraen, acumulan y explotan los recursos naturales. El sector primario casi siempre proporciona energía en formas que puede ser usada directamente en la producción de bienes y servicios, y en algunos casos deben ser convertidas y reconvertidas, esto para ser usadas en el sector secundario o terciario (Alam, 2006).

De acuerdo con Bertoni (2011) dicho enfoque se considera como una rama de la economía aplicada que aborda el estudio de las fuerzas responsables del comportamiento de los agentes económicos (empresas, individuos y gobiernos) en lo que respecta a la oferta de recursos energéticos, la conversión de dichos recursos para obtener distintas formas de energía, el transporte y transmisión a los usuarios, el uso de la energía y el destino de los residuos originados en el proceso. Stevens (2000) menciona que la energía tiene varios roles en los procesos económicos: factores de producción en bienes y servicios; Input

clave de «nivel de vida» —su uso por las sociedades varía enormemente; es factor clave en la macroeconomía (comercio y negocios globales, problemas de balanza de Pagos).

Otro enfoque para estudiar la dependencia energética es el “Modelo energético” de acuerdo con Prades (1997), este modelo analiza el modo específico en que una sociedad aprovecha los recursos energéticos para satisfacer sus necesidades, tomando en cuenta tres dimensiones: los recursos energéticos de que dispone una determinada sociedad; el modo como se producen los medios de vida, lo que está determinado por las capacidades tecnológicas; y los patrones de consumo que reflejan la especificidad de la cultura de esa sociedad.

Por su parte con los modelos de arriba hacia abajo (top-down), el consumo de energía analiza el contexto de un modelo macroeconómico, ya sea del tipo de los modelos de equilibrio general computable o de un modelo econométrico parcial. Este modelo se integra por tres ecuaciones (Caballero & Galindo, 2007) Demanda, Crecimiento económico y Nivel de Precios.

Un último enfoque con el que se pueden asimilar los efectos de la dependencia energética sobre la economía es el Efecto de Vinculación (Linkage Effect)<sup>2</sup> de Hirschman (1958), planteando que la industria energética que se ve afectada, genera efectos negativos sobre otros sectores de la economía.

Algunos de los problemas y efectos socioeconómicos más comunes de la inseguridad y dependencia energética sobre la economía mexicana son: la inestabilidad en el suministro energético, la dependencia de otros países para el consumo energético genera alteraciones en el suministro energético estando bajo el control del país exportador; las afectaciones a la economía: como las fluctuaciones del precio de la energía genera inestabilidad en el costo energético; Déficit comercial del país como causa del aumento de las importaciones;

“Una alta dependencia energética provoca un déficit en la balanza comercial de los países importadores e inestabilidad económica por incrementos en los precios de los energéticos y en los mercados internacionales, en parte ya que los combustibles son considerados *commodity*<sup>3</sup>” (Sánchez & Morett, 2021, págs. 2-15).

---

<sup>2</sup>El efecto de vinculación (o Linkage effect) en economía se refiere a los impactos que la actividad de una industria o sector puede tener sobre otros sectores. Este concepto fue desarrollado por el economista Albert O. Hirschman en su obra "The Strategy of Economic Development" en 1958.

<sup>3</sup> Commodity: materias primas consideradas esenciales como, trigo, oro, petróleo y gas, estas tienen importantes consecuencias en otras áreas y sectores especialmente en los países pobres o en desarrollo.

Inflación, el aumento del costo de las materias primas e insumos (energía) utilizadas en México tienen baja elasticidad y los precios son fijados por el mercado extranjero, estos aumentos de los precios en la energía afectan económicamente tanto a las familias como a las empresas que dependen de estas fuentes, Menor crecimiento económico, mayores costos de producción representa una menor rentabilidad para las empresas, causando baja producción y en casos extremos, productividad nula o suspendida.

En países en desarrollo que aún no han diversificado sus fuentes de energía hacia fuentes más renovables los efectos negativos son más graves y notables (Sánchez & Morett, 2021).

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía del 2019 publicado por la Secretaría de Energía (SENER), el 83.93% de la producción nacional de energía primaria proviene de hidrocarburos (gas y petróleo). Esta dependencia de energía a base de combustibles fósiles se ha agravado en años recientes. En 2000 casi el 20 % de la electricidad se generaba con gas natural<sup>4</sup>, y en 2020 esa cifra se triplicó. Dicho combustible pasó en ese periodo del 51% a casi el 80% (BBC News Mundo, 2021).

La misma SENER cuenta con un indicador de dependencia energética, y de acuerdo con su balance del año 2019, la dependencia energética fue igual a 0.72 indicando un mayor consumo de energía que lo producido en el país.

Esta dependencia energética afecta la economía del país, así como a la economía de la población mexicana y su acceso a la energía, especialmente considerando que la demanda de energía en todo el mundo sigue aumentando y por lo tanto también su precio. Otra variable a considerar que también está aumentando es el consumo de energía per cápita, debido a un estilo de vida más moderno, el cual requiere mayor demanda de energía. Sin embargo, dicho consumo per cápita se ha reducido en años recientes con un valor de 69.97 GJ (GigaJoule)<sup>5</sup> en 2019, un 5.51% menos que en 2018 (SENER, 2019). Por lo que se podría tratar de un caso de eficiencia en generación de energía o de bajo crecimiento económico.

Otro aspecto importante que pone en evidencia la dependencia energética por los combustibles fósiles de México es el comercio de la energía primaria, principalmente el petróleo. El gobierno mexicano en años recientes es consciente de que dichas exportaciones representan un porcentaje significativo en los ingresos del gobierno por lo

---

<sup>4</sup>El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros que se encuentra en el subsuelo, en la cual el metano tiene una participación superior al 70% en volumen. Dicha mezcla tiene varios usos y fines para las actividades humanas como la generación de electricidad.

<sup>5</sup>GJ = 1000000000 J. 1 PetaJoule = 1 000 000 000 000 000 Joule. Joule es una unidad derivada de energía. Es igual a la energía transferida a un objeto cuando una fuerza de un newton actúa sobre ese objeto en la dirección de su movimiento a través de una distancia de un metro. La energía generalmente se define como el potencial para hacer trabajo o producir calor.

que la baja producción nacional y la reducción de exportaciones de combustibles también afecta al gobierno y los recursos económicos a su disposición por exportación de energía en 2019 fueron 9.34% menores al año previo, ubicándose en 2,747.44 PetaJoules (PJ). Una parte del volumen producido de petróleo crudo es procesado por el Sistema Nacional de Refinación y el resto es exportado. El volumen de las exportaciones se ha mantenido constante en los últimos años, crudos más pesados, como el Maya, han alcanzado volúmenes considerables en la producción, que actualmente presentan una alta demanda internacional. En 2019 se importaron 4,803.34 PJ. de energía total 4.54% menos que en 2018, principalmente de gasolinas, naftas y gas seco (SENER, 2019). Por otro lado, en el mismo año la oferta interna bruta de energía (la oferta total menos la exportación, la energía no aprovechada y las operaciones de maquila-intercambio neto) disminuyó 4.75%, equivalente a 8,811.06 PJ.

Todos estos problemas y consecuencias sobre el abasto de energía y la economía del país se relacionan entre sí y a largo plazo agravan la situación de dependencia energética al no contrarrestarse dicha situación.

Tal dependencia energética que ha venido agravándose con el paso del tiempo, se trata de un caso de deficiencia, de falta de planeación y prevención por parte del gobierno mexicano, deficiencias que persisten hasta el día de hoy. La industria energética mexicana ha venido debilitándose en competitividad, producción, eficiencia e innovación. Tan solo el gas representa el 60% de la generación de energía en el país mientras que las renovables tienen alrededor de un 10% de la producción y las hidroeléctricas, casi un 9%. La demanda es cubierta con importaciones de Estados Unidos, que han crecido en los últimos años hasta cubrir más del 70% de las necesidades (Cullel, 2021).

Esta dependencia de importaciones de Estados Unidos también es resultado de diversos factores: baja producción, refinación petrolera deficiente, problemas de almacenamiento de energía primaria y mayor accesibilidad al gas natural barato de Estados Unidos.

El objetivo principal de este trabajo es comprender los efectos económicos de la dependencia energética analizando sus características y consecuencias en México durante 2000-2020, causada por el uso de energías fósiles y evaluando su impacto sobre la economía reflejado en variables como: el crecimiento económico, los precios de la energía, las exportaciones, e importaciones de energía, así como la balanza de Pagos, mediante el estudio de la relación causal entre la dependencia energética y las variables económicas, con el fin de sugerir medidas de política económica que ayuden a contrarrestar dicha dependencia. Para ello se plantean los siguientes objetivos particulares: detallar lo que es la dependencia energética y sus efectos económicos; identificar los tipos y fuentes de energía presentes en México durante el periodo 2000-2020; conocer como está estructurado el sector y la industria energética (matriz

energética), detallando el desempeño de la producción y generación de energía y las exportaciones e importaciones de energías; identificar las causas que originan la dependencia energética en México (Matriz y balance de energía en México); identificar los efectos económicos que genera la dependencia energética en México mediante un análisis de relación causal (Efectos económicos en México 2000-2020). Finalmente, como parte de las conclusiones un último objetivo particular es mencionar las medidas más comunes para contrarrestar la dependencia energética presente en el país y aumentar la independencia energética (seguridad energética) así como sugerir nuevas medidas y soluciones.

La pregunta general de este trabajo que se busca responder es: ¿cuál ha sido el impacto económico de la dependencia energética en México durante el periodo 2000-2020<sup>6</sup>?, y en cuestiones más específicas, saber ¿cómo ha evolucionado la dependencia energética en México en el mismo periodo estudiado?, ¿cuáles son las principales fuentes de energía y cómo se relacionan con la actividad económica del país? y finalmente ¿cuáles son las algunas de las soluciones y propuestas más comunes para contrarrestar la dependencia energética?

Como hipótesis se plantea que, en México, la matriz energética<sup>7</sup> (Figura 3.1), así como la estructura, el sector y la industria energética, durante el periodo 2000-2020 han generado una situación de dependencia energética. Dicha dependencia ha provocado efectos económicos y sociales significativos, en su mayoría negativos que se reflejan principalmente en los precios, específicamente en el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), los Energéticos (Precio de las energías), las exportaciones e importaciones de energías (Exportaciones e importaciones), la Balanza de Pagos y en el crecimiento económico.

La estructura del trabajo está dividida en cuatro capítulos y sus conclusiones; Capítulo uno: Marco Teórico - Dependencia energética y sus efectos económicos, en dicho capítulo se describen los tipos de energía y sus usos así como la dependencia energética ; Capítulo dos: Consumo y producción de energía y crecimiento económico global y en México, donde se analiza la evolución del consumo y la producción a nivel global y en México y su relación con la independencia energética ; Capítulo tres: Matriz y balance de energía en México, el cual analiza el desempeño de la industria energética en México y como impacta

---

<sup>6</sup> Se considera el periodo 2000-2020 ya que se trata de un periodo posterior a la firma del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN), que entró en vigor el 1 de enero de 1994 y es en el año 2000 que inicia la administración del gobierno del presidente Vicente Fox Quesada, y se dejan de considerar los años posteriores al año 2020 ya que los cambios en la oferta y demanda de energía presentaron un caso muy atípico causado principalmente por la pandemia del COVID-19.

<sup>7</sup> Matriz energética: comprendemos a la combinación de fuentes de energía primaria y secundaria que se utilizan en un territorio o región geográfica determinada, como un país. Comprende el conjunto de recursos energéticos disponibles y el porcentaje que aporta en oferta cada fuente al consumo total de energía.

el nivel de dependencia energética; Capítulo cuatro: Efectos económicos 2000-2020, análisis puntual de los efectos de la dependencia energética sobre la economía ; Conclusiones. Una vez identificado el problema y sus causas, se puede desarrollar un conjunto de medidas y políticas para contrarrestar dicha situación y evitar que dichos efectos negativos se agraven con el paso del tiempo.

## **1 Marco Teórico - Dependencia energética y sus efectos económicos**

En la actualidad para que una sociedad y más concretamente un país pueda desarrollarse socioeconómicamente, necesita del uso de energía para la realización de actividades humanas complejas, específicamente las actividades con fines sociales y económicos cuyos bienes o servicios tienen un cierto valor agregado, puede decirse que si un país se desarrolla como consecuencia puede crecer económicamente y viceversa.

Son diversas las concepciones que se tienen de la seguridad y la dependencia energética, para la Unión Europea, por ejemplo, la seguridad energética es una de sus políticas prioritarias. Mientras que para algunos autores la seguridad energética está dentro de la definición de un bien o servicio público, como es el caso de la seguridad nacional o el sistema judicial, basándose en la dependencia y la vulnerabilidad. La dependencia energética indica el grado de control sobre las fuentes de suministro de energía de un país. Las variables de dependencia se relacionan con el grado de autosuficiencia en el abastecimiento energético, la diversificación de orígenes y las relaciones de interdependencia entre el país importador y el país suministrador. Por otra parte, la vulnerabilidad es la capacidad de minimizar el impacto sobre la economía y la sociedad de un eventual corte de las fuentes de suministro o de un shock de precios de las materias primas energéticas (Avedillo, 2007).

Otros autores, funcionarios y / organismos a nivel internacional y nacional han realizado aportaciones respecto a la comprensión de la dependencia energética y sus consecuencias, aportaciones que ayudan a comprender como la energía moldea y controla las políticas globales, economías, la seguridad y su relación con la dependencia energética influenciando sobre las estrategias nacionales (Yergin, 2020), por su parte Birol (IEA, 2024) director ejecutivo de la Agencia Internacional de Energía en varios reportes ha explicado como la dependencia energética evolucionará con cambios tecnológicos, políticos y en los mercados, haciendo énfasis en la transición a energías renovables especialmente para los países en desarrollo. Otros autores como Lovins (2011), proponen soluciones de eficiencia energética y la transición hacia las energías renovables como a la dependencia energética, progresivamente los países volviéndose resilientes e

independientes de las fuentes fósiles y las energías no renovables y por ende independientes energéticamente.

A nivel nacional la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2022) destaca que la dependencia energética limita la capacidad para garantizar el suministro energético para el largo plazo, lo cual también tiene varias consecuencias para la economía. Esta misma conclusión y solución es compartida por Barrios € (Solís, 2024) analista energética y ex funcionaria de la Secretaría de la Energía (SENER), quien ha señalado como la política energética ha incrementado la vulnerabilidad de México por la falta de inversión en producción nacional.

Existen algunos enfoques que permiten asimilar de mejor manera los efectos de la dependencia energética sobre la economía, con el enfoque de la “Economía de la energía” se estudia la producción, distribución y consumo de la energía, considerando su impacto sobre el crecimiento económico, el desarrollo social y el medio ambiente. La energía es esencial para el crecimiento, siendo un insumo productivo en el crecimiento económico y un bien de consumo en el desarrollo social. Proponiendo como soluciones el fortalecimiento de la infraestructura energética y la diversificación de fuentes energéticas.

En México y en el mundo las fuentes de energía se destinan principalmente para la generación y consumo de electricidad, combustibles (consulte pie de página 1) y generación de calor. Una de las clasificaciones más comunes al consumo de la energía final es a nivel sectorial, específicamente en cuatro sectores: transporte, industrial, residencial y comercial.

En el caso de México se habla de un país globalizado con una economía de mercado abierto que importa y exporta bienes y servicios. La economía mexicana es una economía en vías de desarrollo con importante participación del sector secundario al contrario de los países desarrollados donde el sector terciario de servicios es el más predominante en la economía. En lo general, la economía mexicana es una economía diversa y con una demanda de energía creciente y variada de diversas fuentes de energía. Específicamente lo que el país demanda conforme pasa el tiempo, son mayores cantidades y variedades de fuentes de energía o más precisamente energía secundaria, es decir, fuentes de energía que ya han sido transformadas para su consumo práctico, los ejemplos más claros son: combustibles energéticos o la electricidad.

Para fines de este trabajo nos enfocaremos en la energía como el resultado del uso de recursos y / o materias primas para la generación de electricidad y calor que tienen como fin la realización de actividades humanas, antropogénicas y económicas. Son diferentes las medidas y magnitudes que se utilizan para medir y contabilizar las cantidades de

energía, la unidad de medida en el sistema internacional de unidades (SI)<sup>9</sup> para la energía son los Joules, mientras que usualmente para contabilizar la energía eléctrica se utilizan los vatios o watts (W).

El objetivo de este capítulo es definir los conceptos básicos que permiten comprender de mejor manera el estudio y análisis de la dependencia energética y sus efectos económicos. Analizar los conceptos esenciales desde la energía y sus diferentes tipos y usos, así como los de mayor interés y más específicos como la inseguridad y dependencia energética y los efectos sobre la economía. Identificar la relación que tiene la energía con las actividades económicas, esto para comprender la relevancia que esta tiene sobre la economía de un país, esto con un enfoque teórico de “Economía de la energía”.

### **1.1 Tipos de energía y su clasificación**

Una vez transformadas las fuentes de energía, de energía primaria a energía secundaria, esta es comercializada para su consumo, lo que se conoce como consumo final de energía o simplemente consumo final. El consumo de energía final es el consumo realizado por los usuarios principalmente para actividades económicas. Debido a que la energía proviene de los recursos naturales, también suele conocerse o denominarse fuentes de energías secundarias o energéticos, por tanto, dependiendo del tipo de energía del que se hable esta varía en su clasificación. Todas las fuentes de energía tienen un origen y relación con los recursos naturales y se diferencian gracias a su origen y consumo o uso final. Conocer y entender las fuentes de energía nos ayuda a comprender mejor la dependencia energética y porque esta se forma en un país.

Las fuentes de energías no renovables, y más específicamente las energías fósiles son las que han tenido y siguen teniendo una participación muy importante en el mundo y en México. Específicamente en la actualidad 72% y 84% en el mundo y en México respectivamente (Jones, 2021).

Las fuentes de energía primaria son los recursos o fenómenos naturales disponibles para su explotación directa o indirectamente para su uso energético, los ejemplos más claros son: petróleo, gas natural, carbón mineral, energía eólica, energía solar, energía nuclear y la biomasa (Naciones Unidas, 1982). Por su parte la energía secundaria no viene de la naturaleza, se trata de productos energéticos que han pasado por un proceso de transformación química o física al contrario de las fuentes de energía primaria. Este proceso de transformación los hace más aptos y preparados para su utilización. Algunos ejemplos son: combustibles, diésel, gas propano, keroseno, gas licuado de petróleo,

---

<sup>9</sup> Sistema internacional de unidades (SI) : establecido en 1960 por la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM) en su décimo primera reunión, el sistema es utilizado en el mundo entero como el sistema preferido de unidades. El sistema se basa en 7 constantes de la física a partir de las cuales es posible deducir todas las unidades del sistema (BIPM, 2019).

electricidad y calor (generados con el uso de energía primaria o secundaria) y el carbón vegetal (Klimaschutz, 2013).

### **1.1.1 Energías no renovables y renovables**

Las fuentes de energía no renovables son aquellas en las que los recursos de suministro son limitados. Como su nombre lo indica son recursos que son finitos y que no puede ser repuestos en un corto periodo de tiempo. Las más conocidas y utilizadas son el carbón, petróleo, gas natural y uranio (el uranio está relacionado principalmente con la energía nuclear). En el periodo estudiado en México la mayoría de la energía generada y utilizada proviene de fuentes de energía renovables (Deacon, 1997).

Las fuentes de energía no renovables incluyen a los combustibles fósiles, los más utilizados son el petróleo crudo, el carbón, el gas natural y los combustibles nucleares (obtenidos principalmente de la extracción de uranio). Dichas fuentes son las más utilizadas en el mundo para la generación de energía a pesar de los efectos negativos sobre el medio ambiente, aunque como ya se mencionó, su participación ha venido disminuyendo debido a la búsqueda de nuevas fuentes alternativas más limpias y renovables (Spiegeler, 2016).

En el mundo y en México se tiene conciencia de que a efectos negativos del cambio climático se deben de aplicar políticas y medidas que tengan como objetivo aumentar la participación de las fuentes de energías renovables y limpias, y al mismo tiempo reducir la participación de las fuentes de energía no renovables y contaminantes. Se clasifica como fuentes de energías renovables a aquellas cuya generación de energía utiliza recursos no agotables temporalmente, se dice por lo tanto que son fuentes ilimitadas ya que se regeneran igual o en menos tiempo de lo que se utilizan (ACCIONA, 2023) .

Las fuentes de energía renovables son cada vez más competitivas y accesibles. Su principal diferencia de los combustibles fósiles es su disponibilidad y accesibilidad, como ejemplos claros se tienen el viento, la luz solar y la corriente de los ríos. Más importante es que no producen ni emiten gases de efecto invernadero, es decir emisiones contaminantes y gases los cuales son el causante principal del cambio climático. Mas específicamente nos referimos a las energías limpias las cuales no generan residuos contaminantes al medio ambiente ya sea en su generación o en su uso, en caso de generar residuos estos son muy limitados y no representan un daño ni perjuicio permanente ni a largo plazo al medio ambiente. Es el CO<sub>2</sub><sup>10</sup> el compuesto ausente en las energías limpias de mayor interés, así como otro tipo de emisiones contaminantes dígase el metano o el azufre, causantes del cambio climático. En resumen, energías renovables y limpias son dos términos diferentes.

---

<sup>10</sup> Dióxido de carbono.

Una de las ventajas de mayor interés sobre las energías renovables es que aumentando la participación de estas en un país se puede reducir la dependencia energética, en México dicho escenario es muy posible ya que es un país que cuenta con las condiciones ideales para la generación de energía a base de fuentes renovables. En el capítulo 5 se detallarán a profundidad los beneficios de las energías renovables y limpias, sobre las energías no renovables y fósiles, esto con el fin de validar y sustentar, el aumento de la participación de las energías renovables como una solución para la dependencia energética.

Las diversas fuentes de energías utilizadas en el mundo y en México han visto variar su porcentaje de participación para la realización de las actividades humanas, no solo económicas, sino que también para actividades comerciales, sociales, y residenciales. Por “actividades humanas” nos referimos a todas las actividades humanas que requieren alguna fuente de energía para su realización. Principalmente ha habido un aumento en la demanda y consumo de energía de cada uno de los 4 sectores<sup>11</sup>, con una notable caída en años recientes, por ende, también han aumentado los diferentes tipos de energía utilizados, aunque en diferente magnitud, mientras que ciertas fuentes siguen aumentando constantemente otras disminuyen o se mantienen constantes. Conocer cuál es el consumo energético por sector, nos permite saber cuáles son las fuentes de energías más utilizadas para ciertas actividades económicas.

Todas estas fuentes de energía como ya se mencionó se utilizan para la realización de actividades humanas. La energía o energéticos por lo tanto se comercializan y así como cualquier otro bien o servicio existe un mercado para dicho producto por ende la energía tiene oferta, demanda y un precio determinado. Estas últimas tres variables se relacionan entre sí y son de gran importancia para el estudio y comprensión de la dependencia energética.

## **1.2 Principales usos humanos de las fuentes de energía**

Para la realización de las actividades humanas que requieren algún tipo de energía. Se consideran 4 sectores principales: transporte, industrial, residencial y comercial, generación de electricidad. Estos cuatro sectores comprenden y abarcan las industrias, mercados, actividades económicas, así como los bienes y servicios que estos comercializan. Estos sectores utilizan diferentes tipos de energía y en ciertos casos se utilizan las mismas fuentes de energía entre sectores, aunque en menor medida.

Las diversas fuentes de energía tienen diversos usos y aplicaciones además de la generación de energía, como el petróleo siendo utilizado para la elaboración de plásticos.

---

<sup>11</sup> Residencial, comercial, transporte, industrial. Clasificación desarrollada y utilizada por la SENER de para estudiar la estructura y matriz energética de México, la cual es muy similar e inclusive igual a la de otros países.

De acuerdo con su origen y naturaleza esta puede ser utilizada directamente o transformada para la generación de otros tipos energía o energéticos.

Un ejemplo de ello es el petróleo, este recurso además de utilizarse como fuente de energía, se utiliza inclusive para la elaboración de productos de belleza, productos de cuidado personal, lubricantes, plásticos, cauchos, productos farmacéuticos y / otros productos que se pueden fabricar utilizando petróleo y sus derivados. El petróleo también tiene una gran importancia en el sector transporte ya que con sus derivados como la gasolina representa una de las fuentes de energía más importantes y usadas hoy en día en el mundo principalmente por los transportes y vehículos. El petróleo como es bien sabido también es utilizado para la generación energética, los derivados del petróleo son ampliamente empleados para la producción de electricidad a gran escala. Para generar electricidad a partir del petróleo se necesita la combustión de un derivado que sirve de insumo para la generación de vapor a alta presión, que hace mover una turbina y a la vez un generador de electricidad (Pardo, Vilorio & Morales, 2012).

Finalmente, el petróleo también se utiliza para calefacción e iluminación, se genera energía térmica para proporcionar calor e iluminación a partir del petróleo para viviendas e inclusive a edificios. Esto se puede efectuar con derivados más pesados como el keroseno, que son muy diferentes a los empleados en las centrales termoeléctricas para la producción de energía a gran escala. Para la producción de energía se debe utilizar una planta eléctrica para generarla y lograr la distribución a tiendas, oficinas y hogar.

El gas natural es otro ejemplo de una fuente de energía con diferentes usos y aplicaciones, al igual que el petróleo el gas natural se utiliza en el sector transporte, en la generación de electricidad y calor, estos últimos son solo algunos de los usos más destacados del gas natural como fuente de energía.

Actualmente las fuentes de energía con mayor participación provienen de fuentes no renovables y no limpias y aunque su participación en la industria energética es significativa en años recientes se han priorizado las energías renovables y limpias cobrando cada vez más importancia en la industria energética.

### **1.3 Dependencia energética**

Se da a entender por “Dependencia energética” a la cantidad de energía que debe ser importada para cubrir la demanda nacional. Por lo tanto, un país tiene dependencia energética cuando a causa de una falta de abastecimiento nacional la energía restante debe de importarse de otros países (Sánchez & Morett, 2021).

La dependencia energética muestra la relación entre la producción y el consumo nacional de energía. “La dependencia energética es la incapacidad de un país para generar, con recursos propios, la mayoría de los combustibles y la energía necesarios para las

diversas actividades, por lo que ineludiblemente deben adquirirse en el mercado externo” (Sánchez & Morett, 2021). El índice de independencia energética de la SENER (Anexo 1) muestra como el país es menos independiente energéticamente año tras año a excepción de inicios del año 2018, la producción de energía ha disminuido y el consumo ha aumentado hasta el punto de ser superior a la producción, se puede decir que no solo hay incapacidad de generar recursos propios y por ende dependencia energética, sino que también se ha agravado con los años.

La dependencia energética puede definirse como la cantidad de energía primaria que un país necesita importar para poder abastecerse, ya sea en forma de calor, electricidad o para el transporte. Por lo tanto, hablamos de la dependencia que tiene un país del exterior para poder obtener toda la energía que este consume (Martin, 2022).

En conclusión, dependencia energética y dependencia de uso, no tienen el mismo significado. Mientras que la dependencia energética se refiere a cuanta energía debe de importarse, la dependencia de uso se refiere al uso principalmente de cierta fuente de energía, como ejemplo un país cuya energía proviene en su mayoría de fuentes no renovables se dice que depende del uso de las energías no renovables y de la generación y consumo de estas. Un país en el que una parte significativa de sus actividades económicas se llevan a cabo con energías fósiles, se dice que tiene dependencia de uso de energías no renovables y fósiles.

Por otra parte, la independencia energética (Anexo 1) es un indicador que muestra que tan dependiente es un país:

La independencia energética es el índice utilizado a nivel internacional para medir, de forma general, el grado en que un país puede cubrir su consumo de energía derivado de su producción; si es mayor a uno, el país se considera independiente en energía. Al cierre de 2019, México presentó un índice de independencia energética equivalente a 0.72. Es decir, se produjo 28.13% menos energía de la que se puso a disposición para las diversas actividades de consumo dentro del territorio nacional. Durante los últimos diez años, este indicador ha disminuido en promedio 4.63% (SENER, 2020).

Varios de los factores previamente mencionados explican cómo es que un país puede caer en la dependencia energética, primeramente, la disponibilidad o abundancia de fuentes de energía tienen un impacto directo. Países ricos en recursos como el petróleo, gas natural o carbón tienden a depender menos de importaciones de energía, otro aspecto importante es la infraestructura para la producción, generación, distribución y almacenamiento de energía, ya que, aunque se cuente con recursos energéticos si no se cuenta con una infraestructura apropiada, no se puede obtener un beneficio de ellos, y ser menos

dependientes de fuentes externas. La industria y tecnología en un país también tiene un rol importante ya que un país que puede desarrollar y utilizar tecnologías eficientes en el ámbito energético puede influir en su nivel de desarrollo.

En cuestiones de gobierno las políticas sobre la energía desempeñan un papel importante en la dependencia energética. Políticas que fomentan la diversificación de fuentes y la eficiencia energética pueden reducir la dependencia, añadido a esto las relaciones y geopolítica entre países pueden afectar el abasto y comercio de energía, la geopolítica, los acuerdos comerciales y las alianzas estratégicas pueden influir en la seguridad y el abasto de energía.

La cantidad de energía que demanda un país también afecta su dependencia. Países con altas demandas energéticas pueden depender más de importaciones para satisfacer esas necesidades, un caso muy sensible que demuestra la importancia de la geopolítica en materia de energía es el de Europa con Rusia (Avedillo & Muñoz, 2007).

Finalmente, la seguridad y vulnerabilidad energética tienen un rol determinante en materia de energía, por lo tanto, una industria energética desarrollada y diversa puede ayudar a contrarrestar o prevenir la dependencia energética.

### **1.3.1 Seguridad energética**

En contraste para la Agencia Internacional de Energía, la seguridad energética es la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía asequible (IEA, 2019).

La inseguridad energética se presenta cuando un país no puede abastecer sus necesidades de energía, como consecuencia esta se transforma en dependencia energética cuando la mayoría de los combustibles y la energía requeridos en el funcionamiento de los diversos sectores económicos, el transporte, el alumbrado, los servicios públicos y para uso doméstico, son importados, por la incapacidad de un país para generarlos con sus propios medios y recursos. Esta situación obliga a las naciones que padecen dependencia energética a conseguir divisas para adquirir los energéticos y a sujetar su abastecimiento a grandes empresas transnacionales o gobiernos con intereses que no coinciden con los de los países importadores; ya que las empresas tienen el fin de maximizar sus ganancias.

A largo plazo se pierde soberanía energética en perjuicio del país y su población falta soberanía energética y por lo tanto política. Dicha falta de soberanía evita que se puedan tomar decisiones de política energética en beneficio del país y su población. En el caso de que se tomen ciertas decisiones políticas. En materia de energía esto solo podría realizarse a un elevado costo económico o político.

En México, la mayoría de la energía importada proviene de los Estados Unidos, por lo tanto, México depende energéticamente de manera esencial de los Estados Unidos, este escenario se ha desarrollado en años recientes de forma ininterrumpida.

Para el análisis de la seguridad energética de un país y sus efectos en la economía, existen algunos indicadores nacionales claros como el de la independencia energética utilizado por la SENER en su balance energético anual, el cual muestra el grado en que un país puede cubrir su consumo de energía derivado de su producción, también se puede considerar la Intensidad Energética, que mide la cantidad de energía requerida para producir un peso del Producto Interno Bruto (PIB), o el Consumo de energía per cápita. Son diversos los indicadores nacionales que se pueden analizar para estudiar la seguridad energética del país entre otros indicadores tales como producción de energía primaria y secundaria, consumo energético, comercio de energía oferta interna bruta de energía primaria y secundaria, etcétera.

### **1.3.2 Efectos económicos de la dependencia energética**

Al encontrarse en un caso de inseguridad y dependencia energética un país puede ver sus industrias y su economía afectadas, de manera general algunos de los problemas más comunes son:

- Inestabilidad en el suministro energético: depender de otros países para la obtención de energía consumida puede generar alteraciones en el suministro energético ya que este no está únicamente bajo el control del país importador.
- Afectaciones a la economía: la economía sufre las fluctuaciones continuas del precio de la energía, hecho que genera inestabilidad en el costo energético. Como consecuencia, esta dependencia energética desencadena un déficit en la balanza comercial de los países.
- Inflación: para poder producir hay que adquirir materias primas y consumir suministros como la luz o el gas. Además, tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios como para el proceso para poner el producto a disposición del cliente final, hay que contar con un sistema logístico que consume en su mayoría combustibles fósiles para el transporte. Un aumento de los costos en el sistema productivo significa un aumento de precio de los bienes y servicios.
- Aumento de los precios de las energías: en México las fuentes de energía utilizadas tienen baja elasticidad y los precios son fijados por el mercado extranjero. Ya que no se pueden sustituir estos bienes ni acceder a opciones más baratas, los aumentos de los precios en la energía afectan económicamente tanto a las familias como a las empresas que dependen de estas fuentes.
- Menor crecimiento económico: mayores costos de producción se traducen en menor rentabilidad para las empresas por lo que estar sujeto a las importaciones

de energía provoca baja producción y en casos extremos, la productividad nula o suspendida.

Dichas consecuencias son más graves en países en desarrollo que aún no han diversificado sus fuentes de energía hacia fuentes más renovables (Sánchez & Morett, 2021), en el mayor de los casos el consumo de estos países depende de un número reducido de fuentes a las que la economía y la estructura del país están adaptados y condicionados.

La dependencia energética tiene todo tipo de consecuencias para el país que la padece, desde el desabasto de energía hasta problemas y deficiencias en la producción de las actividades económicas del gobierno y las empresas públicas y privadas instaladas en el país.

Una alta dependencia energética provoca un déficit en la balanza comercial de los países importadores e inestabilidad económica por incrementos en los precios de los energéticos y la especulación en los mercados internacionales, en parte ya que los combustibles son considerados *commodity* (Ver pie de página 3). El autoabastecimiento energético merma recursos que podrían emplearse para estimular la producción, construcción de infraestructura para propiciar mejores condiciones para el crecimiento o servicios de salud e inversiones en educación y capacitación” (Sánchez & Morett, 2021).

#### **1.4 Beneficios de la seguridad e independencia energética**

Una concepción que se tiene de la seguridad energética que detalla algunos de los beneficios de esta, es aquella que ve a la seguridad energética como un estado de circunstancias en el que se encuentra de acuerdo con su estructura energética del "la posición interna y externa de una nación en la que no existen amenazas para los consumidores finales que surjan en el proceso de extracción, procesamiento, transporte, comercialización y uso de recursos energéticos país ".(Karatayev & Clarke 2016, p.491-450). La definición muestra la importancia de la disponibilidad y asequibilidad de los recursos energéticos para satisfacer las necesidades energéticas nacionales, al mismo tiempo que se generan ingresos nacionales a través de la exportación de recursos energéticos. Los países se benefician, por lo tanto, gracias a la exportación de sus fuentes de energía, como es el caso de los países de las regiones de Asia Central o el Golfo Pérsico.

La seguridad energética no consiste solo en el garantizar la oferta de energía, sino también en poder distribuir la energía, la industria energética mexicana exporta su energía primaria para que esta sea transformada en su mayoría en energía eléctrica en los países importadores y en ciertos casos esta energía eléctrica es exportada de nuevo a México a precios más altos.

Se cuestiona nuevamente si un país se puede considerar o no con seguridad energética, en el caso de México, aunque importa la mayoría de la energía que consume, también exporta fuentes de energía primaria principalmente petróleo, dichas exportaciones representan un porcentaje significativo en ingresos del gobierno y por lo tanto para el funcionamiento de este. De manera inversa países más desarrollados, pueden abastecer la mayoría de la demanda interna de energía con generación y producción interna al punto de exportar sus excedentes a diferentes países.

Finalmente existen otras explicaciones que detallan como se analiza la seguridad energética:

Como en casi todo lo que concierne a la seguridad energética, es difícil medir la dependencia energética de manera unívoca. La dependencia varía según el tipo de energía y la estructura de sus mercados, pero también según la percepción de fiabilidad acerca de sus suministradores. El petróleo es un *commodity* fungible para el cual es fácil sustituir fuentes geográficas de aprovisionamiento recurriendo al mercado, por lo que los efectos de la dependencia se manifiestan principalmente en el precio (inseguridad económica). No obstante, consideraciones logísticas y técnicas relacionadas con el transporte y las especificaciones de las refinerías, no adaptadas para cualquier tipo de crudo, hacen que en el corto plazo esa fungibilidad entrañe limitaciones y pueda sobrecargar la capacidad de refino. El caso del gas natural genera mayor inseguridad cuando se depende de forma significativa de un único gasoducto (inseguridad física). Aunque hay aproximaciones bastante razonables, éstas exigen el análisis de un conjunto de indicadores, que suelen ofrecer evidencias mixtas, para obtener una visión de conjunto (Escribano, 2006).

La independencia y / o dependencia energética no se tratan de dos escenarios diferentes, en el que un país se encuentra en un caso u otro, se puede entender a un país con dependencia energética que se encuentra bajo varias circunstancias desfavorables en cuestiones energéticas.

## **1.5 Economía de la energía**

Una de las teorías u enfoques más asertivos, para analizar el impacto de la dependencia energética, así como la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía en un país, es el enfoque de “Economía de la energía” el cual se refiere al estudio de la producción, distribución y consumo de la energía, considerando su impacto sobre el crecimiento económico, el desarrollo social y el medio ambiente. Este estudio es de relevancia, sabiendo que la energía es esencial para el crecimiento, siendo un insumo productivo en el crecimiento económico y un bien de consumo en el desarrollo social.

El proceso económico comienza por las actividades de conversión primaria o también conocidas como Sector Primario, en donde se extrae, acumula y explotan los recursos naturales. El sector primario casi siempre proporciona energía en formas que pueden ser usadas directamente en la producción de bienes y servicios, y en algunos casos deben ser convertidas y reconvertidas, esto para ser usadas en el sector secundario o terciario (Alam, 2006).

La economía de la energía se considera como una rama de la economía aplicada, y aborda el estudio de las fuerzas responsables del comportamiento de los agentes económicos (empresas, individuos y gobiernos) en lo que respecta a la oferta de recursos energéticos, la conversión de dichos recursos para obtener distintas formas de energía, el transporte y transmisión a los usuarios, el uso de la energía y el destino de los residuos originados en el proceso. Se analizan los mercados y los instrumentos de regulación de este sector, así como los impactos distributivos y medioambientales de su funcionamiento (Bertoni, 2011).

Como no es posible ningún cambio o transformación en el campo de la economía sin «gasto» de energía, esta se convierte en una fuerza que condiciona todas las actividades económicas. En esta perspectiva, no es posible explicar el funcionamiento de la economía sin tener en cuenta las fuentes de energía, los procesos de transformación, el aprovechamiento y uso que se hace de la misma. Es más, debería concebirse a la economía como un sistema energético (Alam, 2006).

Los análisis de corto plazo, predominantes en la «economía convencional», subestiman el papel de la energía en el desarrollo económico. En el proceso económico, la energía constituye un input más que contribuye al proceso de producción de bienes o servicios, el output de un proceso de transformación concreto y/o un bien más. En los modelos de crecimiento económico exógeno, el papel de la energía aparece subsumido en los factores de producción y en las teorías del crecimiento endógeno, no constituye un aspecto que amerite un tratamiento especial.

La teoría neoclásica, no considera a la tierra (recursos) como factor de producción, y ha eliminado a la energía como factor en la función de producción (Alam, 2006). Según estos mismos autores, los economistas clásicos como Adam Smith, David Ricardo, John McCulloch o Jean Baptiste Say, coinciden en que la energía es un factor de la Economía. Los neoclásicos por otro lado, consideran a la energía como capital, tratando a la energía como una materia prima o bien intermedio.

La minimización del rol de la energía por la corriente principal del pensamiento económico dificulta la comprensión de los procesos de desarrollo en el largo plazo. Científicos y economistas especializados en ecología hacen un énfasis muy fuerte en el papel de la energía y su disponibilidad en los procesos de producción y crecimiento económico, el uso

de energía en lugar de la producción de bienes se utiliza como un indicador del estado del desarrollo económico (Stern, 2004).

En el enfoque neoclásico la economía está integrada por tres factores de producción siendo, capital, labor y tecnología. La energía tampoco es atribuida como parte del crecimiento económico, sino que esta se considera como un output. Se ve a la economía más como un sistema de energía (*energy-system*) donde la energía tiene la misma relevancia que el capital, trabajo y la tecnología. Se explica que el valor añadido  $Q$  es proporcional a la velocidad de las máquinas  $V$ , por ende si la velocidad de las máquinas es el doble, también lo es el valor añadido, finalmente la energía que es utilizada en la mayoría de máquinas y equipo utilizado para la producción tiene un rol importante en el valor añadido, resultando en  $Q-E$ , siendo  $E$  el costo de la energía que puede ser aproximado por el sector energético mas las importaciones netas de energía (Alam, 2006).

Considerando que cada vez más, la fuerza de trabajo ha sido desplazada por la aplicación de las máquinas y la tecnología en los procesos productivos de bienes y servicios, la energía por ende juega un rol principal ya que esta influye en la velocidad, los costos, la eficiencia y el valor final.

La energía ha tenido varios roles relevantes en los procesos económicos (Stevens, 2000):

- a. la energía transforma factores de producción en bienes y servicios;
- b. es un input clave de «nivel de vida» —su uso por las sociedades varía enormemente, reflejando diferencias básicas de geografía, clima, cultura y sistemas económicos;
- c. ha sido un factor clave en la macroeconomía (comercio y negocios globales, problemas de balanza de Pagos);
- d. la localización de actividades intensivas en el uso de energía o la instalación de plantas generadoras distorsionan la vida de localidades y regiones.

Denotando la importancia de la energía de la economía, un problema es el carácter finito de materias primas, por ende, el acceso a materias primas es esencial para el buen desempeño y funcionamiento de los procesos productivos. Es aquí donde se puede decir que un país y su economía se ven también limitados por su modelo energético:

“Se ha denominado «modelo energético» al modo específico en que una sociedad aprovecha los recursos energéticos para satisfacer sus necesidades. La definición de un modelo energético surge de tener en cuenta tres dimensiones básicas: los recursos energéticos de que dispone una determinada sociedad; el modo como se

producen los medios de vida, lo que está determinado por las capacidades tecnológicas; y los patrones de consumo que reflejan la especificidad de la cultura de esa sociedad” (Prades, 1997, págs. 14-43).

Otra muestra más del análisis de la relación de energía con la economía es que en México el consumo está asociado a la evolución del producto y mantiene una relación negativa pero inelástica con el precio de la energía, mientras que el aumento de los precios de la energía genera una disminución en el producto y el nivel de precios generales aumenta. La interdependencia entre variables macroeconómicas y precios de la energía indica que un aumento de precios es insuficiente para controlar el consumo de energía, limitando el uso de los precios como instrumento único de política pública, dificultando la opción de desacoplar la trayectoria del consumo de energía y el producto en los próximos años (Caballero & Galindo, 2007).

Caballero y Galindo en su mismo trabajo explican como los actuales niveles de consumo (trabajo publicado en el año 2007) de energía en México asociados, fundamentalmente, a la trayectoria del producto son inconsistentes con el desarrollo económico sustentable. Reafirman que la oferta actual de energía en México se basa, en su mayoría, en el uso de recursos no renovables, como el petróleo, y como las emisiones a la atmósfera asociadas al consumo de energía tienen efectos negativos, como la contaminación atmosférica y la emisión de gases de efecto invernadero, la salud de la población y la sustentabilidad de diversos ecosistemas.

Otro enfoque son los modelos de arriba hacia abajo (top-down) donde el consumo de energía se analiza en el contexto de un modelo macroeconómico, ya sea del tipo de los modelos de equilibrio general computable o de un modelo econométrico parcial<sup>13</sup>. Por otra parte en los modelos de equilibrio general se utiliza un modelo teórico fundado en un comportamiento optimizador de los agentes individuales, los cuales son calibrados para un año base mediante algunos parámetros clave asociados a las elasticidades ingreso o precio de la energía (Caballero & Galindo, 2007).

Estos modelos top-down de acuerdo con Caballero & Galindo (2007), se integran por las siguientes ecuaciones:

1. Demanda de energía: representa una demanda de energía tradicional donde el consumo de energía depende del ingreso y de su precio relativo:

$$DE_t = F(Y_t, PRE_t) \quad (1)$$

---

<sup>13</sup> Ver las referencias citadas por Cabalero & Galindo (2007).

2. Ecuación de crecimiento asociada a la inversión: representa una especificación para el producto:

el crecimiento económico se asocia, fundamentalmente, a la evolución apoyada por los efectos del tipo de cambio, los efectos de la dinámica económica del resto del mundo usando el producto de Estados Unidos como una aproximación y a la posible presencia de procesos de convergencia o de transmisión del crecimiento económico. Asimismo, los efectos de los precios relativos de la energía se consideran originados, dado que ésta es un insumo fundamental para la producción, de modo que un aumento de su precio tiene efectos negativos en el producto.

$$Y_t = F(I_t, TCR_t, X_t, PRE_t) \quad (2)$$

3. Nivel de precios: determina al nivel de precios general incluyendo las presiones de costos internos y externos y la tasa de inflación:

los principales determinantes del nivel de precios en México son: el tipo de cambio nominal o pass thought, el salario mínimo nominal, los precios relativos de la energía y el agregado monetario M2 como mecanismo de validación del ritmo de crecimiento de los precios.

$$P_t = (S_t, W_t, M2_t, PRE_t) \quad (3)$$

#### **Descripción y fuentes<sup>14</sup>:**

DE<sub>t</sub> = demanda nacional de energía

Y<sub>t</sub> = producto interno bruto real en millones de pesos

P<sub>t</sub> = índice nacional de precios al consumidor

PE<sub>t</sub> = índice nacional de precios de la energía

PRE<sub>t</sub> = precio relativo de la energía (PE<sub>t</sub> / P<sub>t</sub>)

I<sub>t</sub> = formación bruta de capital fijo en miles de pesos

X<sub>t</sub> = producto de Estados Unidos en miles de millones de dólares

TCR<sub>t</sub> = tipo de cambio real

S<sub>t</sub> = tipo de Cambio Nominal

W<sub>t</sub> = salario mínimo general promedio

M2<sub>t</sub> = agregado monetario M2 en miles de pesos

Otro en foque para estudiar y comprender mejor el impacto de la dependencia energética sobre la economía, así como la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía es el Efecto de Vinculación (Linkage Effect) de Albert Hirschman (Véase pie de página 2), el cual se plantea el hecho que la industria energética se vea afectada

---

<sup>14</sup> Consultar las fuentes de Caballero & Galindo (2007).

negativamente puede generar a su vez efectos negativos sobre otros sectores de la economía. La realización de actividades humanas y económicas implica también una relación entre estas mismas actividades y los diferentes sectores e industrias implicados. Tal es el caso de la industria energética que se basa en la explotación del petróleo, industria que tiene varias ramificaciones con otras industrias que dependen de la industria energética petrolera. El que la industria energética petrolera se vea afectada implica por lo tanto que las industrias y actividades económicas que dependen de la primera se vean afectadas a largo plazo (Hirschman, 1958).

El efecto de vinculación de la industria energética se puede explicar de la siguiente forma:

#### 1. Efectos de Vinculación Hacia Atrás (Backward Linkages)

La industria energética requiere de insumos y servicios de otras industrias. Algunos ejemplos son:

- Proveedores de equipos y tecnologías: la extracción, procesamiento y distribución de energía que requieren maquinaria avanzada
- Industria de la Construcción: la construcción de infraestructura energética como oleoductos, plantas de energía y redes eléctricas demanda grandes cantidades de materiales de construcción y mano de obra.
- Servicios especializados: la realización de proyectos energéticos requieren servicios especializados.

#### 2. Efectos de Vinculación Hacia Adelante (Forward Linkages)

La energía generada y producida es un insumo esencial para varios sectores económicos. Algunos ejemplos son:

- Industrias manufactureras: estas industrias dependen en gran medida del suministro de energía para operar maquinaria y equipos de producción.
- Transporte y logística: los combustibles y energéticos son esenciales para el funcionamiento de todo tipo de transportes, los cuales son fundamentales para el comercio y la movilidad.
- Sector residencial y comercial: la energía eléctrica es el referente más claro para continuar con el estilo de vida de la población del país, en el cual en teoría se cubren las necesidades básicas.

Finalmente, con el efecto de vinculación en la industria energética se puede promover el desarrollo económico mediante la creación de vínculos con otros sectores; sin embargo, la dependencia energética también puede generar significativos estragos económicos y

estratégicos. Se deben de tomar medidas a fin de evitar y mitigar los efectos negativos de la dependencia energética sobre otros sectores de la economía.

En conclusión, los conceptos, enfoques y teorías citados sirven para validar, y responder a los objetivos planteados tanto generales como específicos. Conociendo lo que se entiende por la energía y sus diferentes tipos y aplicaciones se puede entender de mejor manera el enfoque utilizado de la economía de la energía el cual explica la importancia de la energía en los procesos económicos productivos. También se entiende y dimensiona de más claramente lo que es la dependencia y seguridad energética, así como los efectos negativos económicos de esta y en contraste los beneficios de la seguridad energética tanto estratégicos como económicos. La Economía de la energía resalta cómo en el enfoque neoclásico no se considera a la energía como un factor modelo energético (Prades, 1997, págs. 14-43). Por otro lado, los modelos top-down, de acuerdo con Caballero & Galindo (2007) se integran por tres ecuaciones: 1. Demanda de energía; 2. Crecimiento con inversión; 3. Niveles de precios. Finalmente, el enfoque de Efecto de Vinculación (Linkage Effect) de Albert Hirschman (1958) nos da una idea de cómo la industria energética tiene un impacto sobre otros sectores e industrias de un país.

## **2 Consumo, producción de energía y crecimiento económico global y en México**

A nivel mundial el consumo de energía tanto primaria y final ha aumentado de forma ligera constante en la participación de las energías renovables y nuclear en años recientes (véanse las gráficas 2.1.2 a 2.1.7 y 2.2.4). Este aumento en el consumo y demanda de energía tiene como consecuencia el desarrollo de la industria y los sectores energéticos, así como el mismo desarrollo de las otras industrias y sectores con los que se tienen relaciones económicas, siendo el sector transporte y de servicios ejemplos claros. Para el caso de México, en años recientes el consumo nacional de energía ha venido aumentando, mientras que la producción ha venido disminuyendo hasta que en el año 2014 el consumo supero a la producción y se ha mantenido esta tendencia desde entonces (Anexo 2). Durante 2019, el consumo de energía en México superó 44.4% a la producción de energía primaria (SENER, 2020). Mas adelante se detallará a fondo como se conforma esta dependencia energética y como ha ido evolucionando en México.

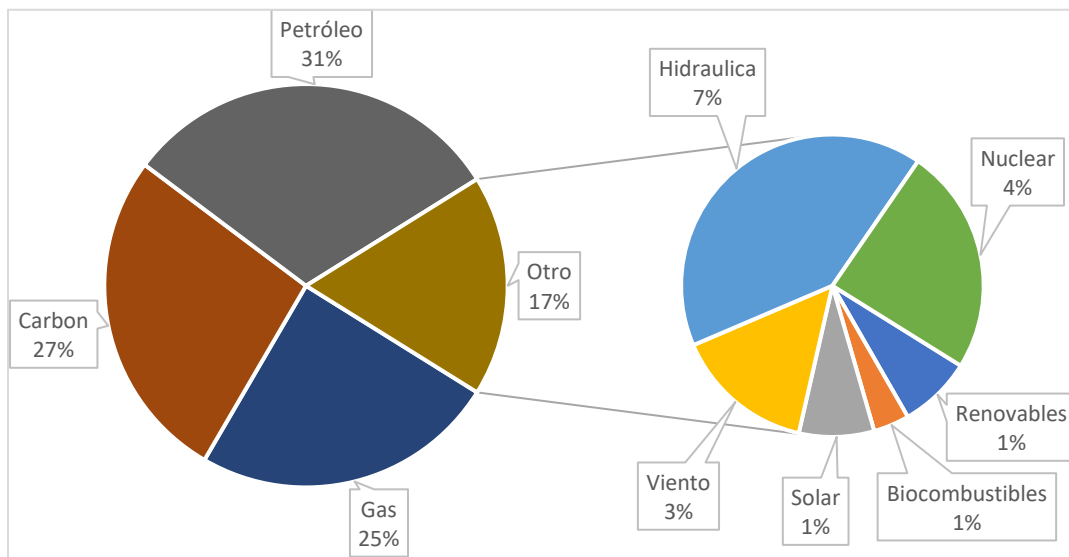
En 2000 se generaba casi el 20 % de la electricidad con gas natural (Para ver su definición véase el pie de página 4), para 2020 esa cifra se triplicó. Y la importación del combustible pasó en ese periodo del 51% a casi el 80% el año pasado (BBC News Mundo, 2021).

El objetivo del capítulo es conocer cuáles son las fuentes de energía presentes en el país con mayor demanda y / oferta durante el periodo 2000-2020, conocer su evolución e importancia estratégica económica a nivel global además se analizan algunos casos, donde ciertos países gracias a su infraestructura energética se les puede considerar como países con seguridad e independencia energética. También se estudia el crecimiento económico y su relación con la energía profundizando en el enfoque de la Economía de la Energía.

## 2.1 Consumo mundial de energía primaria por fuente

A nivel mundial la energía primaria ha innovado en sus diferentes elementos y procesos de transformación como fuente de energía a través de los años, así como también ha aumentado su demanda, consumo y / oferta. Las mayores fuentes de energía en el periodo 2000-2020 han sido el carbón, el petróleo y el gas natural. Aunque las fuentes de energía fósiles siguen aumentando en su demanda y / oferta también lo han hecho las fuentes de energía alternas y renovables como la energía nuclear, la hidroenergía, la energía eólica y solar. Esto ha mostrado a largo plazo una reducción en el porcentaje de participación de las energías fósiles mientras que el de las energías alternas y renovables ha aumentado (ver figura 2.1.2).

**GRÁFICA 2.1.1 : CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA POR FUENTE EN EL AÑO 2020 (TWh)**



Fuente: Elaboración propia con información de ourworldindata (2022).

Ya que se supone que el crecimiento económico está relacionado con el consumo y demanda de energía es importante analizar cómo ha evolucionado el crecimiento económico global en el periodo estudiado.

Para el año 2020 las fuentes de energía no fósiles (excluyendo petróleo, carbón, y gas) solo representaban un poco más del 17 % de la energía consumida en el mundo. El hecho de que fuentes de energía convencionales como el petróleo aun representen un porcentaje significativo de participación en la energía consumida en el mundo destaca la importancia económica y geopolítica a través del comercio de tal tipo de fuentes utilizadas, como ejemplo analizando la Gráfica 2.1.1 se puede observar que el porcentaje de participación para el año 2020 es de 31%.

La demanda se establece como un promedio de los picos de energía de la demanda actual más altos a fin de establecer la facturación de la energía demandada. Recapitulando, es con base a

en la demanda facturada que se cotizara el costo de la energía y no necesariamente al consumo actual.

El consumo se refiere a la energía utilizada, mientras que la demanda representa la tasa a la que se utiliza la energía. La demanda se mide en kilovatios (kW) y el consumo en kilovatios-hora (kWh).

Aunque el consumo pueda ser menor que la demanda, es la demanda máxima o promedio más alto la que determina los precios a pagar por el consumo de energía. Las empresas de servicios públicos cobran tarifas más altas durante los períodos de mayor demanda para fomentar la reducción del consumo.

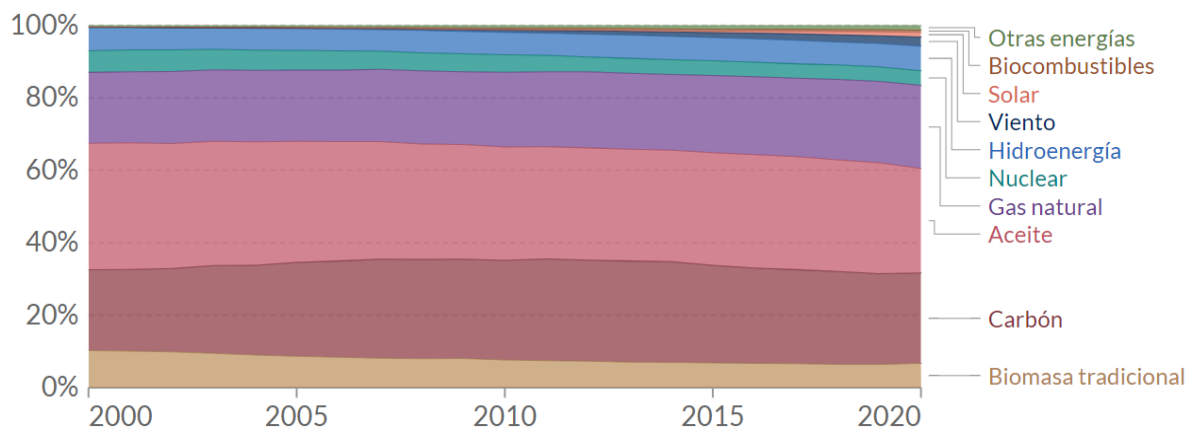
El consumo de energía varía con factores como las condiciones climáticas, el comercio internacional de energía y el crecimiento económico. Por tanto, el análisis conjunto de la demanda, el consumo, la oferta y la producción de energía es relevante para un consumo eficiente (energygap, 2023).

A pesar de que la demanda tiene una mayor relevancia en los costos de energía que el consumo, en la mayoría de los estudios de la demanda se considera casi siempre al consumo final, puede decirse que la demanda es la cantidad de energía que se espera sea consumida<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Se considera por lo tanto al consumo final sobre la demanda de energía para el análisis de la dependencia energética, no solo porque diversos organismos y gobiernos consideran en sus estudios y publicaciones al consumo como demanda de manera casi indiscriminada, sino que también la información específica respecto a la demanda es muy escasa.

**GRÁFICA 2.1.2 : PORCENTAJE DE CONSUMO GLOBAL DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE, 2020-2020**

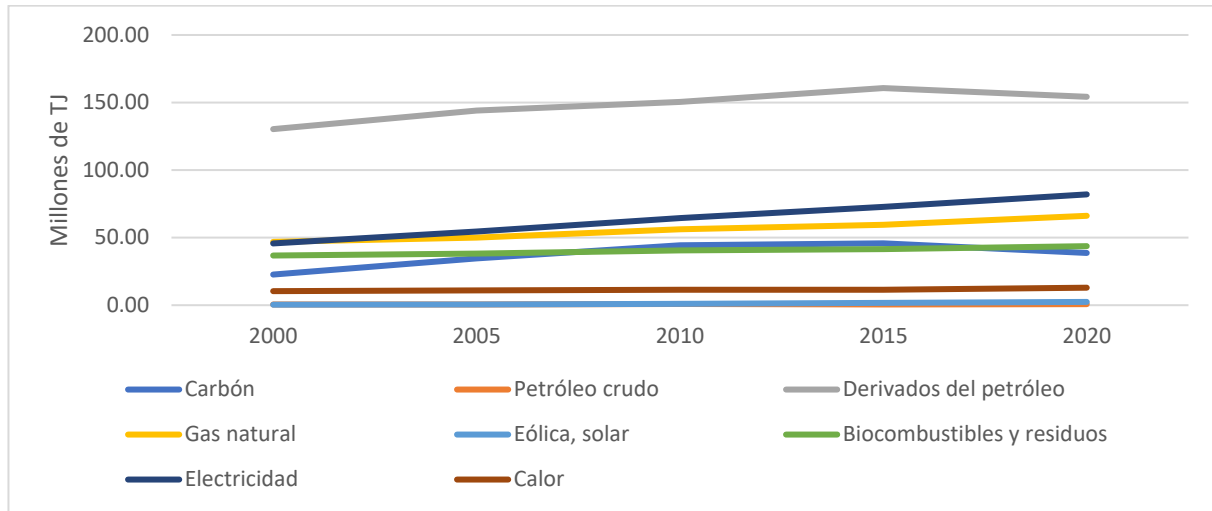


Fuente: Ritchie, Rosado & Roser (2020).

Analizando el consumo global se puede ver cuáles son las fuentes de energía primaria que más participación han tenido y como esta ha evolucionado (Gráfica 2.1.2), lo cual es de gran importancia para poder comparar México y su tendencia de consumo por fuentes primarias, es decir, si ha seguido las tendencias de consumo global o tiene una “dependencia de uso” por ciertas fuentes marcadas. Durante el periodo de estudio el gas natural el petróleo y el carbón son las fuentes de energía primaria más utilizadas sin cambios que puedan considerarse como significativos. Por otra parte, el consumo de energía primaria y final de las energías renovables ha aumentado ligeramente su porcentaje (Gráfica 2.1.4) y se espera que siga aumentando en los próximos años.

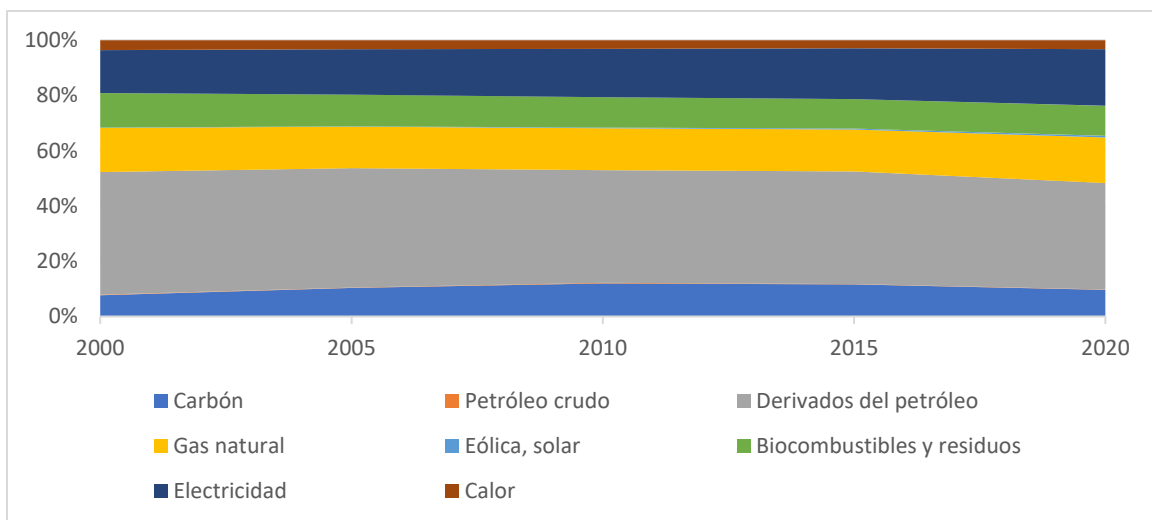
El “Consumo final” muestra el consumo compuesto de fuentes de energía primaria y secundaria (ver gráficas 2.1.3 y 2.1.4), por lo que dada la complejidad de la matriz eléctrica global y de cada país, el consumo final se puede considerar más realista en cuanto a las fuentes de energía utilizadas para la realización de actividades humanas.

**GRÁFICA 2.1.3 : CONSUMO GLOBAL FINAL TOTAL POR FUENTE, 2000-2020 (MILLONES DE TJ)**



Fuente: elaboración propia con información de IEA (2022). Consumo global en Tera Joules<sup>18</sup>.

**GRÁFICA 2.1.4 : PORCENTAJE DE CONSUMO GLOBAL FINAL TOTAL POR FUENTE, 2000-2020 (TJ)**



Fuente: elaboración propia con información de IEA (2022).

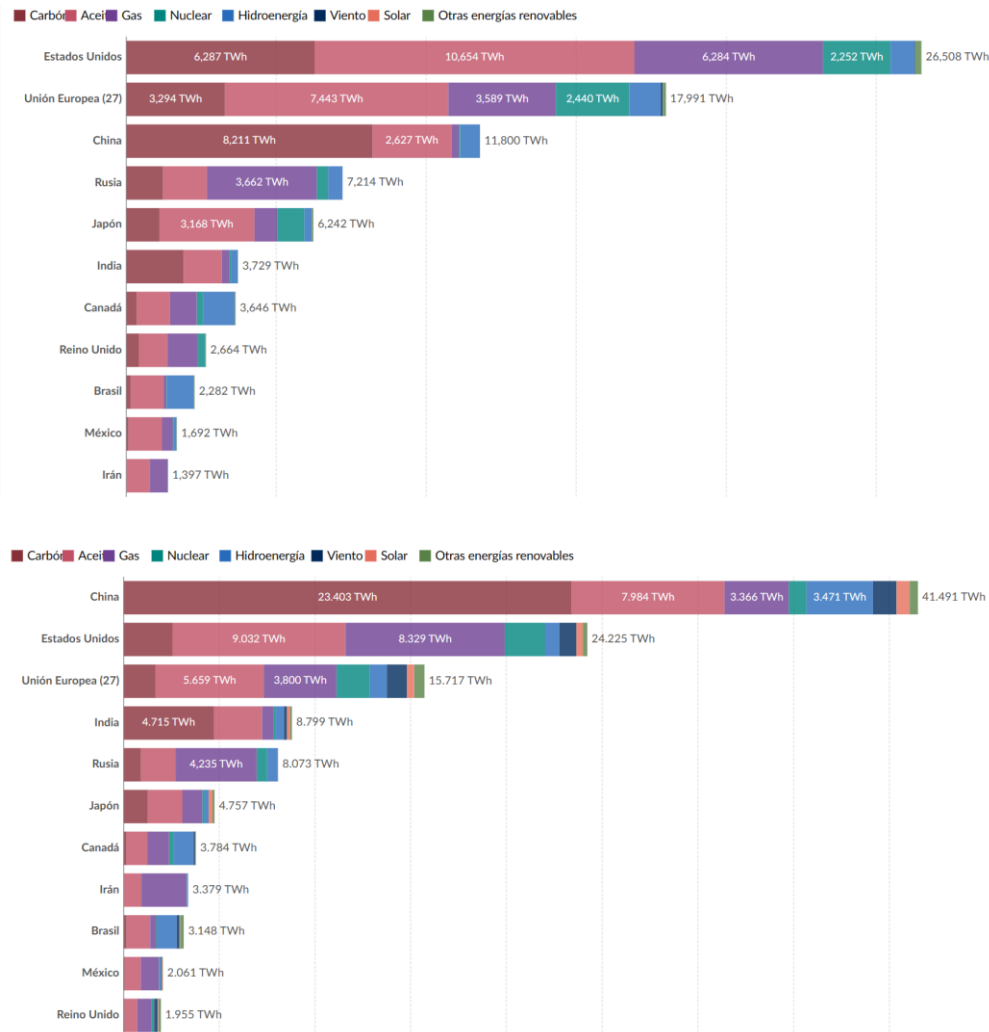
<sup>18</sup> La unidad base para un Tera Joules es Joule y el prefijo es Tera. El prefijo Tera se denota un factor de billón (10<sup>12</sup>), lo que significa que hay 1.000.000.000.000 de julios en un Tera Joules.

Al igual que el caso de consumo de energía primaria, para el consumo global final, las principales fuentes son combustibles fósiles y no renovables (IEA, 2022). Los productos derivados del petróleo son muy diversos desde gasolinas, gasóleo, petroquímicos, queroseno o coque de petróleo. El rastrear el origen y el uso de los productos derivados del petróleo es todo un desafío ya que también se usan para actividades diferentes de la generación y el consumo de energía. La información reflejada en la Gráfica 2.1.4 solo considera a los productos derivados del petróleo relacionados con la generación de energía. Se puede dimensionar el consumo final total de dichos productos ya que en parte el sector transporte representa alrededor de una cuarta parte de la energía consumida en la mayoría de los países, por otra parte, dichos productos también se utilizan para la generación de electricidad o inclusive de calor.

En un segundo grupo de fuentes de energía con menor porcentaje de consumo final se encuentran la electricidad, el gas natural, los biocombustibles y el carbón. Todas estas fuentes muestran una tendencia al alza, excepto el carbón, cuyo consumo ha disminuido desde 2015.

En un tercer y último grupo, con un consumo final total notablemente inferior al resto, se encuentran la energía térmica, la energía solar y eólica, y los biocombustibles.

**GRÁFICA 2.1.5 : CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE Y POR PAÍSES 2000-2020, CONSUMO EN 2020 (TWh)**



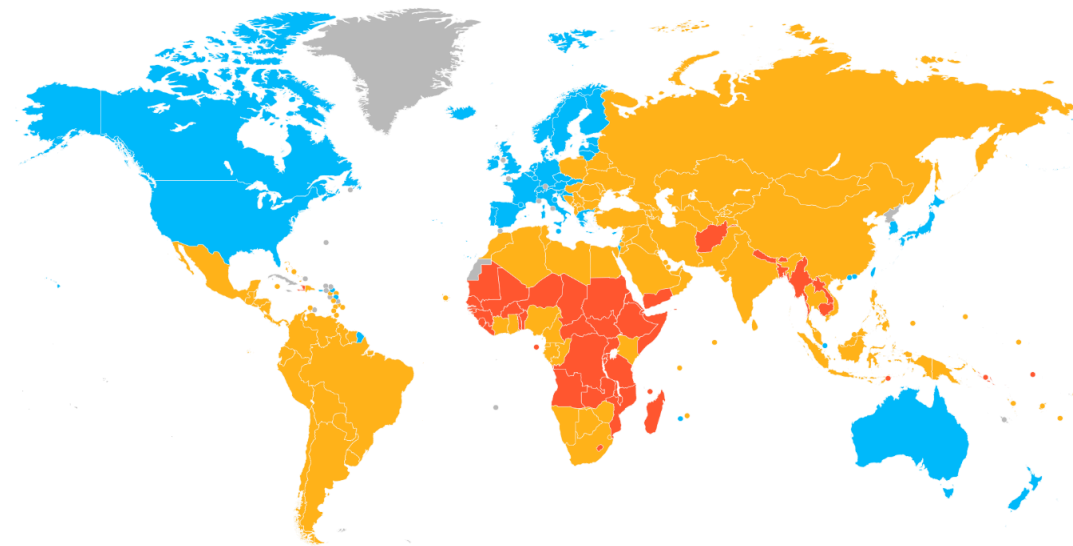
Fuente: Ritchie, Rosado & Roser (2020).

Los países de mayor consumo de energía para los años 2000 y 2020 son China y Estados Unidos junto con la Unión Europea, lo que se puede apreciar en la

Gráfica 2.1.5, estos también son los territorios que tienen un mayor PIB (GDP) durante el periodo de estudio 2000-2020 (Ver Gráfica 2.1.9). Aunque históricamente los Estados Unidos y la Unión Europea son quienes mayor consumo de energía registran, es el país de China el que con gran diferencia actualmente consume mayor energía y se espera que dicho consumo y su diferencia al resto de países sigan aumentando. El crecimiento económico, el cual se puede analizar con el PIB anual se relaciona con un mayor consumo de energía, esto da mayor relevancia a la seguridad y dependencia energética. Se puede

notar que se registró un crecimiento en la energía consumida para la mayoría de los países analizados entre el año 2000 y 2020, que China ha aumentado su consumo en 4 veces respecto al 2020; sin embargo, es de destacar que Estados Unidos y la Unión Europea redujeron ligeramente su consumo. Mientras que el país de México registró un aumento en dicho periodo. Un aumento en la economía de los países es acompañado de un crecimiento del consumo de energía, también se observa que en periodos de crisis económica como la del 2008 o el 2020, se reduce dicho consumo, con excepciones muy especiales como el país de China que mantuvo constante su consumo a pesar de las crisis económicas. Además, se observa que el crecimiento es mayor en los que se consideran “Países en vías desarrollo”, en este caso India, China, Brasil, Rusia, Irán o México. Mientras que países que se les considera como “Países Desarrollados” en azul, tal es el caso Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea o Japón muestran un consumo constante o inclusive con una tendencia a la baja durante el periodo de estudio. Geográficamente (Ilustración 1), los países desarrollados en azul importan la energía primaria y exportan la secundaria mientras que los países en vías desarrollo en amarillo y subdesarrollados en naranja exportan la energía primaria e importan la energía secundaria principalmente de los países desarrollados.

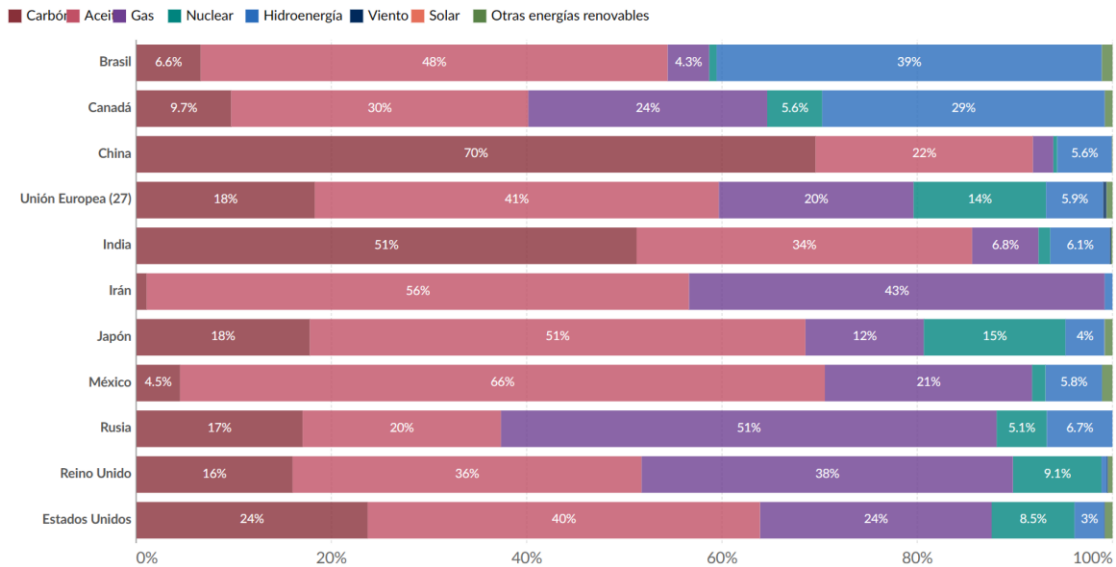
**ILUSTRACIÓN 1 : PAÍSES CLASIFICADOS COMO DESARROLLADOS, 2022**



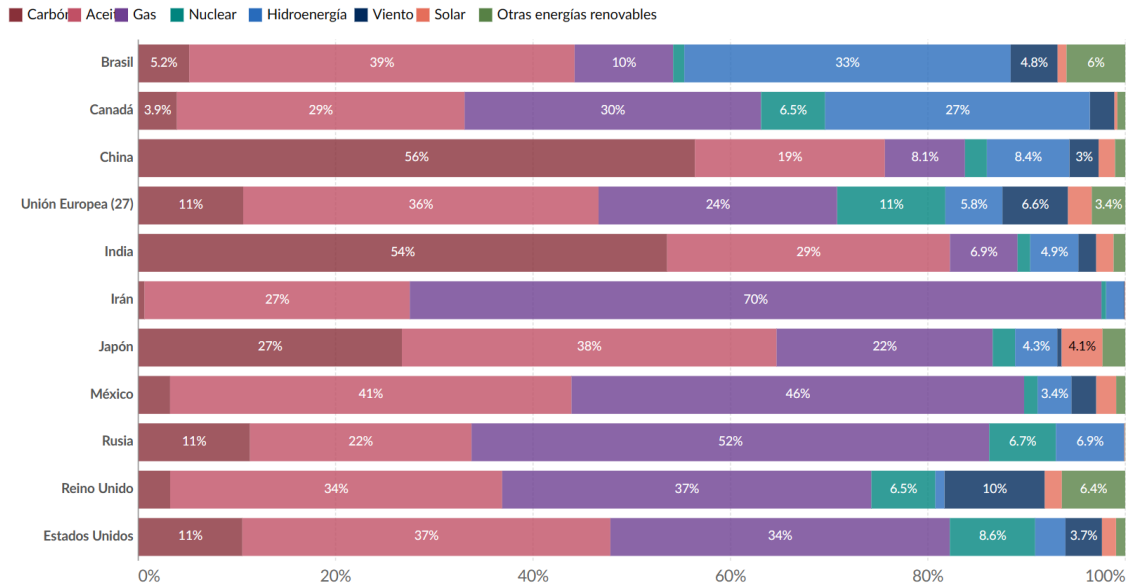
Fuente: (Hunter, 2022).

**GRÁFICA 2.1.6 : PORCENTAJE DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE Y POR PAÍSES, 2000 Y 2020 (TWH)**

**2000**



**2020**



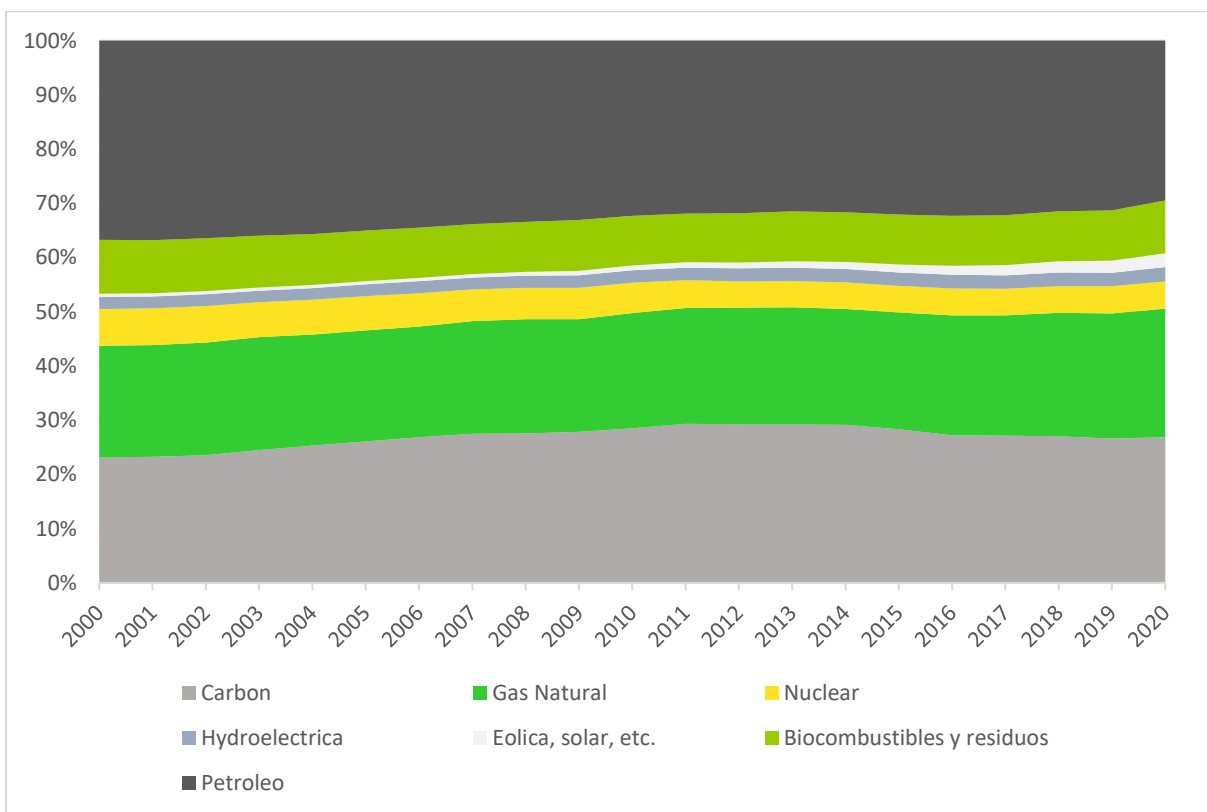
Fuente: Ritchie, Rosado & Roser (2020).

De acuerdo con la información presentada en los paneles de la Gráfica 2.1.6 los principales cambios que se destacan son una reducción en la participación del carbón y el

petróleo en la mayoría de los países. Mientras que se aprecia un aumento de la participación del gas natural y las energías renovables como la energía eólica y solar.

Los porcentajes en los tipos de energías utilizados varían entre países debido a diversas razones. El tipo de energía que utilizan los países depende de factores económicos, geográficos, geopolíticos, sociales o comerciales y su industria y matriz energéticas. Es por eso que, aunque el carbón haya reducido su porcentaje en la mayoría de los países, en la India, por ejemplo, este ha aumentado. Por lo tanto, no todos los países siguen las mismas tendencias de las fuentes de energías utilizadas.

**GRÁFICA 2.1.7 : PORCENTAJE DE OFERTA GLOBAL TOTAL POR FUENTE, 2000-2020**



Fuente: elaboración propia con información de IEA (2022).

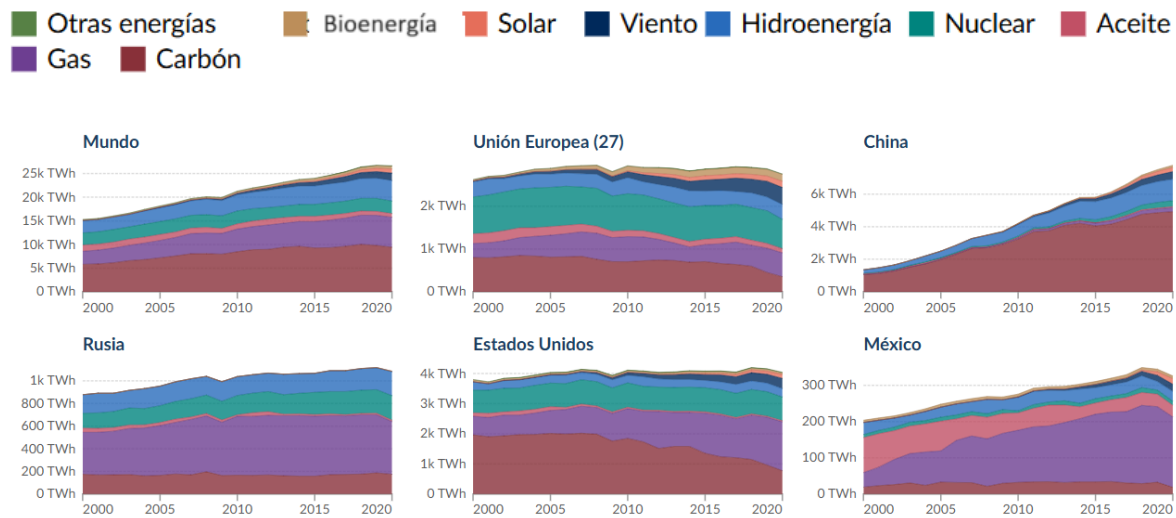
A inicios del periodo estudiado el petróleo ha reducido su porcentaje de oferta pasando de un 35% al 30% para el año 2020 (Véase la Gráfica 2.1.7). Las energías no renovables y fósiles siguen siendo las de mayor oferta, lo que representa un detrimento para el medio ambiente. Sin embargo, el aumento en oferta de las energías renovables como la eólica y solar o la hidroeléctrica representan beneficios para el medio ambiente y la diversificación

de las fuentes de energía disponibles lo que es también de beneficio para contrarrestar la dependencia energética.

### 2.1.1 Producción mundial de energía primaria y secundaria por fuente

Las fuentes de energía fósiles predominan con una mayor participación en algunos de los principales países y regiones del mundo en cuanto dimensiones económicas y sociodemográficas. Territorios y países desarrollados como los de la Unión Europea y los Estados Unidos son quienes más energía eléctrica han producido, aunque se observa un estancamiento y en años recientes un descenso, especialmente después de la pandemia del COVID-19 del 2020 (véase la Gráfica 2.1.8).

**GRÁFICA 2.1.8 : PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD POR FUENTE , 2000-2020 (TW/H)**



Fuente: ourworldindata.org (2022).

Países en desarrollo como Rusia, México y China muestran una tendencia más elevada en cuanto a su generación de electricidad. China especialmente ha sobrepasado a la Unión Europea y los Estados Unidos, convirtiéndose en el país que más energía eléctrica produce y manteniendo esta tendencia inclusive en los periodos de crisis económicas, esto sin embargo con un enorme costo y deterioro al medio ambiente considerando que el Carbón es la fuente principal para la generación de energía eléctrica en ese país. Se puede observar que mientras los territorios y países desarrollados han minimizado sus fuentes fósiles y aumentado las energías renovables y menos contaminantes, los países en

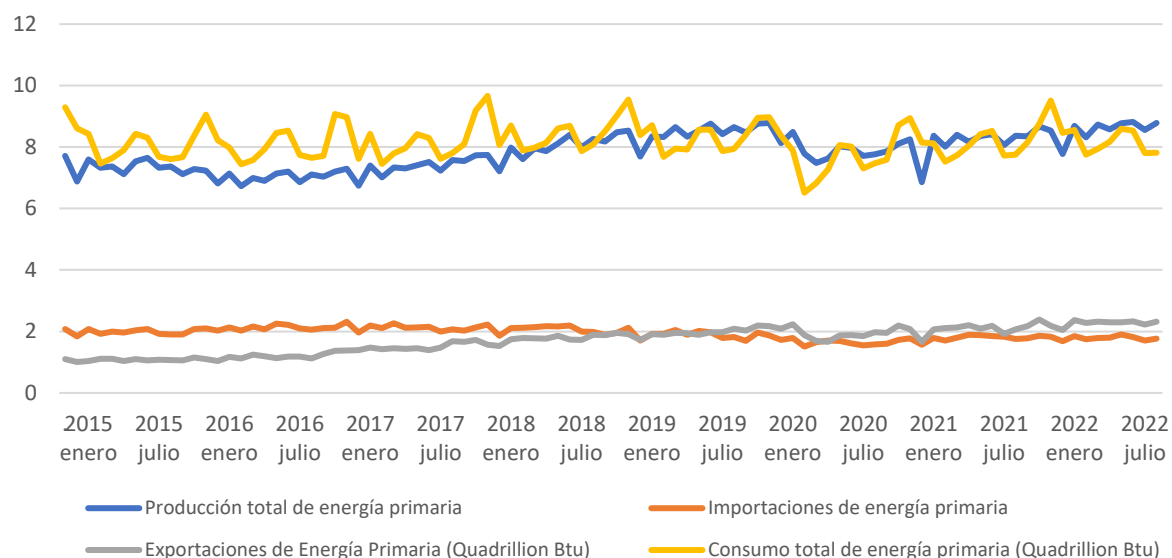
desarrollo han aumentado su participación de fuentes fósiles y difícilmente aumentado el uso de energías renovables.

México, sin embargo, está más expuesto a los riesgos y efectos negativos de la dependencia e inseguridad energética, ya que a comparación con Rusia o China el país no cuenta con una industria energética igual de desarrollada, lo que lo lleva a recurrir a las importaciones.

Por su parte, Estados Unidos, uno de los territorios que históricamente más energía han consumido y producido y que por lo tanto, tiene fuertes relaciones en el comercio de energía con México, ha visto variar sus fuentes de consumo de energía primaria, esto es de relevancia debido a que en todo el mundo existen casos en donde los países en vías de desarrollo, modernizan y especializan sus industrias energéticas a base de un número reducido de fuentes a fin de satisfacer la demanda de los países desarrollados y beneficiarse económicamente del comercio de la energía.

A finales del año 2018 la producción de energía primaria fue mayor que su consumo, esto por primera vez desde el año 1957 (véase gráfica Gráfica 2.1.9), mientras que las exportaciones de energía primaria han sido superiores a las importaciones a partir del año 2019 (US Energy Information Administration, 2023).

**GRÁFICA 2.1.9 : VISIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA PRIMARIA EN ESTADOS UNIDOS, 2015-2022 (CUATRILLONES DE BTU)**



Fuente: elaboración propia con información de U.S. Energy Information Administration (2023). Quadrillion BTU's<sup>19</sup> (Cuatrillones de BTU).

Se puede concluir que Estados Unidos, en el periodo especificado, es un país con seguridad energética pues su producción de energía alcanza a ser mayor que el consumo en ciertos periodos de tiempo recientes, y sus exportaciones son mayores que sus importaciones. Al menos a partir del año 2019 (Grafica 2.1.9), se tiene seguridad energética. Así como la inseguridad y dependencia energética genera problemas económicos y sociales, el caso contrario como el de los Estados Unidos, representa beneficios económicos y sociales. Mientras que México tiene que importar la mayor parte de la energía que consume, Estados Unidos puede exportar el excedente de sus fuentes de energía.

Estados Unidos no es el único país que exporta energía, como ejemplo se tienen a otros países industrializados como Francia y Rusia quienes exportan principalmente energía a base de fuentes nucleares y gas respectivamente. Un país con seguridad e independencia energética y que inclusive puede exportar sus excedentes de energéticos tiene varios beneficios.

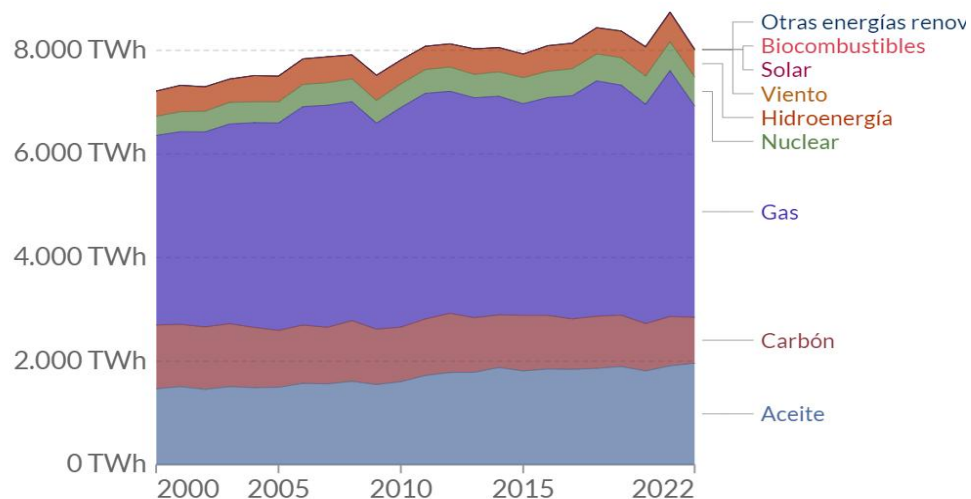
<sup>19</sup> "Quadrillion BTU's". Un quad es una unidad de energía equivalente a  $10^{15}$  (un cuatrillón a pequeña escala) BTU,[1] o  $1,055 \times 10^{18}$  julios (1,055 exajulios o EJ) en unidades SI.

Rusia por ejemplo es uno de los tres principales productores de crudo del mundo, junto con Arabia Saudí y Estados Unidos. Muchas naciones cubren sus necesidades energéticas con importaciones de este país, debido a que cuenta con una gran oferta de fuentes de energía. Sus exportaciones tienen un impacto en la economía y sobre la industria energética.

El país depende significativamente de los ingresos procedentes del petróleo y el gas natural, que en 2021 representaron el 45% del presupuesto federal. En 2021, la producción rusa de crudo y condensado alcanzó los 10,5 millones de barriles diarios (bpd), lo que representa el 14% del suministro total mundial. Rusia cuenta con instalaciones de producción de petróleo y gas en todo el país, ... Se calcula que en 2021 Rusia exportó 4,7 millones de bpd de crudo siendo China el mayor importador de crudo ruso (1,6 millones de bpd), Rusia también exporta un volumen importante a compradores de Europa (2,4 millones de bpd). Además produce varios tipos de crudo, pero su principal mezcla de exportación son los Urales, un crudo de acidez media (IEA, 2022).

Sin embargo, esta seguridad energética tiene un costo ambiental ya que las fuentes de energías no renovables y fósiles son las que tienen mayor participación (véase la Gráfica 2.1.10).

**GRÁFICA 2.1.10 : CONSUMO DE ENERGÍA POR FUENTE EN RUSIA, 2000-2022 (TWh)**



Fuente: ourworldindata.org (2022).

Rusia también produce la mayoría de la energía que consume:

Rusia consumió 32,832,743,720,000 BTU (32.83 cuatrillones de BTU) de energía en 2017. Esto representa el 5.64% del consumo mundial de energía. Rusia produjo 61.533.584.970.000 BTU (61,53 cuatrillones de BTU) de energía, cubriendo el 187% de sus necesidades anuales de consumo de energía (worldmeter.info, s.f.)

Esto es en parte gracias a sus grandes reservas de fuentes de energía primaria y a su industria energética desarrollada y aunque importa energía eléctrica también es capaz de cubrir la demanda interna de este tipo de energía, “En 2016, Rusia generó 1.031.318.060 MWh de electricidad, cubriendo el 113% de sus necesidades de consumo anual. Rusia consumió 909.571.060 MWh de electricidad en 2016 (worldmeter.info, 2023)”.

El sistema de oleoductos Druzhba de aproximadamente 5.500 km, la red de oleoductos más larga del mundo transporta 750.000 bpd de crudo directamente a las refinerías en Europa oriental y central. Suministrando el 20% del total de los rendimientos de crudo de refinería europea (IEA, 2022).

Se estima que la industria energética rusa tiene 6.9 millones de bpd de capacidad de refinación y produce una cantidad sustancial de productos derivados del petróleo, como gasolina y Diesel. Las empresas energéticas del país han invertido significativamente en capacidad de refinación primaria y secundaria. La estrategia energética ha sido priorizar la autosuficiencia en gasolina, por lo que tiende a exportar volúmenes mínimos. Las refinerías rusas producen aproximadamente el doble del Diesel necesario para satisfacer la demanda interna y, por lo general, exportan la mitad de su producción anual, principalmente a Europa.

Rusia es un importante exportador de gasóleo de vacío<sup>20</sup> y fuelóleo pesado<sup>21</sup>. En 2021, las refinerías rusas procesaron 5,6 millones de bpd de crudo y exportaron 2,8 millones de bpd de productos petroleros. Europa sigue siendo un mercado importante para los productos petrolíferos rusos. En 2021, Rusia exportó 750,000 bpd de Diesel a Europa, satisfaciendo el 10% de la demanda (IEA, 2022).

El gas natural representa la fuente de energía de mayor relevancia, la más utilizada para generación de energía y la que más se exporta. Detrás de los Estados Unidos, Rusia es

---

<sup>20</sup> Gasóleo de vacío: Se trata de un producto derivado del petróleo, el gasóleo, también denominado gasoil o diésel, es un líquido de color blanquizco o verdoso y de densidad sobre 850 kilogramos por metro cúbico, compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción (Química.Es, s.f.).

<sup>21</sup> Fuelóleo pesado: es otro derivado del petróleo, es un combustible residual generado durante la destilación del crudo, se trata de combustibles que se utilizan para generar movimiento o los combustibles para generar calor (energía) que tienen una alta viscosidad y densidad (Estrella & Vílchez, 2014).

el segundo mayor productor mundial de gas natural, con las mayores reservas de gas del mundo, siendo también el mayor exportador de gas del mundo. En 2021, el país produjo 762 bcm de gas natural y exportó aproximadamente 210 bcm (metros cúbicos de gas natural) a través de tuberías.

Para la exportación de gas natural el país cuenta con gasoductos de gran alcance, tanto a través de rutas de tránsito a través de Bielorrusia y Ucrania<sup>22</sup>, como a través de gasoductos que envían gas directamente a Europa destacan los gasoductos Nord Stream, Blue Stream y TurkStream. El gas natural de Rusia representó el 45% de las importaciones y casi el 40% de la demanda de gas de la Unión Europea en 2021 (IEA, 2022). Esta proporción ha aumentado en los últimos años, ya que la producción nacional europea de gas natural ha disminuido, principalmente debido a las políticas tomadas que favorecen la transición energética. Alemania, Turquía e Italia son los mayores importadores de gas natural ruso. Ciertos países europeos importan la mayoría de su gas de Rusia: Bosnia y Herzegovina 100%, Moldavia 100%, Macedonia del Norte 100%, Letonia 92%, Serbia 89%, Austria 86% (statista, 2023), estos ejemplos reflejan un escenario extremo de dependencia energética.

Rusia está buscando desarrollar el gasoducto Power of Siberia-2, que suministraría a China desde los campos de gas de Siberia Occidental. Además, Rusia ha estado expandiendo su capacidad de gas natural licuado<sup>23</sup> (GNL), con el fin de competir con las crecientes exportaciones de GNL de los Estados Unidos, Australia y Qatar. En 2021, el gobierno lanzó un plan de desarrollo de GNL a largo plazo, apuntando a exportaciones de GNL de 110-190 bcm/año para 2025. En 2021, Rusia exportó 40 bcm de GNL, lo que representa aproximadamente el 8% del suministro mundial de GNL.

Finalmente, el país tiene intenciones de expandir y desarrollar su industria energética en el Ártico:

En los últimos años, Rusia se ha centrado cada vez más en el Ártico como una forma de aumentar la producción de petróleo y gas y compensar las disminuciones en los sitios de producción existentes y más antiguos. El Ártico representa más del 80% de la producción de gas natural de Rusia y un estimado del 20% de su producción de crudo (IEA, 2022).

El país cuenta con grandes reservas de energía primaria principalmente fuentes de energía fósiles como petróleo, el carbón y el gas, estas tienen una participación y

---

<sup>22</sup> Aunque dichos gaseoductos están instalados en el país, debido a la reciente invasión de Rusia a Ucrania no debe descartarse que dichos gasoductos estén en desuso o inclusive hayan sido desmantelados. La razón para no dar una respuesta concreta es que para el año 2023 la información con la que se cuenta respecto al uso de los gaseoductos es poco concreta y transparente.

<sup>23</sup> Gas natural licuado: es gas natural que ha sido procesado para ser transportado en forma líquida.

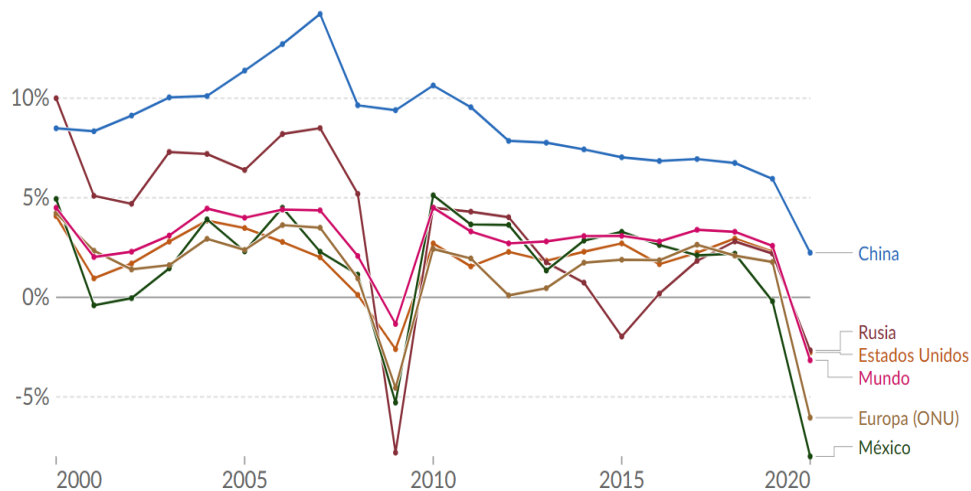
relevancia económica en el país, siendo las principales fuentes de consumo de energía del país. El gas, el carbón y recientemente la energía nuclear e hidroeléctrica han sido las principales fuentes para la producción eléctrica del país (Ver anexo 3). El país ha capitalizado sus reservas y excedentes de energía pudiendo beneficiarse económicamente de la exportación de estas, en parte gracias a la creación y desarrollo de las infraestructuras energéticas que le ha permitido al país refinar, almacenar y transportar la energía a nivel nacional e internacional. La exportación de energía primaria le permitió al país hacerse de ingresos en el periodo estudiado, ingresos que al igual que en México, el gobierno depende considerablemente, es por esto último que Rusia ha buscado expandir su capacidad para exportar su energía. Aunque el país cuenta con grandes reservas de energía primaria, son los procesos más especializados como el refinamiento y la conversión a energía secundaria como la eléctrica lo que permite que un país pueda potenciar y llevar a cabo la realización de procesos productivos. Dichos procesos de refinamiento y generación en algunos casos se llevan a cabo en países extranjeros importadores de energía primaria con una industria energética más en refinación y transformación, una vez que la energía primaria se puede utilizar como energía secundaria, energético o energía eléctrica es comercializada a precios de mercado y en casos muy específicos a precios fijados por un pequeño grupo de empresas.

## **2.2 Crecimiento económico global**

Evaluando el crecimiento económico se aprecia la relación con los cambios en la oferta y demanda de energía (véase la Gráfica 2.2.1, Gráfica 2.2.2, Gráfica 2.2.3). Algunos de los territorios que más energía consumen y producen son también aquellos que tienen mayores tasas de crecimiento y un Producto interno Bruto o GDP mayor como los Estados Unidos, la Unión Europea o China (véase

Gráfica 2.1.5 y Gráfica 2.1.6).

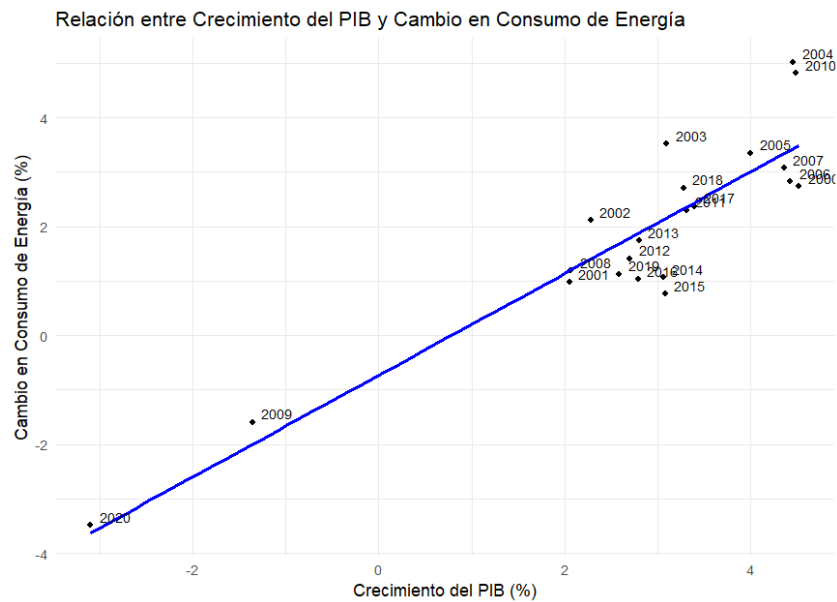
**GRÁFICA 2.2.1 : TASA DE CRECIMIENTO ECONÓMICO, 2000-2020**



FUENTE: OURWORLDINDATA.ORG (2022).

En la Gráfica 2.1.1 se puede apreciar que, en el periodo de estudio, el crecimiento global se ha mantenido constante. Sin embargo, de acuerdo con los ciclos económicos también se identifica que existen diversas fases de expansión y recesión, así como puntos notables de auge y depresión. En la mayor parte de dicho periodo se aprecia un crecimiento global ininterrumpido salvo a finales de la década de los 2000, la crisis económica durante los años 2008-2009 y más recientemente de los años 2020, donde se registraron un crecimiento cero y negativos seguidos por etapas de recuperación, tales periodos de recesión se pueden atribuir a las crisis económicas ocurridas en dichos periodos que tuvieron un impacto global con efectos diferenciados entre los países. De los países que se observan en la gráfica 2.2.1 se nota que la mayor tasa de crecimiento es la de China con gran diferencia de países como Estados Unidos o la Unión Europea, inclusive en la crisis del 2008 la recesión en este país asiático fue mucho menor en comparación a los otros países. México y Estados Unidos muestran una tendencia similar en cuanto a su crecimiento económico con las diferencias de que la economía de México muestra recesiones con puntos de caídas más severa en los periodos de crisis más importantes, esto no solo en comparación con los Estados Unidos, sino que también con la tasa de crecimiento del resto del mundo.

## GRÁFICA 2.2.2 : RELACIÓN ENTRE LAS TASAS DE CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA MUNDIAL Y CRECIMIENTO DEL PIB MUNDIAL, 2000-2020



Fuente: elaboración propia en R-studio con información de ourworldindata.org (2023) y worldbank.org (2023). Nota: PIB (GDP) en precios de 2017; Consumo (energía primaria: en Terawats por hora).

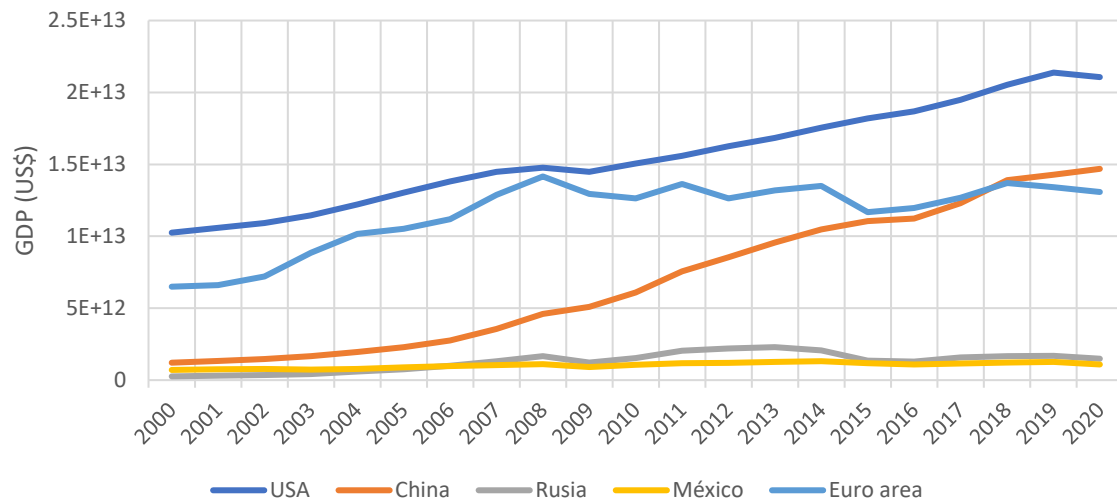
Por cada año se muestra la relación que hay entre el Consumo de energía primaria y el crecimiento del Producto interno Bruto a nivel Global (Véase la Gráfica 2.2.2). En general se muestra una tendencia positiva en esta relación (pendiente azul). Con esta misma tendencia se aprecia una fuerte correlación (más cerca del pendiente azul mayor relación) entre las dos variables sugiriendo que el consumo está bien explicado por el PIB, por lo tanto, si el PIB aumenta también lo hace el consumo y viceversa. Los años 2020 y 2009 son de casos específicos en donde las tasas de crecimiento y de consumo son bajas e inclusive negativas a causa de las crisis económicas en dichos años.

Finalmente, con base en la información anterior se aprecia que para México en diversos años su tasa de crecimiento fue superior no solo la de los Estados Unidos, sino que también a la tasa de crecimiento global. De acuerdo con la teoría de crecimiento de Solow sobre la convergencia incondicional o absoluta<sup>24</sup> es común que los países que se les

<sup>24</sup> La teoría del crecimiento de Solow sobre la convergencia económica alude al proceso en el cual los países y las regiones pobres o en desarrollo tienen mayores tasas de crecimiento que los países o las regiones ricas, en el largo plazo el ingreso per cápita de los países y las regiones tiende a igualarse.

consideran en vías de desarrollo muestren tasas de crecimiento más altas que países más desarrollados (Solow, 1956), por eso debe de considerarse el crecimiento en la producción (PIB o GDP) de cada país, ya que, aunque un país tenga tasas de crecimiento superiores, puede reflejar una producción mucho menos significativa en conjunto al resto de países. El crecimiento de la producción también representa un crecimiento en el consumo y la demanda global de energía.

**GRÁFICA 2.2.3 : PRODUCTO INTERNO BRUTO POR PAÍSES, 2000-2020 (GDP USD)**



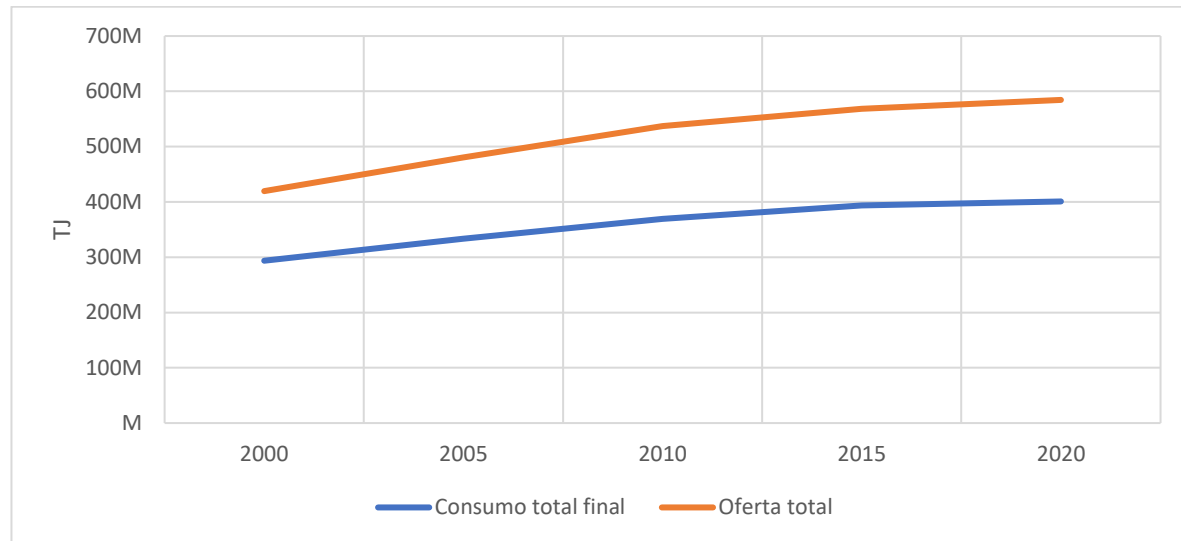
Fuente: elaboración propia con información de worldbank.org, 2023.

En la Gráfica 2.2.3 se muestra el crecimiento económico (GDP) o PIB comparado entre los países y regiones de mayor relevancia. Se puede apreciar que, en contraste a la tasa de crecimiento de cada país, aunque China tiene una mayor tasa de crecimiento (véase la Gráfica 2.2.1), Estados Unidos y La Zona Euro tienen una mayor producción en la mayor parte del periodo. Sin embargo, en años recientes se aprecia la tendencia de como Estados Unidos, la Unión Europea y China convergen en un mismo nivel de crecimiento económico (PIB).

Recordando que conforme la economía de un país crece y se desarrolla, aumenta su consumo y demanda de energía, se destaca la importancia que se cuenten con seguridad e independencia energética a fin de garantizar el crecimiento y el bienestar económico del país conforme pasan los años. Una forma de estudiar la relación “crecimiento-consumo” es evaluando el mismo consumo de cada nación, aunque también se consideran las importaciones de energía primaria y secundaria. Nuevamente el enfoque de la Economía

de la Energía permite darnos una idea de la relevancia que tiene la energía en los procesos productivos y la economía del país (véase la Gráfica 2.2.4).

**GRÁFICA 2.2.4 : OFERTA TOTAL Y CONSUMO FINAL TOTAL GLOBAL, 2000-2020 (MILLONES DE TJ)**



Fuente: elaboración propia con información de IEA (2022).

Según información de la Agencia Internacional de Energía, la oferta de energía se ha mantenido sobre el consumo en el periodo de estudio incluso en los periodos de crisis económicas, como en 2008 o 2020 véase la Gráfica 2.2.4).

En este capítulo sobre el consumo, la producción de energía y el crecimiento económico se puede concluir que las tres variables se relacionan. Mientras la economía de un país crece y se desarrolla también crecerán sus necesidades energéticas, y por ende aumenta la demanda y la producción de energía. El desarrollo de la industria energética nacional por lo tanto es crucial para garantizar el abasto de las necesidades energéticas que ponen en marcha los diversos procesos productivos, esto a precios que no estarían sujetos al mercado internacional y por ende tienen un menor costo.

### **3 Matriz y balance de energía en México**

En este capítulo se pretende identificar cuáles son las fuentes de energía de más relevancia, es decir, de mayor participación y uso en el país, lo cual nos permite

comprender de mejor manera la dependencia energética en México. Aunque en México las fuentes de energía renovables tienen presencia y participación estas solo representaron un porcentaje menor al 30% para el año 2020 (SENER, 2019), por lo que aún se depende principalmente del uso de las fuentes y energías fósiles. Dicha dependencia por las energías fósiles se refleja en la importación y exportación de energía, en la generación y consumo, así como las fuentes de energía utilizadas en las industrias y actividades económicas del país.

Analizando el periodo 2000-2020, las fuentes de energía presentes en México han sido en su mayoría fuentes no renovables catalogadas como fósiles o no limpias. La mayoría de la energía eléctrica y energéticos se generan con fuentes de energía no renovables y no limpias. Para los combustibles como gasolinas y naftas, es un escenario similar, ya que estos productos se elaboran principalmente con fuentes de energías no renovables como el petróleo y el gas natural.

Sabiendo que para la realización de actividades humanas especializadas con fines económicos se requiere algún tipo de energía, se analizan cuáles son estas actividades económicas y el tipo de energía que utilizan, así como las clasificaciones utilizadas para el caso de México.

El objetivo de este capítulo es estudiar la Matriz Energética y el Balance Energético del país desde el consumo, su composición, las fuentes de energía presentes, su generación y distribución. Además de comprender la importancia de las fuentes de energía sobre las actividades económicas del país, y los problemas a solucionar para contrarrestar la dependencia energética que año con año se ha vuelto más grave. Tanto la matriz como el balance energético son representaciones amplias y complejas de la industria energética de un país con el fin de enfocarse en la dependencia energética, por ello la estructura de este capítulo se centra en el consumo nacional, las fuentes de energía primaria y secundaria y su consumo, el consumo final de energía y la producción y generación de energía.

### **3.1 Matriz y Balance energético en México, 2000-2020**

Una matriz energética es una representación de la producción y consumo de energía en una región o país. En ella se describen las diferentes fuentes de energía disponibles y se desglosa principalmente en: consumo, producción y conversión de energía.

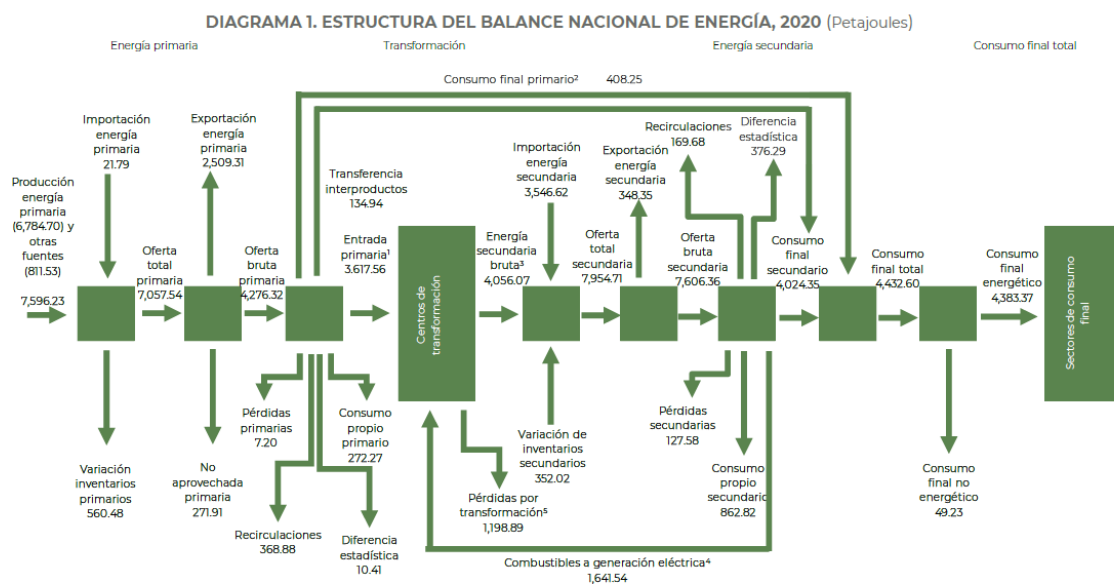
Por otro lado, un Balance Energético al igual que la Matriz, muestra la energía consumida y producida por un país, se considera la energía nacional y la extranjera, es decir que se consideran tanto importaciones como exportaciones.

En la Figura 3.1 se muestra el Balance de Energía en México, el cual es muy complejo e interrelacionado. El analizar el balance nos permite comprender de mejor manera los

procedimientos que abastecen la oferta y demanda de energía en el país y por ende la seguridad y dependencia energética.

El Balance Nacional de Energía presenta la información relativa a la oferta y demanda de energía para una zona geográfica específica, tanto a nivel nacional como regional, asociada a un periodo de tiempo determinado. Se basa en un conjunto de relaciones de equilibrio que contabilizan la energía que se produce (origen), la que se intercambia con el exterior, la que se transforma, la de consumo propio, la no aprovechada y la que se destina a los distintos sectores y agentes económicos (destino final) (SENER, 2022, p.209).

**FIGURA 3.1 : BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA, 2020 (PJ)**



FUENTE: Sistema de Información Energética. SENER.

La suma de los parciales puede no coincidir con los totales, debido al redondeo de las cifras.

1 Carbón: 191.23; Petróleo crudo 1,303.13; Condensados 7.26; Gas natural 1,072.66; Nucleoenergía 125.62; Hidroenergía 96.97; Geoenergía 112.21; Energía eólica 70.93; Bagazo de caña 57.82; Biogás 2.53 y Energía solar 34.02

2 Carbón: 20.95; Energía solar: 16.28; Bagazo de caña: 40.74; Leña: 330.28

3 Coque de carbón: 18.47; Petrolíferos: 1,163.15; Productos no energéticos: 100.15; Gas seco: 578.90; Electricidad: 1,172.62

5 Coquizadoras y hornos: 6.47; Refinerías y despuntadoras: 57.06; Plantas de gas y fraccionadoras: 2.24; Centrales Eléctricas públicas: 575.81; Centrales Eléctricas PIE: 373.38; Centrales Eléctrica autogeneración: 76.74; Centrales Eléctrica con otros permisos: 107.19

Fuente: (SENER, 2020).

La Figura 3.1 muestra la estructura del balance de energía del año 2020, desde la producción de energía primaria hasta consumo final. Se puede apreciar que la SENER ha clasificado 4 etapas principales; Energía primaria (extracción y / obtención), Transformación, Energía secundaria y Consumo final total. En cada una de estas se realizan procesos específicos relacionados entre ellos para su funcionamiento.

### 3.2 Consumo nacional de energía<sup>25</sup>

El consumo nacional de energía está compuesto por todo el consumo del sector energético, las recirculaciones,<sup>26</sup> la diferencia estadística<sup>27</sup> y el consumo final total (véase la Tabla 3.2.1). Gracias al estudio del consumo nacional se puede comprender de mejor manera a que actividades se dirige la energía en el país y en que se consume. De acuerdo a datos de la SNER (2020) para el año 2020 el Consumo nacional de energía se destinaba en primer lugar al consumo final total (56.64%) destinado a los sectores principales (Transporte, Industrial; Residencial, comercial y público; Agropecuario), en segundo lugar, se encuentra el consumo del sector energético (31.54%) y en tercer lugar están las recirculaciones y diferencia estadística (11.82). Transporte e Industrial representaron un 38.87% y 32.35% respectivamente del Consumo Final Total de Energía, mientras que el sector Residencial, comercial y público y el Agropecuario solo representan el 24.54% y 4.24% cada uno.

**TABLA 3.2.1 : CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA POR RUBRO, 2020 (PJ)**

	2020	%
<b>Consumo Nacional</b>	<b>7826.6</b>	<b>100</b>
<b>Consumo del sector energético</b>	<b>2468.24</b>	<b>31.54</b>
Consumo por transformación	1198.38	15.32
Consumo propio	1135.08	14.50
Pérdidas por distribución	134.78	1.72
<b>Recirculaciones y Diferencia Estadística</b>	<b>975.11</b>	<b>11.82</b>
<b>Consumo final total</b>	<b>4432.59</b>	<b>56.64</b>
Consumo no energético	49.22	0.63
Consumo energético	4383.37	56.01

Fuente: (SENER, 2020).

En la Gráfica 3.2.1 puede notar que el consumo nacional ha venido aumentado de forma constante principalmente el consumo del sector y el consumo energéticos. Además, se observa que ha habido un aumento de las actividades económicas del país que demandan

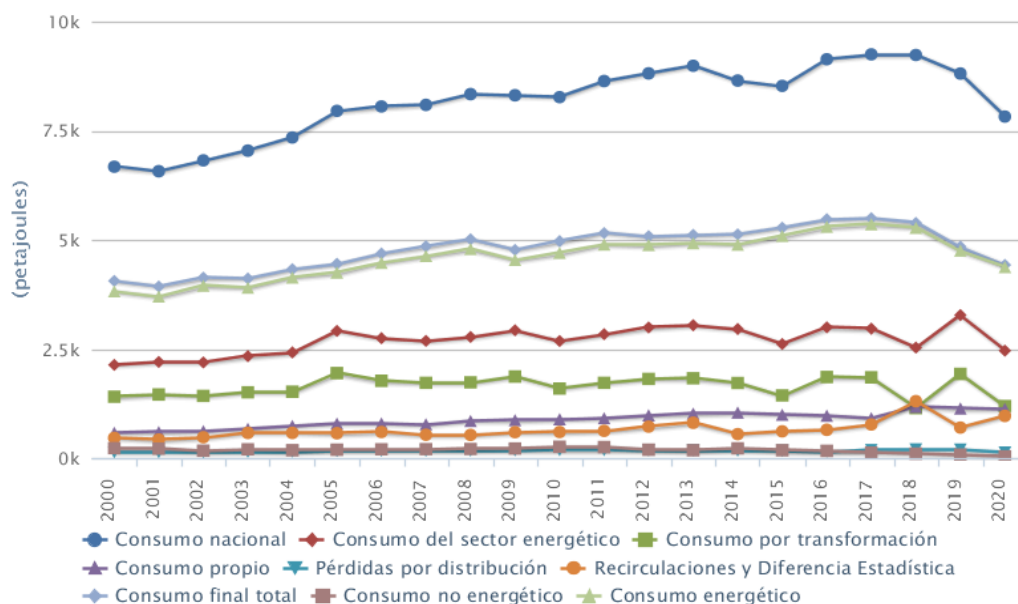
<sup>25</sup> Para fines del Balance Nacional de Energía, el consumo nacional de energía es igual a la oferta interna bruta total.

<sup>26</sup> Gas seco utilizado en bombeo neumático y sellos, el cual se define como un sistema artificial de producción que se emplea para elevar el fluido de un pozo de petróleo mediante la inyección de gas a través de la tubería de producción (SENER, 2019).

<sup>27</sup> Con esta variable se ajustan las diferencias entre la oferta y la demanda de energía producidas por la conversión de unidades.

más energía, actividades relacionadas a los sectores industrial, energético, transporte y residencial. Finalmente han aumentado la generación de energía en el país y por lo tanto la demanda y el consumo han aumentado.

**GRÁFICA 3.2.1 : EVOLUCIÓN DEL CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA POR RUBRO EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

Comprender como está integrado el consumo de energía nos permite entender la eficiencia y las mejoras económicas de un país. Siendo un insumo esencial, para casi todos los sectores, el uso eficiente de energía tiene un impacto significativo en la competitividad y la sostenibilidad económica.

La cantidad de energía utilizada para transformación, el consumo propio y las pérdidas por distribución son indicadores de eficiencia en la industria energética. En cuanto al Consumo Final, un alto consumo energético representa el elevado grado de actividad económica.

Un consumo eficiente de energía puede reducir costos para empresas, aumentar la competitividad internacional, así como disminuir la dependencia energética. Mejoras en las pérdidas de energía y eficiencia en la transformación pueden contribuir a una menor huella ambiental, esto es de relevancia ya que en años recientes los efectos negativos del cambio climático sobre la economía son cada vez más evidentes como las sequías, la baja

productividad en agricultura o el gasto en electricidad destinado al aire acondicionado a causa de las altas temperaturas.

### **3.3 Consumo del sector energético**

El sector energético, abarca los procesos de extracción, conversión, almacenamiento, transmisión y distribución de energía con excepción de la energía utilizada en el consumo final. En el consumo del sector energético se consideran: el consumo propio por transformaciones; el consumo propio del sector (energético); y las pérdidas por distribución y almacenamiento. El consumo del sector energético se ha mantenido relativamente constante con una tendencia al alza en el periodo de estudio con excepción de principios del 2018 y del 2020 donde se observan reducciones (véase la Gráfica 3.2.1). En México desde hace varios años se ha observado un problema de producción y de eficiencia en el sector energético, esto puede explicar la falta de crecimiento del consumo del sector, aunque también se debe de considerar que podrían haberse realizado innovaciones en los procesos de generación del sector energético que reducen el mismo consumo. Un ejemplo de consumo del Sector Energético son los centros de transformación que procesan la energía primaria para obtener energía lista para ser consumida, siendo el más claro ejemplo la electricidad. Estos centros de transformación requieren energía la cual es utilizada como ya se ha detallado en Consumo por transformación, Consumo propio y Pérdidas por distribución, esto finalmente para generar más energía para diferentes usos y actividades humanas. Entender cómo funciona el sector energético significa entender cómo se obtiene la energía que un país utiliza, cuáles son los procesos que se llevan a cabo, y cuál es la infraestructura en el país para poder generar energía.

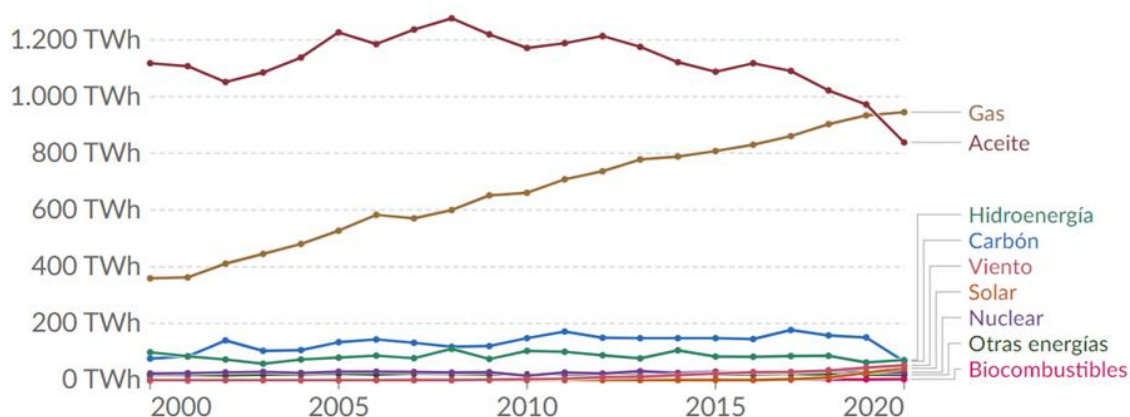
Para la generación de energía en México los centros de transformación comprenden en su mayoría fuentes de energía no renovable y se dedican a la generación de energía eléctrica. Los centros de transformación presentes en el país son los siguientes:

- Coquizadoras: plantas en las que se obtiene coque de carbón resultado de la combustión del carbón mineral y / otros materiales carbonosos.
- Refinerías y despuntadoras: en estos centros el petróleo se transforma a diferentes componentes: gas de refinerías, gas licuado de petróleo, gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo, productos no energéticos y coque de petróleo
- Plantas de gas y fraccionadoras: separan los componentes del gas natural y de los condensados para obtener gas seco, gasolinas, y naftas, butano, propano, etano y productos no energéticos.
- Centrales eléctricas: permiten generar energía eléctrica y Productos Asociados.

### 3.4 Fuentes de energía primaria y secundaria en México

Las fuentes de energía primarias más consumidas en México son fuentes no renovables como el petróleo o aceite, el gas y en mucho menor medida el carbón, el resto de las fuentes de energía primaria consumidas pueden catalogarse como renovables y limpias como lo son la hidroenergía, el viento (eólica), la energía solar, la energía nuclear, los biocombustibles y / otras fuentes de energía aun en desarrollo. De la energía primaria el petróleo crudo es la mayor y más notable con fines de exportación, aunque también se exportan el carbón y los condensados, pero en menores cantidades. Mientras que las principales importaciones son fuentes de energías no renovables y fósiles tales como el carbón y el petróleo crudo (sie.energia.gob, 2023). Para conocer de mejor manera como está estructurada la industria energética en México se considera al consumo final de energía en México por fuente. Se destaca que la electricidad es el tipo de energético que ha experimentado un aumento constante (véase la Gráfica 3.4.4). Los petrolíferos son el principal energético en el país ya que diferentes industrias están muy desarrolladas en torno al uso de este tipo de energéticos. Varias industrias de igual manera dependen de los combustibles ya que aún no se han creado los avances para extender y aumentar la presencia y participación de energías alternas renovables tales como la energía solar o eólica.

GRÁFICA 3.4.1 : CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO, 2000-2020 (TWH)

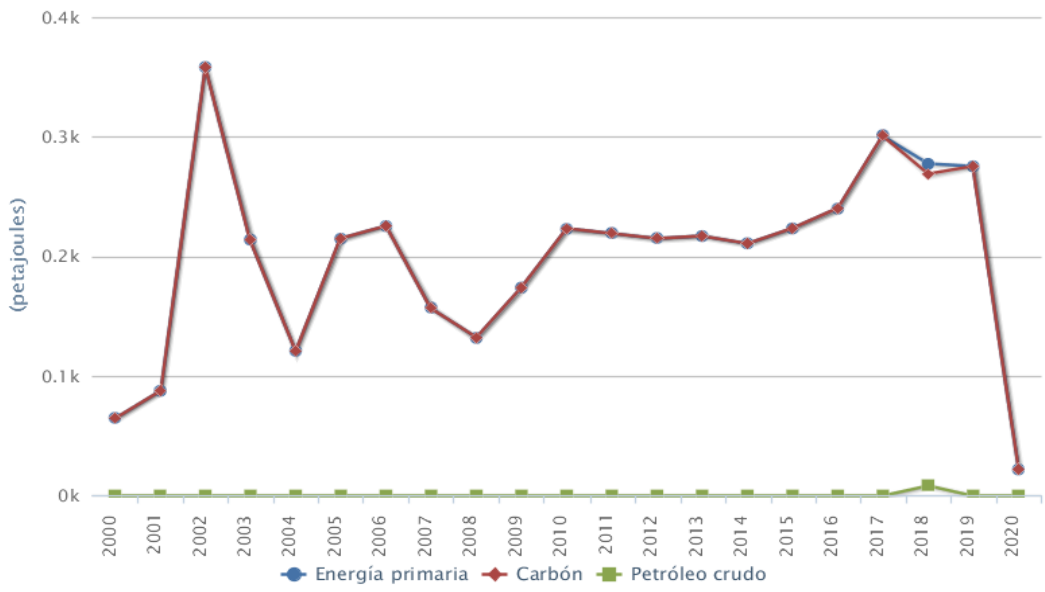


Fuente: OurWorldInData (2023).

En la Gráfica 3.4.1 se puede constatar que el Petróleo (Aceite) y el Gas son las fuentes de energía más consumidas en el periodo estudiado y en la actualidad en el país mientras que el resto de las fuentes de energía primaria juntas representan un porcentaje mucho menor. Aunque las energías alternas y renovables muestran una pequeña alza en años

recientes siguen representando un porcentaje significativamente inferior, se añade el hecho que el petróleo ha registrado una tendencia constante a la baja en el consumo mientras que el Gas se ha posicionado como la fuente de energía primaria predominante al punto que pareciese la única fuente de energía disponible. Esto es de gran relevancia ya que una de las propuestas más comunes para evitar la dependencia energética y garantizar la seguridad energética es una matriz energética variada en fuentes de energía.

**GRÁFICA 3.4.2 : IMPORTACIONES DE ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)<sup>28</sup>**

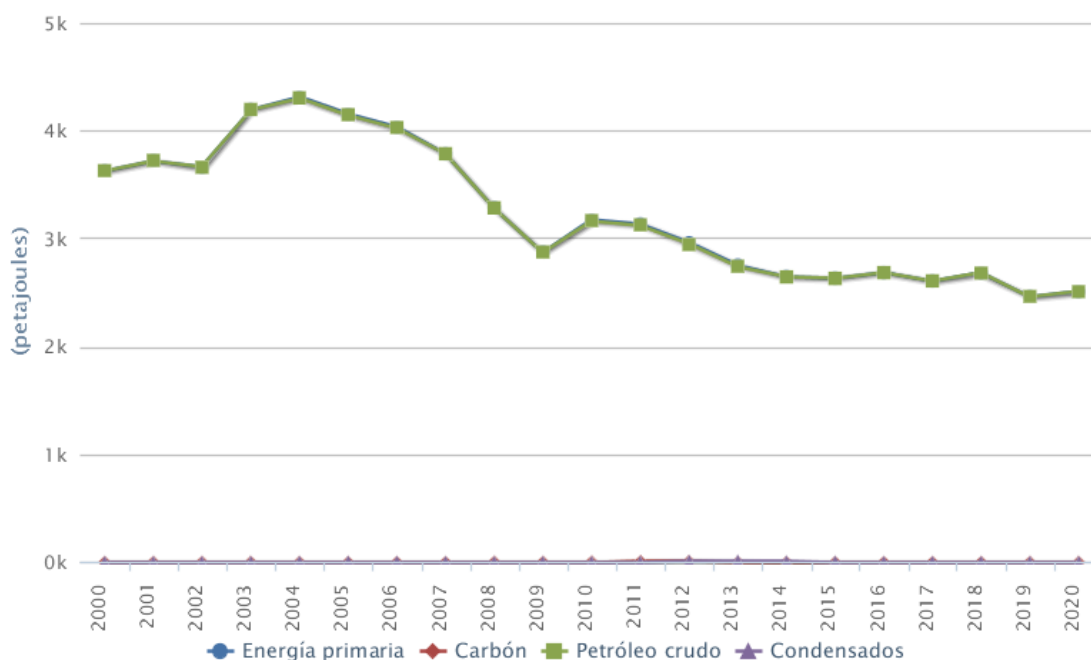


Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2028).

En la Gráfica 3.4.2 se puede apreciar que para la energía primaria importada esta es en su mayoría Carbón. La casi totalidad de las importaciones de energía son entonces fuentes no renovables y de fácil transporte.

<sup>28</sup>Las importaciones de gas seco incluyen importaciones de gas natural licuado. La suma de los parciales puede no coincidir con los totales, debido al redondeo de las cifras (sie.energia.gov, 2023)

**GRÁFICA 3.4.3 : EXPORTACIONES DE ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)**

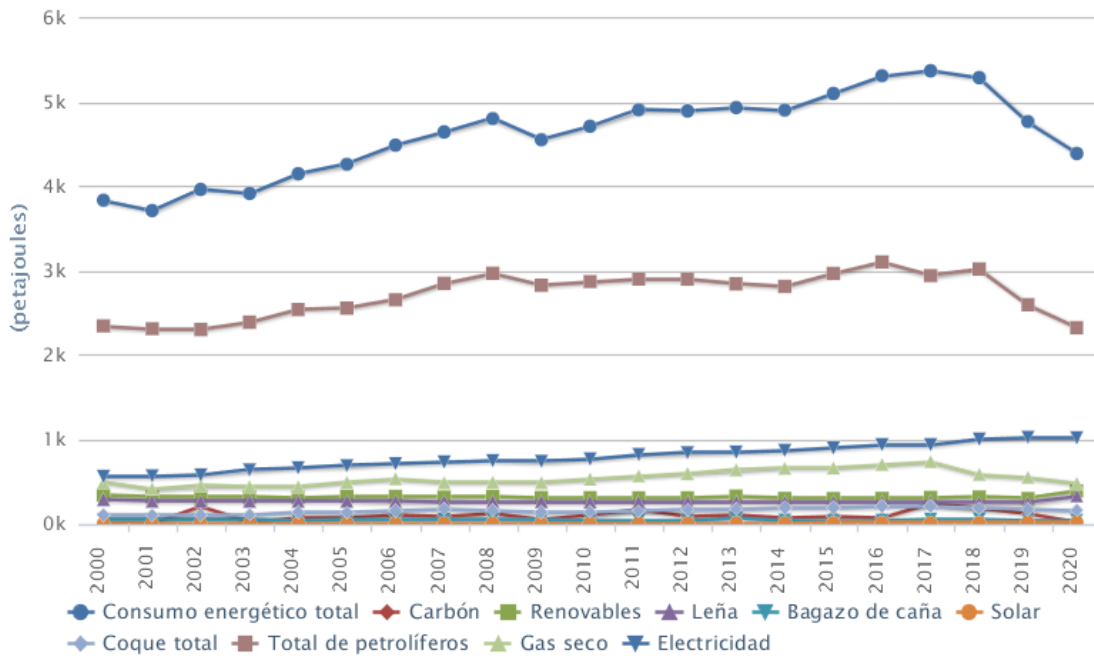


Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

El Petróleo Crudo representa la única fuente de energía primaria exportada (véase la Gráfica 3.4.3) dichas exportaciones han disminuido y se espera que esta tendencia continúe generando efectos negativos sobre la Balanza de Pagos del país. También, se puede interpretar como una debacle de la industria energética del país, ineficaz y sin capacidad de extraer, tratar y exportar fuentes de energía variadas, así como satisfacer las necesidades energéticas del país solo con las importaciones.

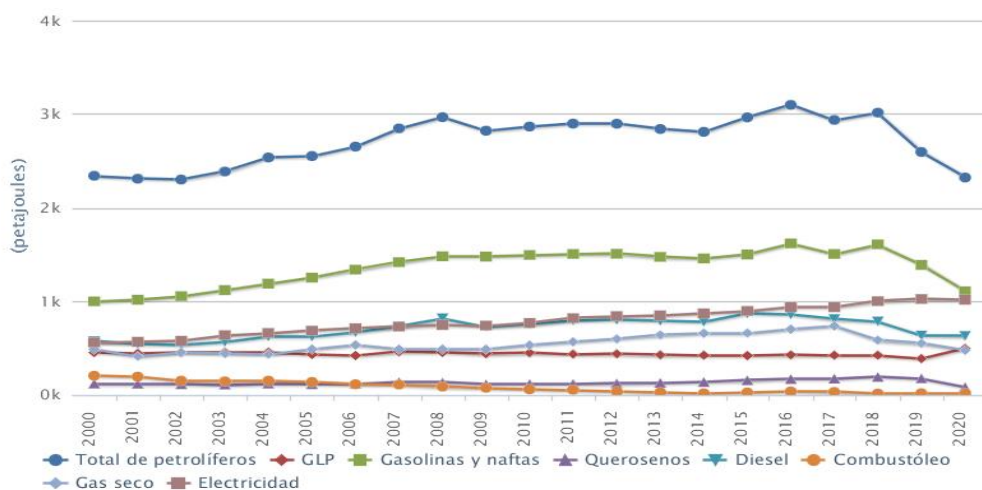
En cuanto a las fuentes de energía secundaria, es decir, las fuentes de energía que han pasado por un proceso de transformación para su uso. Las de mayor consumo son los petrolíferos (véase la Gráfica 3.4.4) con gran diferencia, en segundo lugar, se encuentra la energía eléctrica, seguido por otras fuentes de energía tales como el gas seco, las energías renovables energía solar y el coque. De las fuentes de energía secundaria, las exportaciones principales son los productores petrolíferos, mientras que las importaciones principales son el gas licuado, las gasolinas y naftas y el Diesel.

**GRÁFICA 3.4.4 : CONSUMO FINAL ENERGÉTICO TOTAL POR COMBUSTIBLE (ENERGÍA SECUNDARIA) EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

**GRÁFICA 3.4.5 : CONSUMO FINAL ENERGÉTICO TOTAL POR COMBUSTIBLES DE PETROLÍFEROS EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)**



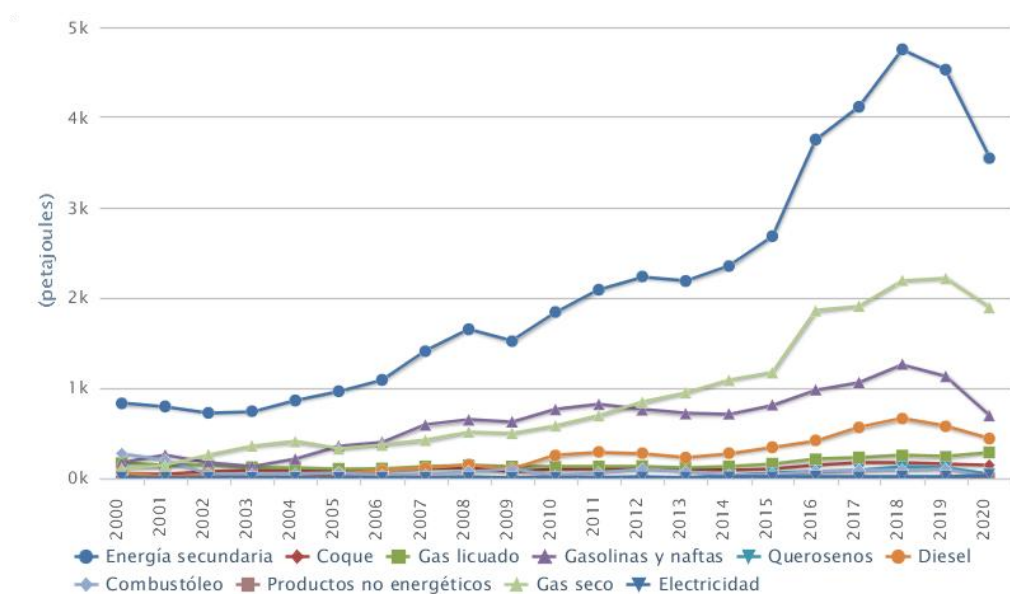
Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

Los petrolíferos y las gasolinas y naftas (Gráfica 3.4.5) son las fuentes de energía con mayor demanda durante el periodo estudiado, esto hasta años recientes donde se han registrado bajas importantes inclusive antes de la crisis económica provocada por el COVID-19. La energía eléctrica es otra fuente de energía que muestra una alta demanda y una tendencia constante al alza sin descensos en su demanda.

Se distinguen tres maneras diferentes de obtener energía para su consumo o transformación, ya sea primaria o secundaria. Estas tres maneras son la extracción, el aprovechamiento y las importaciones.

Se entiende a “extracción” al proceso en el que se aseguran el abastecimiento de materiales y recursos como el carbón, el petróleo o el gas natural u otros recursos más tangibles. En segundo lugar, se entiende por “aprovechamiento” al proceso en el que se puede beneficiar de algún fenómeno ambiental el cual puede ser destinado para la generación de energía, un ejemplo de esto es el aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía solar. Finalmente, una última forma de obtener fuentes de energía primaria o secundaria es con la mera importación de esta, dependiendo el tipo de energía que se importe pueden ahorrarse varios procesos y costos, siendo la importación de energía eléctrica uno de los ejemplos más claros ya que de importarse esta, no se ha tomado el tiempo ni los recursos de extraer o aprovechar la energía primaria, transformarla, transportarla o cualquier otro de los procesos necesarios para su consumo final. Las principales importaciones de fuentes de energía primaria y secundaria son el carbón, el gas licuado y seco, las gasolinas y naftas, el coque y la electricidad (véase la Gráfica 3.4.6).

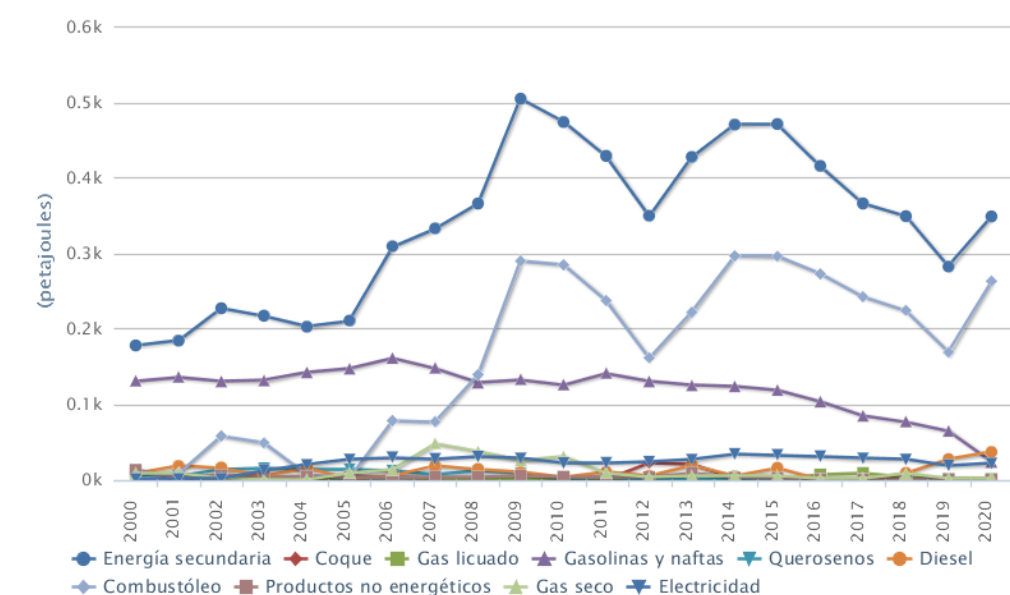
**GRÁFICA 3.4.6 : IMPORTACIONES DE ENERGÍA SECUNDARIA EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

De igual manera México exporta energía, pero en mucha menor escala debido a su deficiente industria energética (véase la Gráfica 3.4.7).

**GRÁFICA 3.4.7 : EXPORTACIONES DE ENERGÍA SECUNDARIA EN MÉXICO, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

La mayoría de estas importaciones proviene de países avanzados vecinos de América del Norte (véase la Tabla 3.4.1).

**TABLA 3.4.1 : IMPORTACIONES MEXICANAS DE ENERGÍA PRIMARIA POR PAÍS DE ORIGEN, 2020 (PJ)**

	Carbón	Coque de carbón	Coque de Petróleo	Gas Licuado	Gasolinas y Naftas	Querosenos	Diésel	Combustóleo	Gas Seco	Energía eléctrica
<b>Total</b>	21.79	27.20	113.55	283.00	694.31	45.81	436.23	20.22	1890.44	35.87
Canadá				14.15			6.19			
China	0.27									
Colombia		15.59								
Corea del Sur							1.78			
España		0.35								
Estados Unidos	18.96	1.61	113.55	268.85	677.09	45.81	423.14	19.72	1888.55	35.52
Japón		5.71					5.11			
Otros	2.56	3.95			17.22			0.50	1.89	0.36

FUENTE: SENER, PEMEX y Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI)

Fuente: Extraído de SENER (2020).

Estados Unidos es el principal proveedor de todas las importaciones de energía tanto primaria como secundaria. No solo cubre casi la totalidad de las importaciones hacia México, sino que también lo hace con una gran diferencia de cantidades respecto al resto de países presentados, esto con excepción del Coque de carbón viéndose solo ligeramente superado por Colombia y Japón y / otros países. Considerando que en la Tabla 3.4.1 se muestran tanto energía primaria y secundaria, se podría decir que México es casi completamente dependiente energéticamente de las importaciones de los Estados Unidos y este se ve vulnerable económicamente a los cambios en oferta y precios internacionales.

### 3.5 Consumo final de energía

La Secretaría de Energía (SENER) ha clasificado principalmente al consumo final total de energía en dos categorías principales; Consumo no energético total y Consumo energético total (Anexo 3). El Consumo no energético total representa un porcentaje significativamente inferior ya que esta categoría se refiere a aquellos productos energéticos y no energéticos derivados del petróleo utilizados como insumos para la producción de diferentes bienes. Dado que esta categoría representa un porcentaje insignificante en comparación con el consumo energético total, se analiza de manera

prioritaria al consumo energético total ya que esta muestra de cierta manera las actividades económicas realizadas en México y que fuente de energía utilizan.

### **3.5.1 Consumo energético**

Analizando el sector energético también se considera a la industria energética, ambos conceptos analizan la estructura encargada de la extracción, generación y distribución de energía. Para el sector energético este se entiende como el sector de actividades primarias, secundarias y terciarias que tienen como fin la transportación, innovación, manejo y venta de productos energéticos.

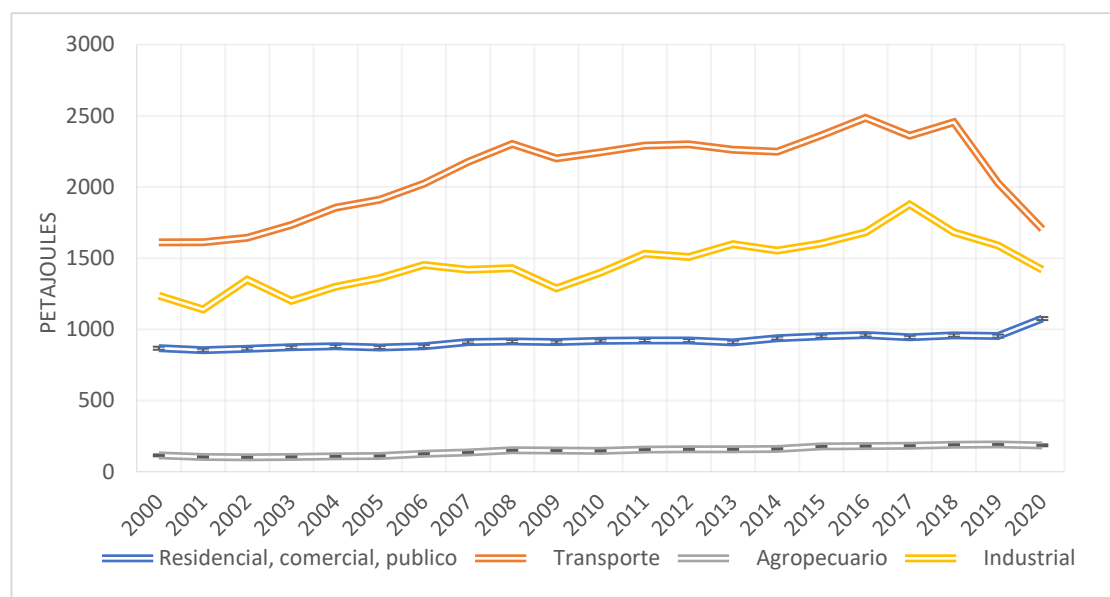
El sector energético también se entiende como el sector de transformación y comercialización de la energía, es posiblemente una de las piezas clave dentro del engranaje económico, al depender de él prácticamente todos los demás (López, Sánchez, & Meneu, 2005, pág. 621).

El sector y la industria energética en México es uno muy diverso, hablando de la oferta y la demanda de energía. En el consumo energético las fuentes de energía con mayor presencia son las no renovables y fósiles tanto como en la extracción, generación, distribución y consumo, así como las exportaciones e importaciones.

Depende del tipo fuente de energía del que se hable, varía el proceso para hacerse con la energía final “proceso de obtención”, existen varias diferencias para poner en oferta la energía eléctrica que otros energéticos y combustibles como gasolinas o Diesel. Además, para casos como la energía eléctrica esta se puede generar con diversas fuentes y procesos como petróleo, carbono o viento esto en centrales termoeléctricas, por ende, los procesos de obtención de energía son diferentes y diversos.

El consumo energético total está dividido en cuatro sectores: residencial, comercial y público; transporte; industrial; agropecuario. En estos cuatro sectores ha habido un aumento constante en el consumo energético con ligeras caídas sobre todo en los sectores de transporte e industria (véase la Gráfica 3.5.1). Estudiando el consumo energético y la energía utilizada en los sectores, es posible tener una mejor percepción de la dependencia energética en México y como esta tiene efectos relevantes sobre la economía del país. Una reducción en la demanda y el consumo al menos en los sectores productivos puede interpretarse como que la economía está dejando de crecer o inclusive que esta podría estar en estado de recesión. La forma en que se respalda esto es analizando los energéticos utilizados por los cuatro sectores estudiados.

**GRÁFICA 3.5.1 : CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL EN MÉXICO POR SECTOR, 2000-2020 (PJ)**



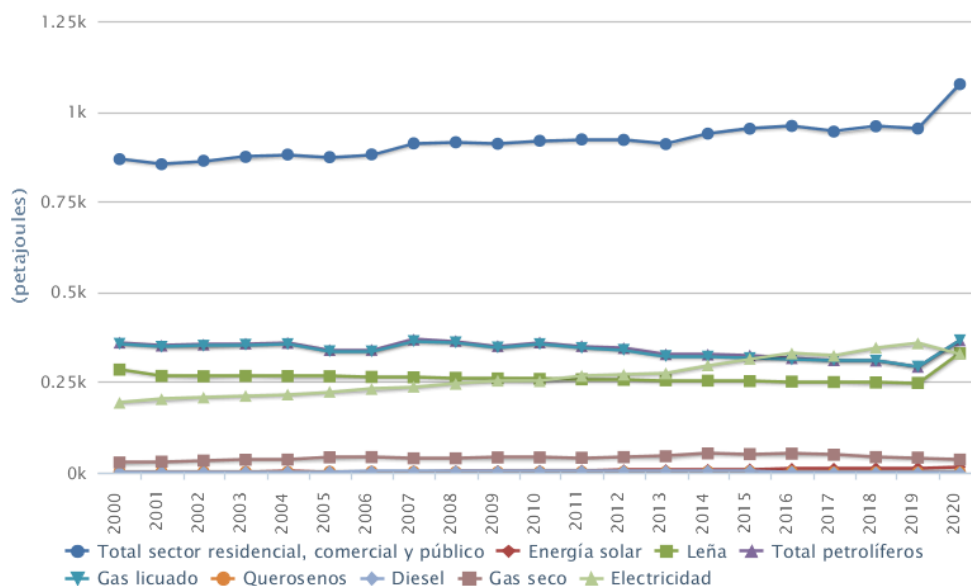
Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

Para el año 2020 el sector Transporte e Industrial representaron un 38.44% y 31.99% respectivamente del Consumo Final Total de Energía, mientras que el sector Residencial, comercial y público y el Agropecuario solo representan el 24.27% y 4.2% cada uno, respectivamente (ver Anexo 4). Hace falta mencionar que los sectores transporte e industrial mostraron reducciones significativas en la variación porcentual del consumo energético en el año 2020 (SENER, 2020).

Los principales energéticos utilizados son las Gasolinas y Naftas; y la Energía eléctrica; Diesel; Gas licuado; Gas seco; Biomasa; Carbón; Queroseno, y / otras fuentes de energía que representan menores porcentajes en el consumo final de cada año. Las principales fuentes de energía y energéticos utilizados en estos sectores provienen de fuentes de energías no renovables y fósiles, el consumo de energía por sector ha variado de fuente y en porcentaje por sector (véase la Gráfica 3.5.2).

### 3.5.2 Recirculaciones y diferencia estadística

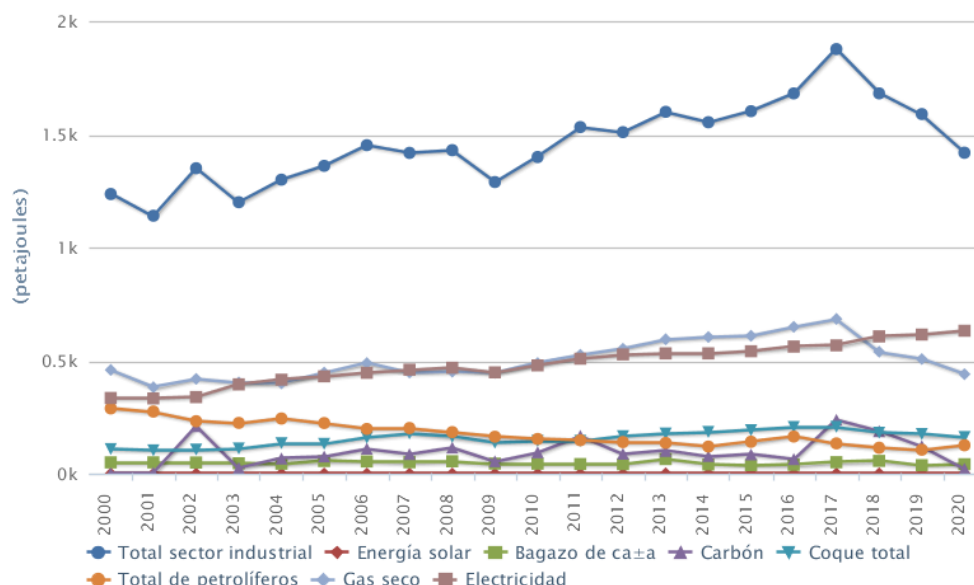
**GRÁFICA 3.5.2 : CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS SECTORES RESIDENCIAL, COMERCIAL Y PÚBLICO EN MÉXICO, 2000-2000 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2020).

Respecto al análisis del consumo por energéticos en el periodo 2000-2020 primeramente se observa que el consumo total de los sectores residual, comercial y público ha aumentado constantemente y sin interrupciones, especialmente en años recientes y a comienzos de la pandemia del COVID-19 (véase la Gráfica 3.5.3). Estos tres sectores de acuerdo con el Sistema de Información energética (SIE) de la SENER, tienen una mayor variabilidad de energéticos utilizados, nueve tipos exactamente. Estas fuentes de energía sin considerar el periodo de la pandemia y sus efectos han tenido una tendencia marcada y constante, la Electricidad y Energía Solar, aunque con un porcentaje de consumo muy diferente son las únicas dos fuentes de energía cuyo consumo sigue en aumento. Mientras que los petrolíferos, el gas licuado, la leña, el gas seco, y el Diesel han reducido su consumo a través de los años.

**GRÁFICA 3.5.3 : CONSUMO DE ENERGÍA DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO, 2000-2000 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

Después de los sectores Residencial, Comercial y Público, el sector Industrial consume una mayor variedad de fuentes de energía (Gráfica 3.5.3), se utilizan energéticos que no son utilizados por los otros tres sectores tales como: Carbón, Coque<sup>29</sup> y Bagazo<sup>30</sup>, esto se debe a que tales fuentes de energía se utilizan para la generación de energía de manera más especializada en la que se llevan a cabo procesos más elaborados y específicos para su transformación en energía. Las fuentes de energía que muestran un aumento del consumo hasta cierto punto (finales del 2017 en su caso) son el Gas Seco, Coque y la Electricidad, esta última sin descensos significativos. Por otra parte, el resto de las fuentes de energía muestran un consumo sin cambios significativos mientras que el consumo de Carbón muestra un patrón bastante errático. El Consumo Total del sector Industrial ha aumentado a largo plazo, sin embargo, se destaca una reducción constante y significativa a mediados del año 2017 es decir a finales del periodo del gobierno de Enrique Peña Nieto seguido por el Gobierno de Andrés Manuel López Obrador a partir de finales de 2018. Este descenso puede deberse a varias razones, una de ellas puede ser una disminución

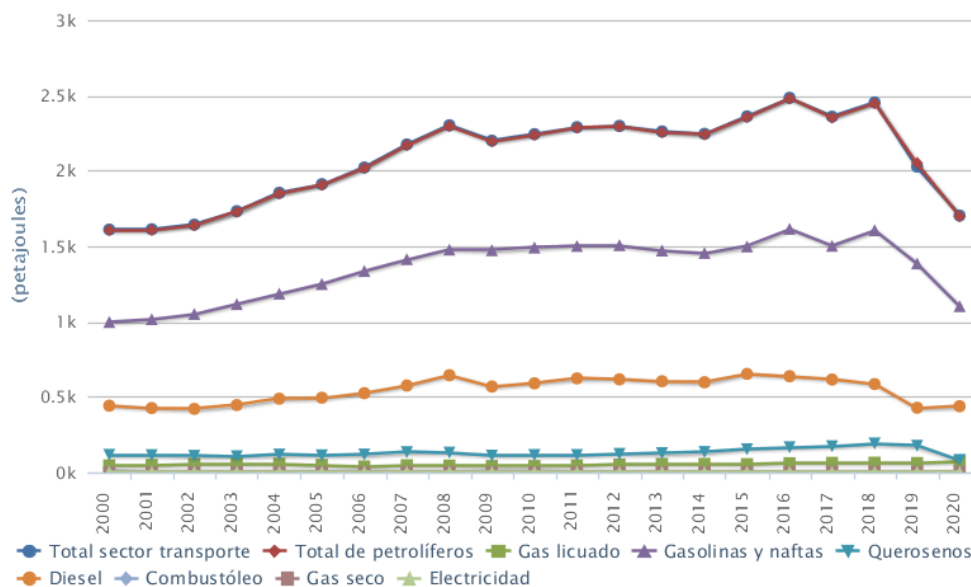
<sup>29</sup>residuo sólido que queda después de que ciertos tipos de carbones bituminosos se calientan a una temperatura alta fuera de contacto con el aire hasta que se eliminan sustancialmente todos los componentes volátiles. El residuo es principalmente carbono, con pequeñas cantidades de hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno. También está presente en el coque la materia mineral del carbón original, químicamente alterada y descompuesta durante el proceso de cocción (Encyclopedia Britannica., 2024).

<sup>30</sup>También llamado megas, fibra que queda después de la extracción del jugo azucarero de la caña de azúcar. En el uso moderno, la palabra se limita al subproducto del ingenio de caña de azúcar (Encyclopedia Britannica., 2024).

de la producción en el país. Sin embargo, el consumo de la Electricidad se mantuvo constante inclusive durante el periodo de la pandemia del COVID-19. Como cada industria tiene sus propias características y necesidades, no todos los sectores realizarán el mismo uso de la energía.

La energía térmica a base de gas representó el 61.5% de la generación total de electricidad en 2019. Debido al brote del COVID-19-19, la demanda de gas del sector eléctrico del país cayó a 40.6 millones de metros cúbicos estándar por día (MMSCMD) en marzo de 2020, de 48.4 MMSCMD en marzo de 2019. Los segmentos industrial y comercial representaron más del 68,5% de la demanda de electricidad en México (Canales Sectoriales Interempresas, 2020).

**GRÁFICA 3.5.4 : CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR TRANSPORTE, 2000-2020 (PJ)**

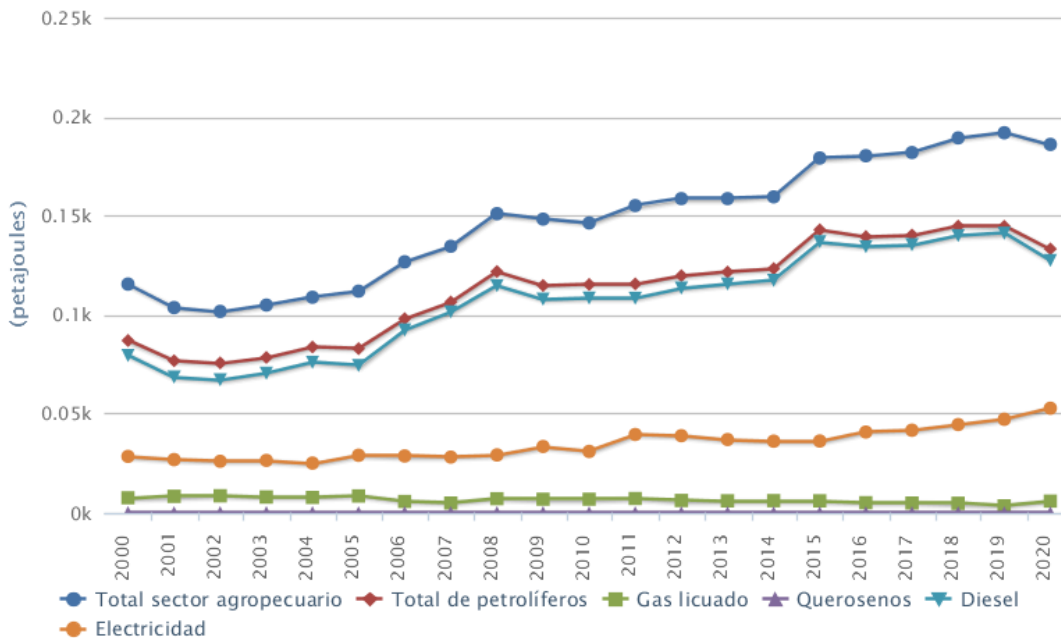


Fuente: elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

El sector transporte para el año 2020 es el sector que más energía consume con un 38.87% del Consumo Nacional. Este sector consume en su mayoría Petrolíferos (Total de Petroleros) y estos abarcan los siguientes combustibles: Gas licuado, Gasolinas y Naftas, Querosenos, Diesel y Combustóleo (véase la Gráfica 3.5.4). El Gas seco y la Electricidad están por debajo del 5 %, por lo que se puede descartar una participación significativa con presencia de vehículos eléctricos e híbridos en el país. Finalmente se presenta un

escenario similar al sector industrial en donde el consumo empieza a descender de forma considerable en los últimos años del periodo estudiado.

**GRÁFICA 3.5.5 : CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO, 2000-2000 (PJ)**



Fuente:

elaboración propia con información de SIE SENER (2018).

El sector Agropecuario es el sector que menos energía ha consumido históricamente (Gráfica 3.5.5). Del mismo modo que los otros sectores se presenta un aumento constante a largo plazo con una ligera baja en años recientes. También se observa que la electricidad aumento su consumo sin perturbaciones considerables.

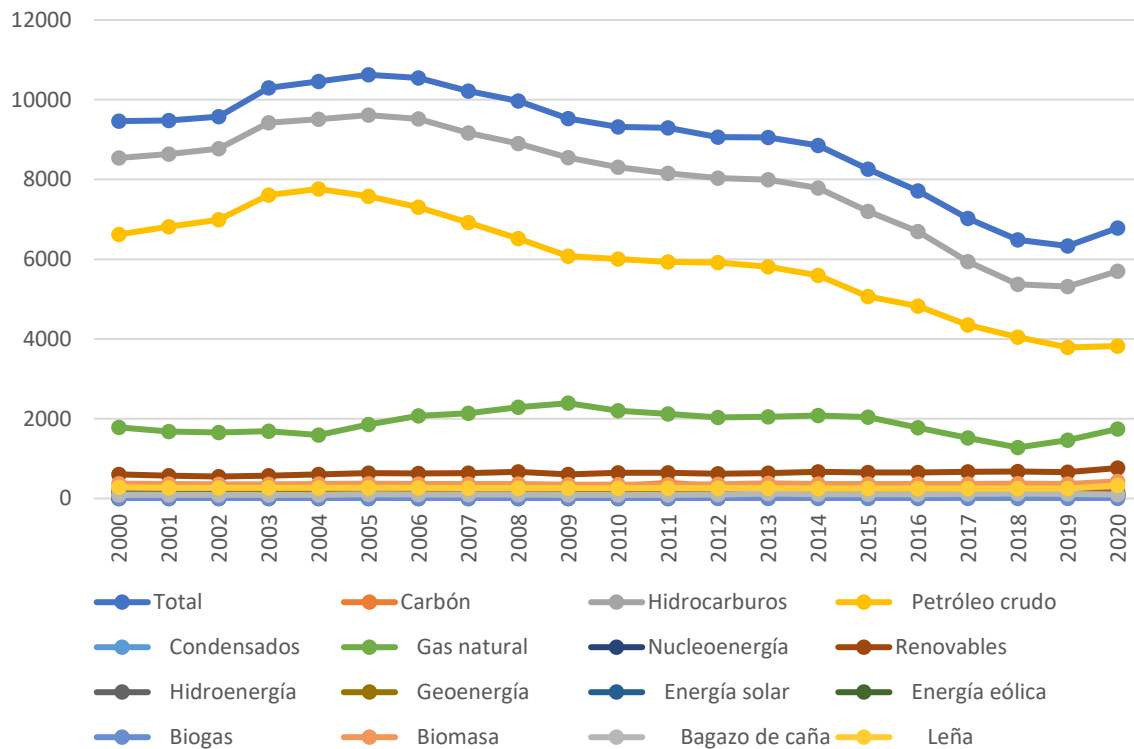
Como conclusión del Consumo de Energía por sector y por energético, se puede notar que cada sector parece tener un consumo de energía variado en sus fuentes de energía, a excepción del sector Transporte cubriendo casi la totalidad de su consumo con Petrolíferos. Se observa además para los cuatro sectores un aumento constante con una caída considerable en años recientes a excepción de los sectores Residencial, Comercial y Público, los cuales aumentaron su consumo de manera considerable desde comienzos de la pandemia.

La paralización económica y el confinamiento social, ocasionados por el coronavirus, afectan especialmente al sector energético al ser una industria que

depende y facilita la realización de actividades tanto cotidianas como productivas. Si bien los hogares aumentaron su uso de energía durante la cuarentena, la detención de varios sectores productivos llevó a una caída general del consumo de electricidad en el país (Ric Energy, 2023).

### 3.6 Producción y generación de energía

GRÁFICA 3.6.1 : PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA, 2000-2020 (PJ)



Fuente: elaboración propia con información de sie.energia (2024).

De manera general la producción de energía primaria ha venido descendiendo de forma constante en todos sus tipos de fuentes de energía (Gráfica 3.6.2).

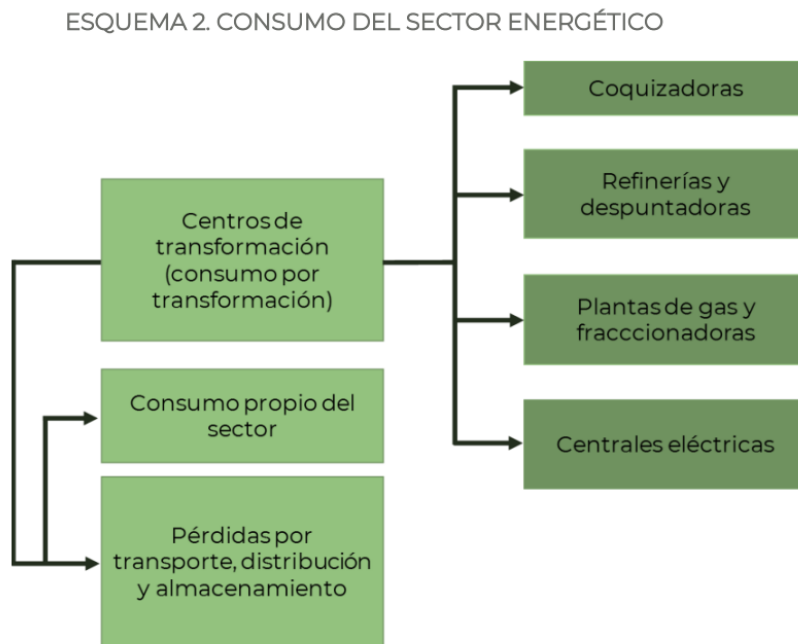
#### 3.6.1 Transformación y refinación

La diferencia entre refinación y transformación de energía es que mientras los procesos de transformación implican la creación de nuevos productos a partir de materias primas (energías primarias) la refinación implica la purificación, la mejora de materiales existentes como el petróleo. Para el año 2020 las refinerías y despuntadoras fueron las instalaciones que recibieron el mayor porcentaje de energía primaria destinada a centros de

transformación (42.39%); cuyo flujo fue cubierto casi totalmente por petróleo crudo (1,303.13 PJ), (SENER, 2020).

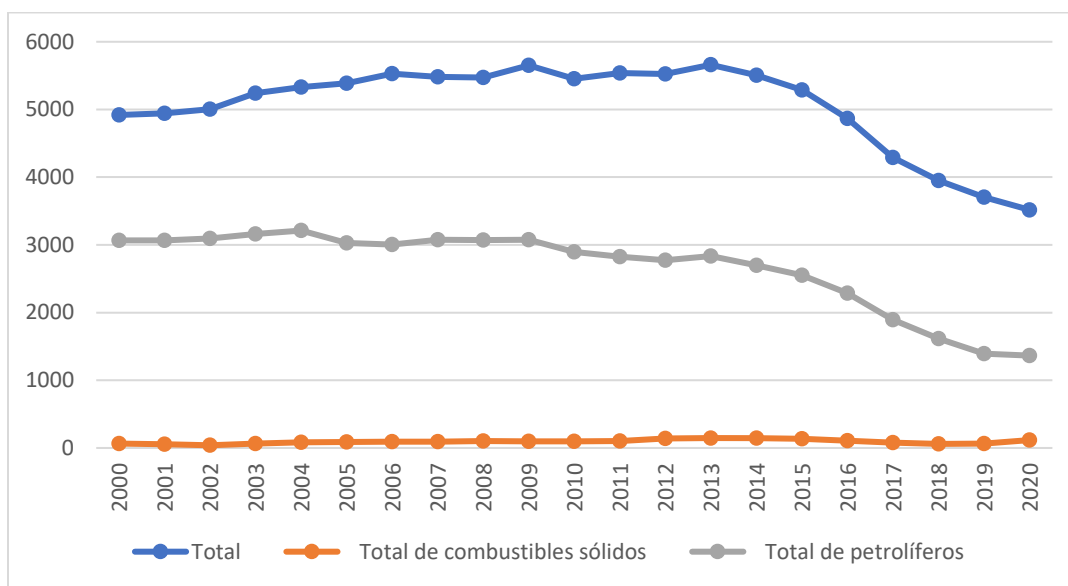
Para la producción de energía secundaria la energía primaria es enviada a centros de transformación, lo que permite obtener productos más útiles para el consumo nacional. Los centros de transformaciones son las instalaciones donde se procesa la energía primaria para obtener productos secundarios que poseen características específicas para ser consumidos (energía secundaria). Su transformación depende de su origen y producto final (Figura 3.2). El Balance Nacional de Energía considera cuatro tipos de Centros de Transformación.

**FIGURA 3.2 : PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y CONSUMO DEL SECTOR ENERGÉTICO EN MÉXICO, 2020**



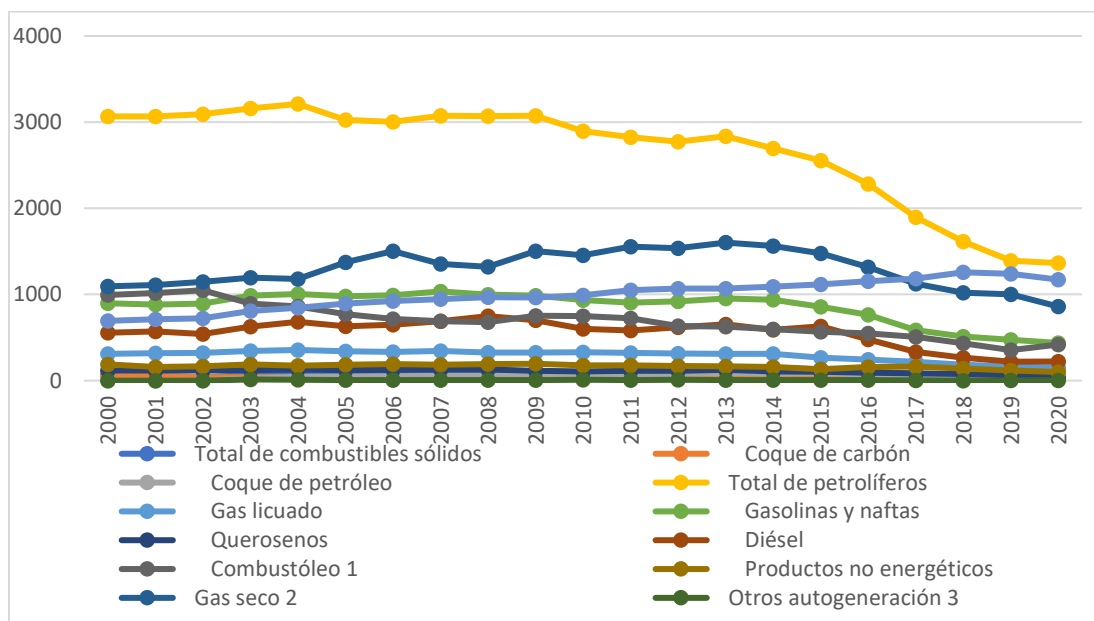
Fuente: (SENER, 2020).

**GRÁFICA 3.6.3 : PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SECUNDARIA, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE.ENERGIA (2024).

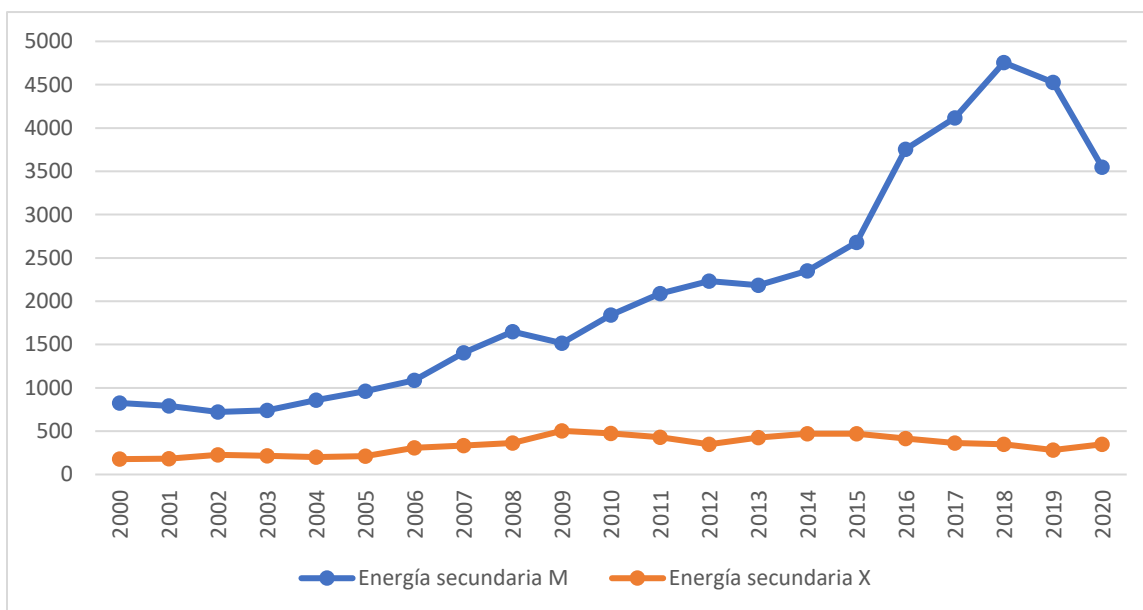
**GRÁFICA 3.6.4 : PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SECUNDARIA DETALLADA, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE.ENERGIA (2024).

No solo la producción de la energía primaria ha disminuido año tras año de forma constante, sino que también lo ha hecho la producción de la energía secundaria en todos sus tipos (Gráfica 3.6.2 y 3.6.3).

**GRÁFICA 3.6.5 : IMPORTACIONES DE ENERGÍA SECUNDARIA, 2000-2020 (PJ)**



Fuente: elaboración propia con información de SIE.ENERGIA (2024).

Las exportaciones e importaciones mostraban una tendencia al alza constante en especial las importaciones (Gráfica 3.6.4), este era el caso hasta años recientes donde las importaciones muestran una caída considerable mientras que las exportaciones también muestran un descenso este es más ligero.

### 3.6.2 Almacenamiento

El proceso de almacenamiento de energía es una etapa compleja y detallada en el proceso de obtención de energía. La fuente de energía que se almacena dependerá de su tipo (energías primarias o secundarias) y su uso final (energía eléctrica o combustibles). La energía generada o transformada se almacena para su uso posterior como la energía eléctrica. Este proceso es de gran importancia para la oferta y la demanda de energía.

Se considera la tecnología utilizada para el consumo final y por ende las principales fuentes de energía ya que es el consumo final el que más relación tiene con las actividades económicas y los procesos productivos. Los petrolíferos, las gasolinas y naftas y la Electricidad son los principales combustibles del consumo final.

La energía eléctrica no puede ser almacenada por lo que debe de ser transportada y transformada en otros tipos que requiere el apoyo de los sistemas de almacenamiento. Dependiendo de la capacidad, los sistemas de almacenamiento de energía se dividen en: almacenamiento a gran escala; almacenamiento en redes y en activos de generación, donde se trabaja con escalas de MW; y, finalmente, almacenamiento a nivel de usuario final.

Ya que en el país se utilizan varios tipos de energía, cada uno tiene sus procesos y métodos específicos.

Estos son algunos de los métodos, tecnologías de almacenamiento y sistemas de acumulación de energía que permiten transformar y almacenar energía de manera eficiente:

- Bombeo hidroeléctrico
- Aire comprimido
- Almacenamiento térmico
- Supercondensadores
- Volantes de inercia
- Baterías
- Pilas de combustible de hidrógeno

México cuenta con varios sistemas de almacenamiento los cuales pueden trazarse de acuerdo con el territorio en donde estos se necesitan es decir en donde la energía se demanda. Es un desafío el clasificar y contabilizar los sistemas de almacenamiento en el país debido a la escasa información disponible. Se puede decir sin embargo que el país tiene un sistema variado, aunque deficiente el cual causa que se requiera a las importaciones de energía.

### **3.6.3 Redes de distribución de energía**

La distribución de fuentes de energía es un proceso amplio y complejo especialmente si se consideran todas las fuentes y tipos de energía, tanto energía primaria como secundaria. Los productos petrolíferos y la energía eléctrica son las principales fuentes de energía del consumo final total (como se observa en la Gráfica 3.4.5), esto nuevamente debido a su importancia para la realización de los procesos productivos y en la economía.

La distribución de productos petrolíferos y electricidad es posible gracias a la infraestructura y los sistemas logísticos presentes en el país.

La distribución de Petrolíferos como gasolinas y Naftas se realiza principalmente a través infraestructuras tales como: ductos, transporte terrestre (pipas), ferroviario, marítimo. Ya que la mayoría de la energía consumida en el país es importada, destaca por ende la importancia de las infraestructuras de distribución para garantizar la oferta de energía.

La distribución de energía eléctrica de la misma manera es posible gracias a infraestructuras y sistemas especializados tales como: la generación, transmisión, y almacenamiento (baterías).

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la SENER son los organismos que planifican y supervisan la distribución de la energía en el país.

El almacenamiento y la distribución están relacionados en sus procesos y forman parte de la vasta y amplia infraestructura de energía y su abastecimiento del país.

Tanto el balance como la matriz energética de México muestran una amplia y compleja red del funcionamiento de la industria energética del país. Enfocándose en las variables que explican la seguridad y dependencia energética, se aprecia una deficiencia tanto en el balance como la matriz. En cuanto al consumo nacional de energía, para el año 2020, el 32.54% provenía del sector energético, 11.82% de las Recirculaciones Y Diferencia Estadística, y finalmente 56.64% del Consumo final, como se mostró en la Tabla 3.2.1, este último siendo el sector destinado principalmente al consumidor final. Del consumo final total, el Consumo energético representa la casi totalidad del consumo, el consumo nacional ha venido aumentando de forma constante principalmente por el Consumo del Sector Energético y el Consumo Energético. Del consumo de energía primaria el Petróleo y el Gas son las principales fuentes, importante mencionar que el consumo de petróleo está a la baja mientras que el Gas presentó un alza constante. Las exportaciones de energía primaria son en su casi totalidad de Petróleo crudo y estas se encuentran a la baja en años recientes. El consumo final (energía secundaria) es abastecido principalmente por Petrolíferos y Electricidad. Las importaciones de energía secundaria son en su mayoría de Gas mientras que las exportaciones son principalmente combustibles. Los Estados Unidos son el principal abastecedor de energía primaria para México. Los sectores transporte e industrial son los principales consumidores de energía lo cual resalta la importancia del abastecimiento de la energía secundaria y la seguridad energética. En cuanto a la producción nacional esta es principalmente de fuentes de energía fósiles como los Petrolíferos. Finalmente, las importaciones de energía secundaria son con una amplia diferencia superiores a las exportaciones como se mostró en la Gráfica 3.6.5, lo cual evidencia la dependencia energética.

#### **4 Efectos económicos en México 2000-2020**

En los capítulos anteriores se ha detallado algunos efectos que la inseguridad y dependencia energética tienen sobre las economías de los países al no poder abastecer la demanda de energía a precios asequibles y recurrir al mercado internacional para su abastecimiento. El objetivo de este capítulo es destacar los efectos sobre la economía

mexicana reflejados en algunas de las variables más significativas y relevantes de la dependencia energética, incluyendo el gobierno las empresas y las familias del país.

El capítulo analiza aspectos tales como: Crecimiento económico de México 2000-2020; exportaciones e importaciones; Precios de las energías y Balanza de Pagos. Finalmente, se realiza un análisis de regresión donde se estudian los efectos económicos respecto a la demanda sobre los precios y la elasticidad de la demanda.

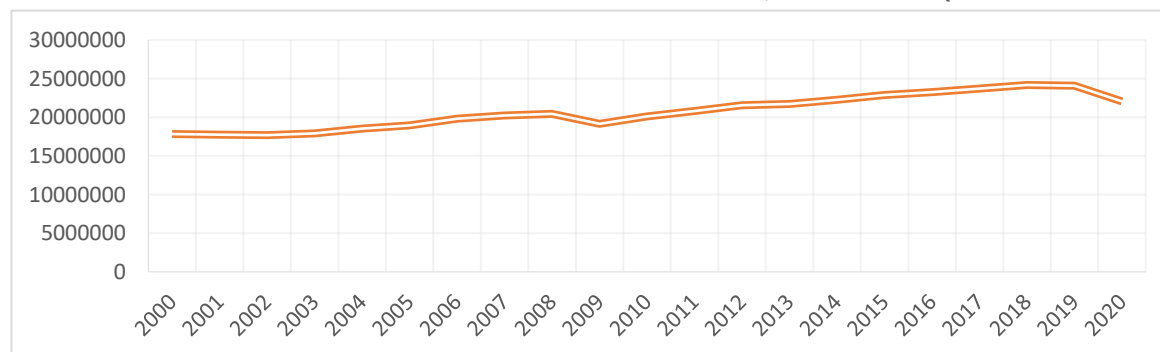
#### 4.1 Crecimiento económico en México en el periodo 2000-2020

Aunque la Gráfica 2.2.3 del Capítulo 2 muestra una comparativa del Producto (GDP) entre países, el valor del producto de cada país es considerado en dólares estadounidenses. Sin embargo, en la Gráfica 4.1.1 se aprecia una representación más real del PIB durante el periodo estudiado ya que considera el Producto Interno Bruto a Precios de 2018 en Millones de pesos.

##### 4.1.1 Exportaciones e importaciones

En la Gráfica 4.1.1 se puede apreciar que la economía de México tiene un crecimiento constante hasta el año 2020, con una depresión económica a partir del año 2008 hasta el 2009 debido a la crisis económica inmobiliaria originada en Estados Unidos , así como otra caída en el PIB en partir del año 2019 causada por la crisis del COVID-19. En lo general el PIB de México ha tenido un crecimiento constante en dicho periodo.

**GRÁFICA 4.1.1 : PRODUCTO INTERNO BRUTO EN MÉXICO, 2000-2020 (MILLONES DE PESOS)**



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2024) Millones de pesos a precios de 2018.

Gracias a la información recolectada en el Capítulo 3, Consumo del sector , se puede resumir que por el lado de las importaciones aquellas de energía secundaria son considerablemente superiores, más variadas y constantemente crecientes (con una caída

a partir del año 2018) que las importaciones de energía primaria (Como se puede ver en las Gráfica 3.4.2, y Gráfica 3.4.6).

Las exportaciones por su parte (Gráfica 3.4.3) muestran un descenso constante de las exportaciones de energía primaria principalmente de petróleo crudo. Las exportaciones de energía secundaria (Gráfica 3.4.7) son más variadas y erráticas dependiendo del periodo, se puede apreciar una alta demanda para el año 2009 seguido por una caída considerable de estas hasta el año 2012 donde estas se incrementan considerablemente.

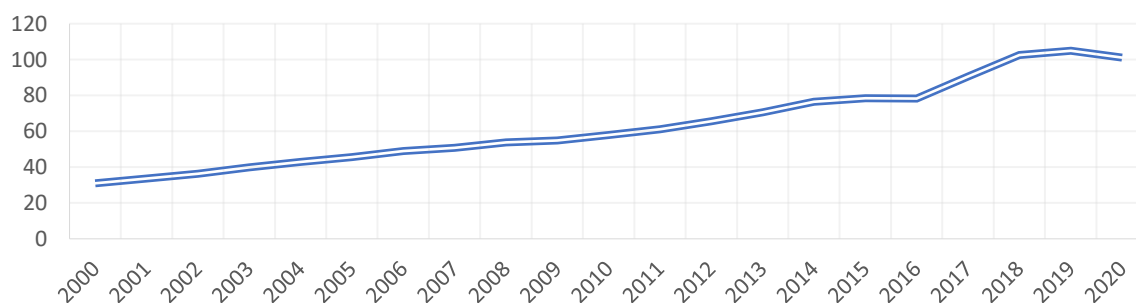
La cantidad de las importaciones sobre las exportaciones de energía secundaria es considerablemente mayor como se muestra en la Gráfica 3.6.5. Finalmente, el Anexo 2 se muestra como el consumo nacional de energía es mayor a la producción a partir del año 2014.

En resumen, las importaciones de energía secundaria (mayormente utilizadas para el consumo final) han aumentado. La demanda de energía es superior a la oferta dejando en evidencia la inseguridad y dependencia energética, así como la decadencia del sector energético nacional.

#### 4.1.2 Precio de las energías

El precio de los energéticos había tenía un crecimiento constante hasta el año 2016 hasta descender a partir del año 2019 durante la pandemia del COVID-19 en donde varias actividades económicas se vieron frenadas o habían disminuido su intensidad y por lo tanto lo hicieron la demande y el precio de las energías (véase la Gráfica 4.1.2).

**GRÁFICA 4.1.2 : INPC: ENERGÉTICOS, BASE 2Q JUL 2018, 2000-2020 (ÍNDICE)**



Fuente: elaboración propia con información de Banxico (2024).

El precio relativo (Pret) de acuerdo con la regresión realizada por Caballero & Galindo (2007), se obtuvo con el Índice de precios al consumidor (Pet) y el Índice de precios de los Energéticos (Pt).

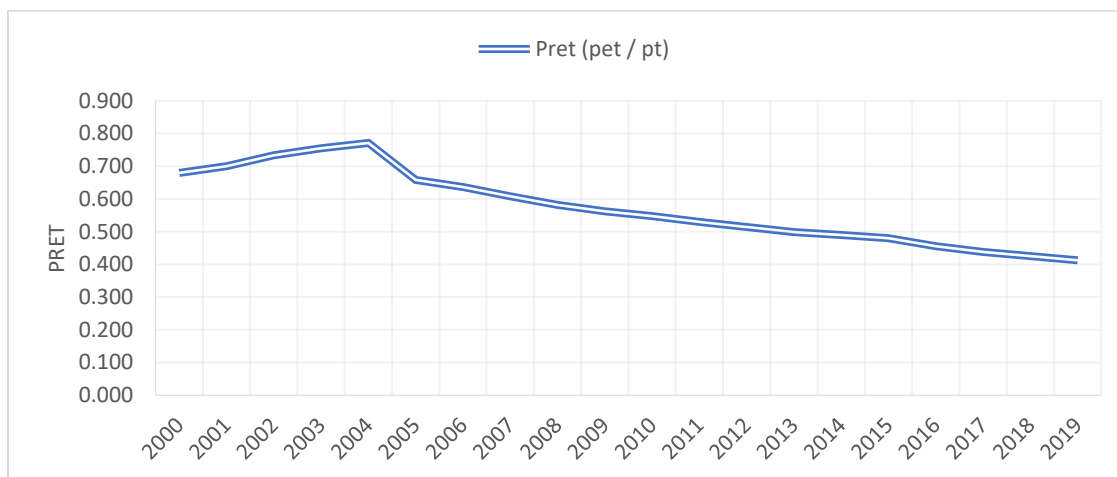
El precio relativo de la energía se calcula dividiendo el índice de precios de la energía (Pet) sobre el índice de precios al consumidor (Pt) este refleja un nivel de precios más amplio de bienes y servicios.

$$PREt = Pet / Pt$$

El indicador relativo compara la evolución de los precios de la energía en relación con los precios generales. Además, permite evaluar si la energía se encarece o barata en comparación con otros bienes y servicios.

La diferencia principal entre indicadores es que el *Pet*, mide únicamente como varían los precios de los productos energéticos en el tiempo, mientras que el *Pret* muestra la variación del precio de la energía en comparación con el resto de la economía. Si el precio relativo aumenta, la energía se encarece más que el promedio de otros bienes y servicios. Si este disminuye, la energía se ha abaratado en términos relativos (véase la gráfica 4.1.3).

**GRÁFICA 4.1.3 : PRECIO RELATIVO DE LA ENERGÍA, BASE 2Q JUL 2018, 2000-2020 (ÍNDICE)**



Fuente: elaboración propia con información de Banxico (2024).

Como se describió anteriormente un aumento del precio relativo significa un encarecimiento de la energía respecto al resto de bienes y servicios, mientras que una caída representa un abaratamiento. Hasta el año 2004 la energía se encarecía, después

de este año la energía se ha venido abaratando respecto al resto de bienes y servicios hasta el año 2020.

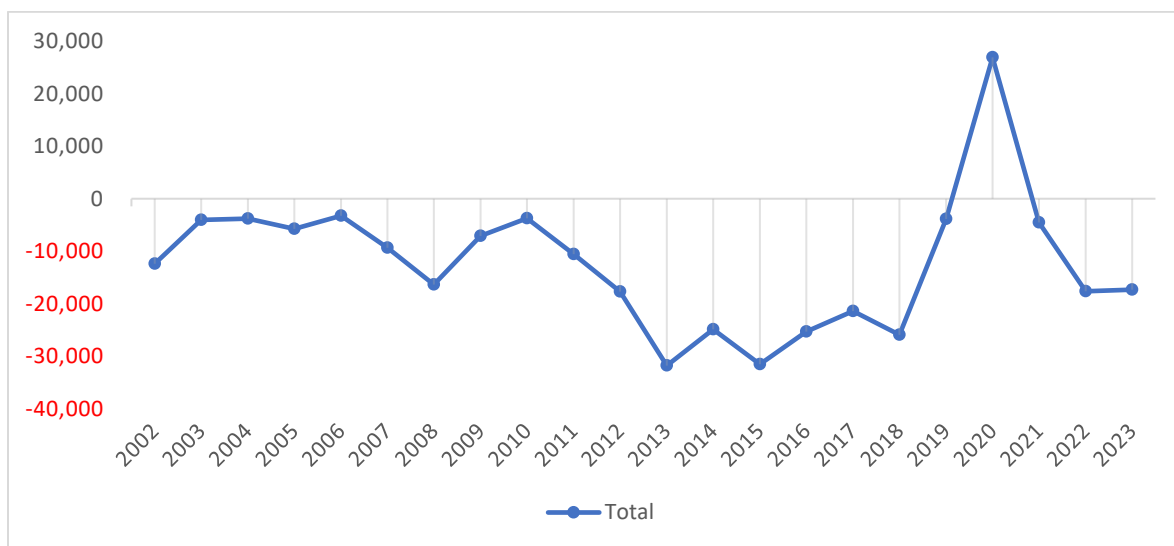
### 4.1.3 Balanza de Pagos

La Balanza de Pagos muestra las transacciones que el país tiene con el resto del mundo incluyendo el comercio de bienes y servicios relacionados a la energía. Conocer el desempeño de la Balanza de Pagos nos permite conocer el desempeño de la economía mexicana respecto al comercio de bienes y servicios de México.

La Cuenta Corriente y la Balanza Comercial son componentes de la Balanza de Pagos de un país, estos contabilizan y miden diferentes aspectos de las transacciones internacionales.

La Balanza Comercial se refiere a las transacciones de bienes entre un país y el resto del mundo. La cuenta corriente es más amplia que la Balanza Comercial al incluir servicios, ingresos primarios (inversiones y remesas) y transferencias corrientes. La Cuenta Corriente abarca todas las transacciones internacionales (véase la Gráfica 4.1.4).

**GRÁFICA 4.1.4 : CUENTA CORRIENTE (I - II), 2002-2023 (MILLONES DE DÓLARES)**



Fuente: elaboración propia con información de Banxico (2024). Balanza de Pagos con base en MBP6 (a partir de 2002), Cuenta corriente (I - II).

Un superávit de la cuenta corriente indica que el país está recibiendo más dinero que el que gasta en sus transacciones. Un déficit indica que el país está gastando más de lo que recibe en estas mismas transacciones. Un caso particular es el 2020 donde se registró un

superávit considerable el cual puede atribuirse a los efectos económicos y comerciales de la pandemia del COVID-19.

El acceso, la disponibilidad y el costo de los recursos energéticos impactan en las transacciones internacionales de bienes y servicios, así como los ingresos. Si un país depende de las importaciones de energía para satisfacer su demanda como es el caso de México, el aumento en los precios de energía puede incrementar el valor de las importaciones generando un déficit en la Balanza Comercial.

Una mayor seguridad energética puede no solo reducir los efectos negativos mencionados anteriormente, sino que también puede incrementar las exportaciones de energía, lo cual contribuye a un superávit comercial, reforzando la Cuenta Corriente y aumentando los ingresos.

El superávit del año 2020 puede explicarse al hecho de que cuando los precios de la energía disminuyen (Gráfica 4.1.4), los países importadores se benefician al reducir sus gastos en energía, mejorando su balanza comercial y su cuenta corriente.

Un país con seguridad energética por lo tanto tendría una balanza de Pagos y una cuenta corriente y comercial más superavitaria o menos deficitaria dependiendo de las circunstancias económicas internacionales.

#### **4.2 Otros efectos sobre la economía mexicana (Ecuaciones y resultados)**

Con el objetivo de analizar la relación entre el consumo de energía, el producto y los precios se estiman las siguientes ecuaciones y pruebas estadísticas tomando como base el trabajo de Caballero & Galindo (2007) descrito en el Capítulo 1 (Economía de la energía) en el cual se estiman econométricamente los modelos Top-Down para identificar las relaciones entre las variables.

1. Demanda de energía:

$$DE_t = F(Y_t, PRE_t) \quad (1)$$

2. Representa una especificación para el producto:

$$Y_t = F(I_t, TCR_t, X_t, PRE_t) \quad (2)$$

3. Representa una ecuación para el nivel de precios:

$$P_t = (S_t, W_t, M_t, PRE_t) \quad (3)$$

A partir de estas regresiones se puede analizar y evaluar el impacto de las variables independientes (inversión, masa monetaria, etc.) sobre las dependientes, Demanda de Energía ( $DEt_t$ ), Producto ( $Y_t$ ) y Nivel de Precios ( $P_t$ ).

La metodología utilizada para calcular y analizar los efectos de la dependencia económica sobre la economía es el Modelo de Corrección de Error de Johansen. Dicho enfoque permite identificar y estimar las relaciones de equilibrio de largo plazo entre las variables (GUISÁN, 2002), así como saber si las variables tienen cointegración entre sí y cuántas relaciones de equilibrio existen.

Pasos del método de Johansen:

1. Verificación la estacionariedad de las series utilizando pruebas de raíz unitaria
2. Determinación el orden de integración de las series
3. Aplicación de la prueba de cointegración de Johansen para identificar el número de vectores de cointegración.

Las pruebas de raíz unitaria son necesarias ya que la cointegración se aplica en series no estacionarias en niveles, pero estacionarias en primeras diferencias (orden 1 o  $I(1)$ ). Esto evita obtener resultados engañosos (regresiones espurias).

Que las series sean estacionarias implica que las propiedades estadísticas de la serie (media, varianza, autocorrelación) son constantes en el tiempo. Si estas series son estacionarias en primeras diferencias, se puede utilizar la cointegración para analizar las relaciones de equilibrio de largo plazo.

Las estimaciones econométricas se realizaron, atendiendo el orden de integración de las series, la cointegración y el concepto de mecanismo de corrección de errores. En primer lugar, se realizan las pruebas de raíces unitarias de DickeyFuller Aumentada (ADF) y de Phillips-Perron (PP), utilizando el proceso de lo “general a lo específico”, esto implica evaluar inicialmente con constante y tendencia, además de evaluar su significancia estadística. Se utilizan 2 y 8<sup>31</sup> rezagos, los cuales se reducen, hasta obtener el término estadísticamente significativo. La descripción de las variables utilizadas para el periodo 2000-2020 se detalla en el Anexo 6, las series son inicialmente en niveles, en sus valores originales absolutos sin haber transformado ni a logaritmos ni a primeras diferencias. Posteriormente estas se transformaron a logaritmos y luego a primeras diferencias. Esto para poder comprobar la estacionariedad.

Las Pruebas de Raíces Unitarias tienen por objetivo determinar si una serie temporal es estacionaria, en caso contrario, la serie tiene raíz unitaria, por lo que será no estacionaria.

---

<sup>31</sup> Rezagos: se refiere a la cantidad de periodos anteriores incluidos en el modelo para corregir la autocorrelación posible en los residuos de la regresión. Se utiliza la inclusión inicial de 4 rezagos anteriores de la variable dependiente en el modelo de la prueba ADF, con el fin de corregir la autocorrelación en los residuos. Se evalúa si los términos rezagados y se reducen si son significativos, esto siguiendo el procedimiento “Tsig”.

La hipótesis nula ( $H_0$ ) considera que la serie tiene raíz unitaria y por ende es no estacionaria, así que, si  $H_0$  se rechaza, no existe raíz unitaria y la serie es estacionaria.

En la prueba de Dickey Fuller Aumentada (ADF, 1981), se comprueba estacionariedad comparando los valores críticos con el valor estadístico. Se consideran valores críticos para las pruebas a diferentes niveles de significancia: 1%, 5% y 10%<sup>32</sup>. Si el estadístico (*Value of test-statistic*) de prueba es más negativo que los valores críticos (*Critical values for test statistics*), se rechaza  $H_0$ . Para la prueba de Philips-Perron (PP, 1988) el proceso es el mismo, se considera la misma hipótesis nula de raíz unitaria y estacionariedad, si la hipótesis nula se rechaza no existe raíz unitaria y por ende la serie es estacionaria.

**TABLA 4.2.1 : PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS ADF Y PP**

Variable	ADF(2)			PP(8)	
	A	B	C	A	B
$e_t$	0.1209	-1.9523	-3.128	2.1394	-1.9526
$\Delta e_t$	-2.0424	-0.6728	-1.1329	-2.1335	-2.1335
$y_t$	-3.128	<b>-2.6933</b>	0.6747	-1.2071	<b>-2.7075</b>
$\Delta y_t$	-2.0918	-1.8512	<b>-1.6114</b>	-1.7484	-1.5578
$pre_t$	<b>-4.3979</b>	-0.2683	1.5393	<b>-3.3404</b>	0.7566
$\Delta pre_t$	<b>-2.4845</b>	<b>-2.8356</b>	-1.464	-2.1335	<b>-3.1269</b>
$i_t$	0.4381	-1.9063	0.319	0.3828	-1.2871
$\Delta i_t$	-2.3185	-1.2794	-1.4296	<b>-2.2911</b>	<b>-2.3563</b>
$tcr_t$	<b>-3.327</b>	-1.7365	1.9074	-2.776	-0.641
$\Delta tcr_t$	<b>-3.9335</b>	<b>-4.1782</b>	<b>-3.3504</b>	<b>-5.2323</b>	<b>-5.2793</b>
$x_t$	-2.9034	-1.2928	1.7317	-1.1342	-1.0445
$\Delta x_t$	-2.1266	-2.1779	-1.3813	-1.9942	-2.1053
$p_t$	-2.2888	-1.3609	2.9662	<b>-3.7447</b>	<b>-3.4832</b>
$\Delta p_t$	-2.8787	<b>-2.8809</b>	-0.7842	<b>-4.3094</b>	<b>-3.8577</b>
$s_t$	-1.3179	0.4804 3	2.5581	-1.6607	1.0251
$\Delta s_t$	-3.0537	<b>-2.6853</b>	<b>-1.6743</b>	<b>-4.5722</b>	<b>-4.1906</b>
$w_t$	5.2281	5.4985	1.2141	1.4295	1.7907
$\Delta w_t$	1.6845	3.0159	3.5006	<b>3.711</b>	<b>2.8345</b>
$m_t$	-1.8544	-0.9499	3.6176	-1.8496	-1.8066
$\Delta m_t$	-3.1147	<b>-2.9169</b>	-0.3374	<b>-4.9302</b>	<b>-5.0099</b>

<sup>32</sup>Se compara a los tres niveles de significancia representando diferentes grados de certeza en la decisión de rechazar la hipótesis nula, siendo 1% de significancia el nivel mas conservador.

**Notas:** los resultados de las pruebas realizadas con el software R (versión 4.5.1) muestran los valores estadísticos obtenidos, los valores en negritas significan que se rechaza la hipótesis nula a cierto nivel de significancia (1%, 5% o 10%). Los valores entre paréntesis significan el número de rezagos utilizados. Las variables en minúsculas son los valores originales en logaritmos y posteriormente ese mismo valor en primera diferencia. Para las pruebas ADF y PP las regresiones se realizaron comparando el valor estadístico con los valores críticos de significancia considerando constante y tendencia, y en las pruebas PP los valores críticos son: Tendencia y constante (Modelo A) y con solo constante (Modelo B), sin tendencia ni constante (Modelo C).

Interpretando los resultados de la Tabla 4.2.1 se puede notar que la mayoría de las variables muestran tener estacionariedad. Las variables en diferencias muestran estacionariedad por lo que demuestran ser significativas para la realización de los modelos, las predicciones y la prevención económica. Con estacionariedad las series tienden a regresar a un valor promedio o a un rango definido, facilitando la predicción. Las series estacionarias tienden a ser más predecibles, y es menos probable que se presenten tendencias inesperadas o patrones de crecimiento sostenidos.

Sin embargo, ya que la mayoría de las variables con la prueba ADF muestran no tener estacionariedad, se realizan las pruebas de cointegración.

Es importante resaltar que no es necesario realizar pruebas de cointegración si las series son estacionarias, las pruebas de cointegración determinan si dos o más series temporales no estacionarias están relacionadas a largo plazo, existiendo una combinación lineal de serie estacionaria. Esta prueba verifica si los residuos de las series son no estacionarios.

Con el método de Johansen se puede estimar varios vectores de cointegración en un sistema de dos o más variables. Las pruebas de cointegración de Johansen se realizan con las series en niveles ya que los resultados de las pruebas ADF y PP muestran que no todas las variables nos estacionarias.

Habiendo comprobado la cointegración es posible conocer la elasticidad de las variables con la estimación de la ecuación de cointegración, normalizando los vectores de cointegración y / obteniendo los coeficientes de integración, estos se obtienen e interpretan como los valores de elasticidad, dichas pruebas se realizaron sobre las variables en logaritmos con tres rezagos.

## **Pruebas de cointegración de Johansen**

### **1. $DE_t = F(Y_t, PRE_t)$**

Los resultados de la prueba de cointegración de Johansen que se pueden ver en el Anexo 7 muestran si hay relación entre las variables  $DE_t$ ,  $Y_t$  y  $PRE_t$ . Para determinar el número de vectores de cointegración, se evaluaron tres hipótesis: máximo dos vectores de cointegración, más de un vector de cointegración, al menos un vector de cointegración.

Para  $r \leq 2$ , el valor del estadístico de prueba es 3.61, estando debajo del valor crítico del 10% (7.52), por lo que la hipótesis nula no se rechaza, existiendo como máximo dos vectores de cointegración.

Para  $r \leq 1$ , el valor de la estadística de prueba es 50.99, que supera los valores críticos (17.85, 19.96, 24.60), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, por lo que hay más de un vector de cointegración, existiendo al menos dos vectores de cointegración.

Para  $r = 0$ , el valor de la estadística de prueba es 11.79, que también supera todos los valores críticos (1%, 5% y 10%), indicando que existe al menos un vector de cointegración.

En resumen, existe una relación de cointegración entre las variables, específicamente se puede que hay evidencia estadística de que existen al menos dos relaciones (no se rechaza  $r \leq 2$ ). Se concluye que las variables están cointegradas.

### **Elasticidades**

$$de_t = 0.82y_t - 0.37pre_t - 4.97^{33}$$

Con los resultados obtenidos (Fuente: elaboración propia).

Anexo 8) se puede interpretar que la demanda de energía crece un 0.82% si el PIB ( $y_t$ ) aumenta un 1% implicando que la demanda es inelástica respecto al PIB, aunque positiva y significativa, se pone en evidencia que la economía necesita energía para crecer. Si los precios de la energía aumentan 1% la demanda de energía disminuye un 0.37% mostrando una elasticidad negativa baja.

### **2. $Y_t = F(I_t, TCR_t, X_t, PRE_t)$**

Respecto a la prueba de cointegración para el producto ( $Y_t$ ), se obtienen resultados similares los cuáles se pueden consultar en el anexo Anexo 9 que demuestran correlación y relación a largo plazo entre las variables de la ecuación 2.

El estadístico de traza para  $r=0$  es 135.50, que es mayor que los valores críticos a todos los niveles de significancia (66.49 a 10%, 70.60 a 5%, y 78.87 a 1%). Esto significa que se puede rechazar la hipótesis nula de no cointegración, existiendo al menos un vector de cointegración.

---

<sup>33</sup> Se despejan los resultados para obtener las ecuaciones de las elasticidades.

El estadístico de traza para  $r \leq 1$  es 68.50, que también es mayor que los valores críticos a los niveles del 10%, 5% y 1%. Esto significa que hay al menos dos relaciones de cointegración entre las variables, habiendo más de 1 vector de cointegración.

Para  $r \leq 2$  el estadístico de traza es 39.06, que es mayor que los valores críticos a 10% y 5%, pero menor al valor crítico del 1%. Esto sugiere que podemos rechazar la hipótesis de  $r \leq 2$  a niveles de significancia del 10% y 5%, rechazando la hipótesis nula de máximo dos vectores hay por lo tanto más de dos vectores de cointegración.

Como conclusión las variables  $Y_t$ ,  $It$ ,  $TCRt$ ,  $Xt$  y  $PREt$ , están cointegradas, y con una relación en equilibrio a largo plazo.

### **Elasticidades**

$$yt = -0.44 it - 0.48 tcrt + 0.84 xt - 0.15 pret + 12.48$$

Sobre los valores obtenidos (

Anexo 10) se obtienen resultados inelásticos menores a 1, se interpreta que la inversión ( $it$ ) tiene una relación negativa respecto al PIB, la apreciación del tipo de cambio real ( $tcrt$ ) reduciría el PIB, un aumento del PIB de Estados Unidos ( $xt$ ) tiene un efecto positivo sobre el PIB de México mostrando la relación económica entre ambos países, finalmente igual que en la ecuación 2 se observa una relación negativa respecto a  $pret$  con  $yt$ , se interpreta que aumentos en la energía genera mayores costos en los procesos productivos.

Es un resultado muy inusual el tener una relación negativa de la inversión respecto al producto, esto puede explicarse a la inversión no productiva o ineficiente. Autores como Barro (1991) y Prichett (2000), argumentan que factores como la corrupción, las ineficiencias en países con instituciones débiles y con una industria energética deficiente, generan un impedimento para el aumento del crecimiento por medio del aumento de la inversión. Como se pudo ver anteriormente la industria energética mexicana ha mostrado una producción de energía primaria y secundaria a la baja.

### **3. $P_t = (S_t, W_t, M_t, PRE_t)$**

Finalmente, para la ecuación de precios ( $P_t$ ) también existe cointegración y relación entre las variables con los resultados se pueden ver en el

Anexo 11 se obtiene que :

En  $r \leq 2$  el estadístico de traza es 26.42 menor que el valor crítico al 5% (34.91), lo que indica que no hay evidencia para más de dos relaciones de cointegración.

Tanto en  $r \leq 1$  y  $r \leq 0$  la estadística de traza es mayor que los valores críticos respectivos por lo que se rechaza hipótesis nula en ambos casos de la hipótesis nula de ausencia de relaciones de cointegración. Existen al menos un vector de cointegración y dos vectores de cointegración, para cada hipótesis respectiva.

En resumen, existe una relación de equilibrio a largo plazo, entre los precios y el resto de las variables de la ecuación, esto con dos relaciones de cointegración identificables. Los vectores de cointegración. Cada variable muestra una respuesta para regresar al equilibrio a largo plazo a pesar de posibles cambios o perturbaciones.

### **Elasticidades**

$$pt = 0.034 st + 0.01 wt + 0.51 m2t + 0.19 pret - 7.12$$

Los resultados de la ecuación 3 que se presentan en el Anexo 12, muestran valores inelásticos, una depreciación de la moneda nacional ( $st$ ), aumenta ligeramente los precios internos ( $pt$ ), un incremento marginal en  $pt$  cuando se aumentan los salarios ( $wt$ ), el aumento de la masa monetaria ( $m2t$ ), contribuye al alza de los precios mostrando un efecto de inflación, en última instancia un aumento de los precios energéticos ( $pret$ ) genera un aumento sobre el nivel de precios general esto se puede interpretar como costos en producción y transporte.

En general los coeficientes obtenidos muestran que un aumento de los precios de la energía  $PREt$  genera una disminución sobre la demanda de energía  $DEt$ . Otro ejemplo es como un aumento de los precios de energía  $PREt$  tiene un ligero aumento en el producto  $Yt$ . Finalmente, como en la ecuación 3 el aumento de  $PREt$  genera un ligero aumento sobre el nivel de precios  $Pt$ .

Al comparar, los resultados con aquellos obtenidos en el trabajo de Caballero y Galindo (2007), se destaca que se confirma la existencia de relaciones estables (cointegración) de largo plazo entre la energía, el producto y los precios, así como relaciones de cointegración de las ecuaciones de  $DEt$ ,  $Yt$  y  $Pt$ . Se aprecia que para ambos trabajos el ingreso tiene una elasticidad positiva sobre la demanda de energía demostrando que un incremento en el ingreso tiene un efecto positivo en la demanda. Caso contrario para los precios relativos y la demanda de energía donde un aumento en el nivel de precios reduce la demanda de energía.

Entre las diferencias principales se destaca que el aumento de los precios de energía reduce el producto por mayores costos, mientras que en este trabajo el nivel de precios relativos de la energía mostró un efecto ligeramente positivo (0.01%) sobre el producto.

Finalmente, en ambos trabajos se aprecia que cambios en los precios de la energía tiene efectos en los niveles de precios relativos, así como en el producto confirmando la importancia de la oferta energética sobre el desempeño económico del país.

### **4.3 Recomendaciones y sugerencias**

La industria energética mexicana debe diversificarse hacia la generación y consumo de energías renovables y no contaminantes, así como mejorar su industria en cuanto a los procesos e infraestructuras de transformación y generación de energía (energía secundaria) que puedan garantizar el abasto de energía para el consumo final.

Las energías renovables y limpias representan un gran beneficio a la mitigación del cambio climático al ser no contaminantes e ilimitadas, su generación y uso también representan varios beneficios sociales, económicos y geopolíticos, desde el desarrollo de diferentes industrias, el comercio de nuevos bienes y servicios o la creación de nuevas empresas y empleos, todo lo anterior es posible gracias al desarrollo y aumento de la participación de este tipo de energías.

Mayor inversión y participación de las energías pueden producir beneficios desde, reducción de los costos en energéticos y la electricidad, mejoras en las redes eléctricas, reducción de la contaminación atmosférica y mejor calidad del aire, mejoras en la salud pública, y finalmente nuevas oportunidades de trabajo gracias al desarrollo tecnológico de este tipo de energías.

Las fuentes de energía limpias no generan emisiones contaminantes a la escala que si lo hacen los combustibles fósiles, y no causan erosión del suelo a causa de la extracción de fuentes fósiles, no generan deforestación causada por actividades de abastecimiento de materiales como carbono orgánico. Otro beneficio es la previsión y disminución de las catástrofes medioambientales causadas por la búsqueda, extracción y generación de fuentes no renovables y fósiles, los derrames petroleros en los mares o los desastres mineros son algunos ejemplos.

El territorio de México tiene un potencial destacable y variado para la generación de energía basado de fuentes de energías renovables y limpias. Gracias a las condiciones geográficas y territoriales del país y se puede por lo tanto aumentar la generación y producción de energía, así como la oferta que puede mitigar e inclusive a contrarrestar la dependencia energética presente en México.

Han sido diversas las propuestas y estudios que respaldan este escenario. Como ejemplo, de acuerdo con la organización Greenpeace (Olivera, 2009):

Diversos estudios sobre la valoración del potencial de energías renovables en el país estiman que México cuenta con recursos suficientes para satisfacer nuestras necesidades energéticas de manera eficiente y segura:

- Si aprovechara el potencial solar, bastaría una superficie de 625  $Km^2$  equipados con sistemas fotovoltaicos, en Sonora o Chihuahua, para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy nuestro país.
- El potencial eólico aprovechable se ha estimado que podría alcanzar los 50 000 MW. Una evaluación realizada con imágenes satelitales en el Istmo de Tehuantepec arrojó un potencial de cerca de 10000 MW, incluyendo posibles instalaciones en el mar.
- El potencial de generación de electricidad a través de plantas minihidráulicas se calcula en 3250 MW.
- El potencial de bioenergía va mucho más allá del que se hace en la actualidad. Se calcula que el potencial total podría alcanzar los 4500 PJ/año.

La gran mayoría de los países toman todo tipo de políticas y medidas que favorecen la generación y uso de energía de fuentes renovables y limpias. Esto sucede principalmente en los países desarrollados e industrializados que utilizan grandes cantidades de energía para la realización de sus actividades económicas. No solo priorizan el aumentar la participación en su territorio, sino que también incentivan e impulsan a otros países a tomar las mismas medidas y políticas.

Con el “Acuerdo de París” las energías renovables han recibido un importante respaldo de la comunidad internacional suscrito en la Cumbre Mundial del Clima celebrada en diciembre de 2015 en París Francia. Dicho acuerdo, que entró en vigor en 2016, estableció por primera vez en la historia un objetivo global vinculante, por el que los casi 200 países firmantes se comprometen a reducir sus emisiones de forma que el aumento de la temperatura media del planeta al final del presente siglo quede “muy por debajo” de los dos grados, -el límite por encima del cual el cambio climático tiene efectos más catastróficos e incluso se podría intentar dejarlo en 1,5 grados (ONU HABITAT, 2021).

Además de los beneficios ambientales el uso de energías fuentes renovables significa un gran beneficio en contraste con el detrimento económico y la tendencia a la baja de la rentabilidad de las energías no renovables y fósiles. La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías renovables podría presentar efectos económicos muy positivos para la economía global y el desarrollo. Alcanzar los Acuerdos de París exige triplicar la cuota de renovables en la generación eléctrica de 2022 hasta situarla en el 90% a nivel mundial en 2030. Ello requiere elevar las inversiones anuales en energía renovable desde los 1,3 billones de dólares actuales hasta los 5 billones en 2050, con el consiguiente

impulso a la creación de empleo y al crecimiento vinculados a la economía verde (acciona, 2020; IEA, 2022; IRENA, 2023).

Algunas de las medidas para desarrollar la industria de las energías renovables y limpias pueden ser: establecer, beneficios fiscales para las empresas a fin de que inviertan en proyectos de energía solar, eólica e hidroeléctrica; crear fondos públicos y privados para financiar proyectos de desarrollo de energías renovables; incentivar la inversión y la financiación así como la investigación y desarrollo de fuentes de energía renovables por parte de empresas, gobierno, centros de investigación y universidades.

El aumento de la participación de las energías renovables y limpias es una tendencia causada por el encarecimiento y escasez de las energías no renovables, y un esfuerzo global por mitigar los efectos negativos del cambio climático. Las diferentes acciones y políticas aplicadas incentivan por lo tanto la transición hacia las energías renovables. Es por ende óptimo y eficiente tomar acciones y aplicar políticas económicas que incentiven dicha transición en México para contrarrestar la dependencia energética en el país.

La pruebas AD y PP realizadas muestran que las variables tienen estacionariedad aunque no todas, por ello las pruebas de cointegración de Johansen mostraron que a largo plazo estas mantienen relación a largo plazo y finalmente habiendo normalizado los coeficientes de cointegración se puede observar que para las tres ecuaciones analizadas las principales variables económicas independientes utilizadas tienen una influencia sobre las variables dependientes tales como la demanda de energía, el producto interno bruto y los niveles de precios.

## Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha sido demostrar la existencia de la dependencia energética y sus efectos sobre la economía, específicamente los efectos negativos en México durante el periodo 2000-2020. La energía siendo compleja y variada (primaria y secundaria) en sus tipos tiene varios roles sobre los procesos productivos y por ende en la economía. De aquí la importancia de la seguridad e independencia energética, situación en la que se asegura el abasto de energía para la realización de dichos procesos. En México, de acuerdo con la SENER, el índice de independencia se muestra a la baja a partir del año 2014 hasta el 2018. Eso significa que el país no puede cubrir la demanda energética.

A partir del enfoque de la Economía de la energía, se estudia la producción, distribución y consumo de la energía, considerando su impacto sobre el crecimiento económico, el desarrollo social y el medio ambiente. Este trabajo se centra en el estudio de la relación entre la energía y la economía, considerando la energía como recurso fundamental para el crecimiento económico. A partir de dicha teoría y del trabajo de Caballero & Galindo (2007), se utilizó un modelo top-down para el estudio del impacto de la dependencia energética sobre variables económicas considerando tres ecuaciones: 1. Demanda de energía, ( $DEt$ ), la cual depende del ingreso y de su precio relativo; 2. Ecuación de crecimiento ( $Yt$ ), asociada a la inversión ( $It$ ), el tipo de cambio real ( $TCR$ ), la demanda externa ( $Xt$ ) y el precio relativo : representa una especificación para el producto; 3. Nivel de precios ( $Pt$ ), el cual determina al nivel de precios general incluyendo las presiones de costos internos y externos y la tasa de inflación.

En cuanto al consumo y producción de energía y crecimiento económico global en México, se aprecia que globalmente el consumo y la demanda de energía (primaria y secundaria) proveniente de fuentes no renovables representa un poco más del 80% en el año 2020, mientras que, por el lado de la oferta, el petróleo paso del 35% en el año 200 al 30% hasta el año 2020, las energías no renovables y fósiles son las de mayor oferta aunque ha habido un aumento en la oferta de las energías renovables. Durante 2019, el consumo de energía en México superó 44.4% a la producción de energía primaria. Mientras que en el año 2020 las fuentes de energía no fósiles (excluyendo petróleo, carbón, y gas) representaban poco más del 17 % de la energía consumida en el mundo.

Respecto al crecimiento económico se aprecia que las principales economías del mundo y la de México muestran tasas de crecimiento a la baja, aunque el PIB de estas sigue en aumento. Finalmente con base en los resultados, se aprecia que ha existido una relación entre el consumo de energía mundial y el crecimiento del PIB mundial en el periodo estudiado. A esto se añade el hecho que los territorios que más energía consumen y producen son también aquellos con mayores tasas de crecimiento y un Producto interno Bruto o GDP mayor como los Estados Unidos, la Unión Europea o China. Esta relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía destaca la importancia de la

dependencia energética, ya que a fin de garantizar el crecimiento económico se deben por lo tanto garantizar el suministro y abasto de recursos energéticos (Seguridad e independencia energética).

En la Matriz y balance de energía en México, se aprecia que para el periodo 2000-2020 las fuentes de energía presentes en México han sido en su mayoría fuentes no renovables o fósiles. La mayoría de la energía eléctrica y energéticos (como la gasolina) se generan con fuentes de energía no renovables y no limpias. Los combustibles como gasolinas y naftas se elaboran principalmente con fuentes de energías no renovables como el petróleo y el gas natural. Esto pone en evidencia una vez más la vulnerabilidad de la industria energética en México y por ende como esto puede causar efectos negativos más severos.

A partir del balance energético publicado por la SENER se aprecia que la energía atraviesa 4 fases: Energía primaria; Transformación; Energía Secundaria y Consumo Final, y que para la energía primaria las exportaciones superan considerablemente a las importaciones, el caso contrario se da con la Energía Secundaria, donde las importaciones superan considerablemente a las exportaciones. Es decir que la industria energética mexicana es incapaz de asegurar las fuentes de energía de las que dependen las actividades económicas para su realización. También se aprecia que la industria energética nacional y su eficiencia en transformación tiene un papel importante en el abasto de energía, en primera instancia porque la energía Primaria se transforma en Energéticos y porque las “Pérdidas por Transformación” (equivalentes a 1,989.80 PJ en 2020) representan una parte significativa en el abasto de energía. Finalmente, es en el consumo final total y el consumo final energético donde se destina y concentra el consumo de energía para la realización de actividades y procesos productivos económicos.

En el 2020 el Consumo nacional de energía se destinaba en primer lugar al Consumo final total de los sectores principales: Transporte, Industrial Residencial, comercial y público. En segundo lugar, se encuentra el consumo del sector energético y en tercer lugar están las recirculaciones y diferencia estadística. El Consumo final energético por sector, es decir la etapa en la que se realizan las principales actividades económicas y procesos productivos, depende principalmente de la energía secundaria y combustibles fósiles, energías que han sido transformadas e importadas, esto representa un problema ya que el balance muestra que las importaciones de energía secundaria y combustibles fósiles es considerablemente superior a las exportaciones por lo que nuevamente, cambios en los precios o en la oferta de estas fuentes, afecta el desempeño de la economía Mexicana.

El sector Transporte es el que más energía demanda, por lo tanto, es altamente dependiente de la energía secundaria y los combustibles fósiles como los Petroleros, las Gasolinas y Naftas o el Diesel. Por su parte el sector Industrial depende principalmente de la Electricidad, y del Gas Seco, lo que significa un problema para la seguridad energética

y el crecimiento económico ya que la demanda de estos dos tipos de energía se obtiene de las importaciones.

La transformación, refinación, producción y generación de energía tienen un papel importante en la seguridad e independencia energética. En México para el Consumo del sector energético, se consideran cuatro tipos de Centros de Transformación; Coquizadoras, Refinaras y despuntadoras, Plantas de gas y fraccionadoras y Centrales eléctricas. En el año 2020 las refinerías y despuntadoras recibieron el mayor porcentaje de energía primaria destinada a centros de transformación (42.39%); principalmente petróleo crudo (1,303.13 PJ). Sin embargo la producción de energía primaria compuesta principalmente por Hidrocarburos y petróleo crudo ha venido decayendo de forma constante, con ligeros aumentos alrededor del año 2019 a esto se añade que la producción de energía secundaria compuesta principalmente de petrolíferos también muestra una tendencia a la baja esto genera efectos negativos en la oferta y el abasto de energía, así como la Balance de Pagos y por ende los ingresos del país por depender de las importaciones debido a la baja producción.

Esta baja producción, ha generado un aumento significativo de las Importaciones, específicamente de la energía secundaria. Una industria energética que depende en su mayoría de fuentes no renovables que es deficiente en la transformación de energía a energía secundaria y que depende considerablemente de las importaciones evidencia la dependencia energética durante el periodo en el país.

Las consecuencias de la dependencia energética se aprecian analizando las variables económicas, así como los efectos económicos durante el periodo de estudio, sobre todo el desempeño de las exportaciones e importaciones, y el precio de la energía. Este último (INPC Energéticos) ha aumentado de forma constante con un ligero descenso en el año 2019 debido a la pandemia del COVID-19 (Banxico, 2024). Por su parte, si el precio relativo de la energía aumenta, la energía se encarece más que el promedio de otros bienes y servicios. Si este disminuye, la energía se ha abaratado en términos relativos. Este precio relativo ha venido disminuyendo de forma constante lo que significaría que esta estaría volviéndose más accesible, aunque esto se puede explicar por el hecho de que la mayor parte de la energía secundaria es importada de otros países que cuentan con industrias energéticas más eficientes y avanzadas.

En el caso de la Balanza de Pagos, la Cuenta Corriente ha sido deficitaria entre 2002 y 2023 con una excepción en el año 2020, año en que el superávit que se atribuye al descenso de los precios de la energía a nivel global. Un país con seguridad energética, por lo tanto, tendría una Balanza de Pagos y una Cuenta Corrientes y comercial más superavitarias.

Las regresiones y pruebas de cointegración (Caballero & Galindo, 2007) basadas en la Economía de la energía a partir de los modelos Top-Down muestran las relaciones entre

las tres ecuaciones: sobre la demanda de energía ( $DEt$ ), el crecimiento ( $Yt$ ) y el Nivel de precios ( $Pt$ ). Los resultados respecto a la estacionariedad de las variables revelan que para las Pruebas ADF, la mayoría de las variables no son estacionarias mientras que para las pruebas PP, todas las variables muestran estacionalidad al 1% de significancia. Esto refuerza la validez de las series temporales para los modelos propuestos.

Respecto a la cointegración, con las pruebas de Johansen se identificaron relaciones de equilibrio a largo plazo en las tres ecuaciones. Para la demanda ( $DEt$ ) existe al menos una relación de cointegración, la demanda depende del PIB y los precios relativos de la energía. Para el producto ( $Yt$ ), hay tres relaciones de cointegración, mostrando una correlación a largo plazo, entre el crecimiento y las variables explicativas. Para los precios ( $Pt$ ), se identificaron dos relaciones de cointegración lo que indica que los precios están vinculados al tipo de cambio, el salario, la masa monetaria y los precios relativos de la energía.

Para la elasticidad se obtuvieron resultados variados pero esperados. La demanda de energía es altamente sensible al crecimiento económico, pero con relación negativa respecto a los precios relativos de la energía. Aunque los precios de la energía tienen un impacto limitado en el nivel de precios ( $Pt$ ), el aumento en los precios relativos genera una ligera disminución en la demanda de energía (inelástica) y un leve incremento en el nivel de precios. Un aumento por lo tanto de los precios de la energía aumenta el nivel de precios, pero la demanda de energía sigue siendo constante.

Finalmente, un aumento de la masa monetaria mostró un impacto inflacionario mientras que aumentos en el tipo de cambio ( $St$ ) y el salario mínimo ( $Wt$ ) generan aumentos más moderados, un aumento en la masa monetaria solo es una solución temporal que no resuelve un problema a largo plazo causado por la dependencia energética.

Los indicadores económicos presentados y su evolución, así como las pruebas realizadas ponen en evidencia la relación de la energía con la economía, la importancia de la seguridad energética, y los efectos negativos sobre la economía que tiene la dependencia energética. No solo el país es altamente dependiente del uso de energías fósiles para la realización de sus actividades económicas, sino que también la industria energética en el país es deficiente en cuanto a la transformación, lo que genera una alta dependencia de las importaciones de energía (especialmente energía secundaria). El país es vulnerable a los shocks más severos y prolongados en el cambio de la oferta y los precios de las energías, por lo que un corte repentino en el suministro o el aumento repentino en los precios de las energías específicamente de las energías secundarias afectará al desempeño de las actividades y el crecimiento económicos.

Los datos históricos y los resultados obtenidos en las pruebas comprueban la hipótesis inicial que plantea que, en México, la matriz energética, la estructura, el sector y la industria energética, durante el periodo 2000-2020 generan una situación de dependencia

energética. Los efectos económicos y sociales significativos negativos se aprecian en los precios, en el Índice Nacional de Precios al Consumidor: Energéticos (INPC), en los precios de las energías, las exportaciones e importaciones de energías, la balanza de Pagos y en el crecimiento económico.

## Bibliografía y fuentes de información

- acciona. (2020). *acciona.com*. Recuperado el 2023, de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- ACCIONA. (2023). Obtenido de [www.acciona.com/es/energias-renovables/?\\_adin=0744975955](http://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=0744975955)
- Alam, M. S. (2006). *Economic Growth with Energy*. Boston: Northeastern University.
- Banxico. (2024). *banxico*. Obtenido de [banxico.org](http://banxico.org): <https://www.banxico.org.mx/SieInternet>
- BBC News Mundo. (2021). *BBC News Mundo*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina>
- Bertoni, R. (2011). *Energía y desarrollo: la restricción energética en Uruguay como problema (1882-2000)*. Ediciones Universitarias.
- BIPM. (2019). *Le Système international d'Unités (SI)*. Obtenido de <https://www.bipm.org/documents/20126/41483022/SI-Brochure-9.pdf/fcf090b2-04e6-88cc-1149-c3e029ad8232>
- Caballero, G. K., & Galindo, L. M. (2007). EL CONSUMO DE ENERGÍA EN MÉXICO Y SUS EFECTOS. *Problemas de Desarrollo*, 38(148), 1-26.
- Canales Sectoriales Interempresas. (2020). *www.interempresas.net*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/449466-Cae-la-demanda-de-electricidad-y-gas-natural-en-Mexico-en-medio-de-la-pandemia-de-COVID-19.html>
- Carretero, M. A., & Rodríguez, M. (2007). Seguridad energética en Europa, De la percepción a la cuantificación. *Boletín ICE Económico*, 44.
- conasami. (2024). <http://www.conasami.gob.mx>. Obtenido de [http://www.conasami.gob.mx/m/sal\\_min.html](http://www.conasami.gob.mx/m/sal_min.html)
- Cullel, J. M. (2021). *El País*. Obtenido de <https://elpais.com/mexico/2021-02-17/el-apagon-expone-la-dependencia-energetica-de-mexico-y-su-deficit-de-infraestructura.html>
- Deacon, R. T. (1997). Los recursos no renovables. *Revista española de economía agraria*, 179.
- Encyclopedia Britannica. (s.f.). *Britannica*. Obtenido de <https://www.britannica.com/technology/coke>
- energygap. (2023). *energygap*. Obtenido de [energygap.com](http://energygap.com): <https://www.energygap.com/resource/consumption-vs-demand-whats-the-difference/>
- Escribano, G. (21 de 12 de 2006). <https://media.realinstitutoelcano.org/>. Recuperado el 02 de 09 de 2023, de [media.realinstitutoelcano: https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2022/01/33-2006-escribano-seguridad-energetica.pdf](https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2022/01/33-2006-escribano-seguridad-energetica.pdf)
- Estrada, C. A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, 59(2), 75-84.
- Estrella, B., & Vélchez, J. (Septiembre de 2014). Los fuelóleos pesados y otros productos similares derivados del petróleo en el contexto de la Directiva Seveso III. *Industria Química*.

- Ferrari, L. (2013). Energías fosiles: diagnóstico, perspectivas e implicaciones económicas. En *Revista Mexicana de Física* (59 ed., Vol. 7, págs. 36-43).
- galp. (s.f.). *galp.com*. Recuperado el 2023, de galp: [https://www.galp.com/corp/es/sobre-nosotros/que-hacemos/gas-power\\_old/fundamentos-del-gas-natural-y-de-la-electricidad](https://www.galp.com/corp/es/sobre-nosotros/que-hacemos/gas-power_old/fundamentos-del-gas-natural-y-de-la-electricidad)
- (s.f.). *Gráfica 2: Tasa de crecimiento económico, en el periodo 2000-2020*.
- GUISÁN, C. (2002). *CAUSALIDAD Y COINTEGRACION EN MODELOS ECONOMETRICOS: Aplicaciones a los países de la OCDE y limitaciones de los tests de cointegración*. España. Obtenido de <https://www.usc.gal/economet/aeeadepdf/aeade61.pdf>
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Clinton, Massachusetts: Yale university.
- Hunter, A. (02 de 06 de 2022). *World Economic Outlook Database*. Obtenido de [www.un.org](http://www.un.org)
- IEA. (2019). *Agencia Internacional de Energía*. Recuperado el 2023, de [iea.org](http://iea.org)
- IEA. (2022). *iea.org*. Recuperado el 2023, de <https://www.iea.org/countries/russia>
- IEA. (2022). *World energy outlook 2022*. International Energy Agency, Paris, France.
- IEA. (2024). *World Energy Outlook 2024*. Obtenido de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5e9122fc-9d5b-4f18-8438-dac8b39b702a/WorldEnergyOutlook2024.pdf>
- INEGI. (2024). *INEGI*. Obtenido de INEGI.ORG: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0&t=10000500#D10000500>
- IRENA. (2023). *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*. Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Recuperado el 2023, de [https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA\\_World\\_energy\\_transitions\\_outlook\\_v\\_1\\_2023.pdf?rev=b1d4be858ad549a9a750921d0f2b5d53](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_v_1_2023.pdf?rev=b1d4be858ad549a9a750921d0f2b5d53)
- Jones, D. (2021). *Global Electricity Review 2021*. Obtenido de EMBER: [ember-climate.org](http://ember-climate.org)
- Klimaschutz, B. f. (2013). *Energie in Deutschland, Trends und Hintergründe zur Energieversorgung*. 11019 Berlin. Obtenido de [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energie-in-deutschland.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energie-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=7)
- Lopéz, J. M., Sánchez, L. J., & Meneu, V. (2005). 13. IMPACTOS SOBRE EL SECTOR ENERGÉTICO. 621. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/13\\_sector\\_energetico\\_2\\_tcm30-178506.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/13_sector_energetico_2_tcm30-178506.pdf)
- Lovins, A. (2011). *Reinventing Fire*.
- Martin, E. (3 de Agosto de 2022). *narasolar*. Obtenido de <https://www.narasolar.com/dependencia-energetica-que-es-como-influyen-las-renovables/>
- Naciones Unidas. (1982). *Conceptos y métodos en las estadísticas de energía, con especial referencia a las cuentas y balances de energía: un informe técnico*. Nueva York.
- OCDE. (2022). *OECD Economic Surveys: Mexico 2022*. Obtenido de [https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-mexico-2022\\_2e1de26c-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-mexico-2022_2e1de26c-en.html)

- Olitanking*. (2015). Obtenido de <https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/combustibles-para-generar-movimiento.html>
- Olivera, B. &. (Febrero de 2009). Potencial de las energías renovables en México: situación actual. *Derecho ambiental y ecología*, 52. Obtenido de [https://ceja.org.mx/IMG/Potencial\\_de\\_las\\_energias.pdf](https://ceja.org.mx/IMG/Potencial_de_las_energias.pdf)
- ONU HABITAT. (12 de Mayo de 2021). *onuhabitat.org.mx*. Recuperado el 2023, de <https://onuhabitat.org.mx/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- ourworldindata.org. (2022). Obtenido de [https://ourworldindata.org/grapher/annual-gdp-growth?tab=chart&time=2000..2020&country=USA~OWID\\_WRL~MEX~CHN~RUS~Europe+%28UN%29](https://ourworldindata.org/grapher/annual-gdp-growth?tab=chart&time=2000..2020&country=USA~OWID_WRL~MEX~CHN~RUS~Europe+%28UN%29)
- Pardo, C. S., Viloria, S. B., & Morales, G. R. (2012). Guía para realizar balances energéticos estatales para la estimación de inventarios de gases de efecto invernadero. *Instituto de Ingeniería UNAM*.
- Prades, A. (1997). *Energía, Tecnología y Sociedad*. Ediciones de la Torre.
- Química.Es. (s.f.). *www.quimica.es*. Recuperado el 2023, de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Refiner%C3%ADa.html#:~:text=El%20gasoil%20de%20vac%C3%ADo%20no,como%20GLP%2C%20naftas%20o%20gas%C3%B3leos>.
- Ric Energy. (2023). *ric.mx*. Obtenido de <https://www.ric.mx/cultura/energia/mexico/impacto-covid-19-sector-energetico-mexico/>
- Ritchie, H., Roser, R., & Rosado, P. (2022). *Our World In Data*. Obtenido de <https://ourworldindata.org/energy>
- Sánchez, & Morett, C. J. (2021). LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA DE LOS PAÍSES SUBDESARROLLADOS. *Global Knowledge, HUMAN Review*, 2-15. Obtenido de [file:///C:/Users/Dell/Downloads/scientificcommittee,+pp.+19-36+\\_2676.pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/scientificcommittee,+pp.+19-36+_2676.pdf)
- Sánchez, & Morett, J. C. (2021). *La dependencia energética de los países subdesarrollados*, 10(1), págs. 2-15. doi:<https://doi.org/10.37467/gka-revhuman.v10.2676>
- SENER. (2019). *Balance Nacional de Energía 2019*. Secretaría de Energía. Gobierno de México.
- SENER. (2020). *BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2019*.
- sie.energia.gob*. (2023). Recuperado el 2023, de Sistema de Información de Energetica: <https://sie.energia.gob.mx/>
- Solís, A. (05 de Marzo de 2024). *bloomberbglinea.com*. Obtenido de <https://www.bloomberbglinea.com/latinoamerica/mexico/exclusiva-proyecto-energetico-de-xochitl-galvez-va-por-redes-electricas-y-que-pemex-venda-electricidad-limpia/>
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-95 .
- Spiegeler, J. I. (2016). *Definición e información de energías renovables*.
- statista. (2023). *statista.com*. Recuperado el 2023, de <https://www.statista.com/statistics/1201743/russian-gas-dependence-in-europe-by-country/>
- Stern, D. y. (2004). *Energy and Economic Growth. Working Papers in Economics*. Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute.

Stevens, P. (2000). *The Economics of Energy*. 119.

supprimer. (s.f.).

US Energy Information Administration. (2023). Obtenido de  
<https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/index.php?tbl=T01.01#/?f=A>

*worldmeter.info*. (2023). Obtenido de worldmeter: <https://www.worldometers.info/energy/russia-energy/>

*worldmeter.info*. (s.f.). Recuperado el 2023, de worldmeter: <https://www.worldometers.info/energy/russia-energy/>

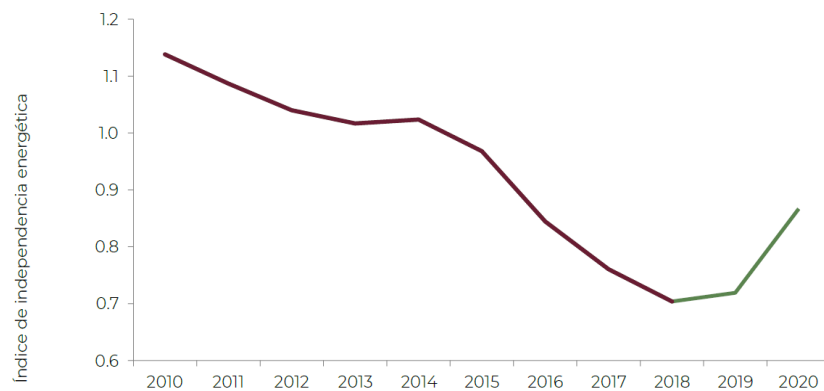
Yergin, D. (2020). *The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations*.

## Anexos

### ANEXO 1 : ÍNDICE DE INDEPENDENCIA ENERGÉTICA

El índice muestra que alrededor del año 2014 México deja de tener independencia energética (índice menor a 1), con tendencia a la baja hasta 2018. A partir del cierre de 2018 comenzó a aumentar en un promedio de 7.7% anualmente.

Figura A1: Índice de independencia energética en México, 2010-2020



Fuente: (SENER, 2020).

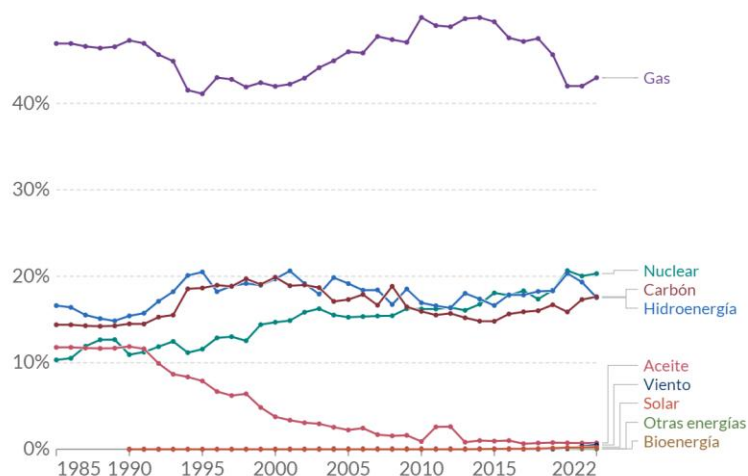
### ANEXO 2 : CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN MÉXICO

La Figura A1 muestra la relación entre la producción y el consumo nacional de energía en México. Mientras que la producción revela una tendencia a la baja el consumo nacional sigue aumentando en el periodo estudiado, es entre los años 2014 y 2015 donde el consumo es mayor a la producción y la diferencia se vuelve mayor con los años.



## ANEXO 4: PROPORCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD POR FUENTE EN RUSIA

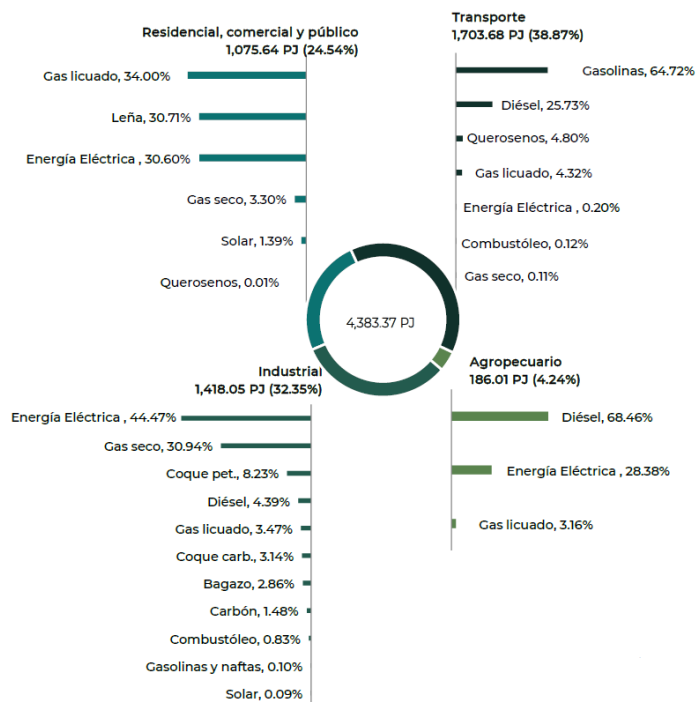
### GRÁFICA A3: EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA POR FUENTE RUSIA 2000-2020



Fuente: ourworldindata.org (2022).

## ANEXO 3 : CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR SECTOR 2020

### FIGURA A2: CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR SECTOR 2020



Fuente: (SENER, 2020).

## ANEXO 4 : CONSUMO FINAL TOTAL DE ENERGÍA

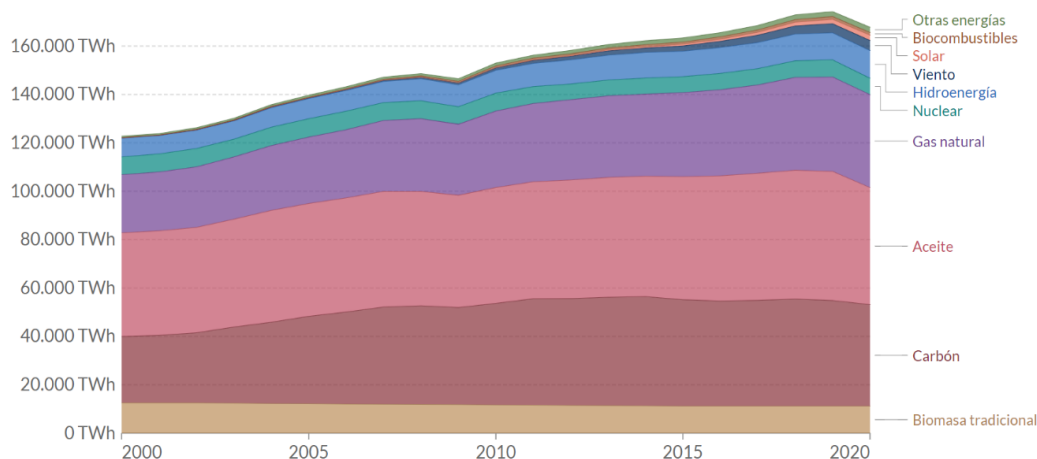
TABLA A1: CONSUMO FINAL TOTAL DE ENERGÍA

	2019	2020	Estructura porcentual (%) 2020	Variación porcentual (%) 2020/2019
Consumo final total	4,851.57	4,432.60	100	-8.64
Consumo no energético total	90.59	49.23	1.11	-45.66
Petroquímica de Pemex	47.93	12.05	0.27	-74.85
Otras ramas	42.66	37.17	0.84	-12.86
Consumo energético total	4,760.98	4,383.37	98.89	-7.93
Transporte	2,027.05	1,703.68	38.44	-15.95
Industrial	1,589.45	1,418.05	31.99	-10.78
Residencial, comercial y público	952.59	1,075.64	24.27	12.92
Agropecuario	191.89	186.01	4.20	-3.07

Fuente: (SENER, 2019).

## ANEXO 5 : EVOLUCIÓN DEL CONSUMO GLOBAL DE LA ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE

GRÁFICA A4: EVOLUCIÓN DE CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE



Fuente: ourworldindata.org (2022).

La energía primaria se calcula sobre la base del «método de sustitución», que tiene en cuenta Ineficiencias en la producción de combustibles fósiles al convertir la energía no fósil en insumos energéticos requeridos si tenían las mismas pérdidas de conversión que los combustibles fósiles.

## ANEXO 6 : REGRESIÓN Y RESULTADOS

### VARIABLES Y FUENTES

- $e_t$  =demanda nacional de energía (Petajoules). Balance Nacional de Energía: Oferta interna bruta total por energético (Petajoules), Fuente: Sistema de Información Energética (SIE) con información de SENER, 2024.
- $y_t$  =producto interno bruto real en millones de pesos, Base 2018 > Valores a precios de 2018, Fuente: INEGI, 2024.
- $p_t$  =índice nacional de precios al consumidor (INPC), Base 2018, Fuente: INEGI, 2024.
- $pe_t$  = índice nacional de precios de la energía (Energéticos), Base 2018. Fuente: INEGI, 2024.
- $pre_t$  = precio relativo de la energía ( $pe_t / p_t$ ), 2024.
- $i_t$  = Formación bruta de capital fijo, base 2018, Fuente=INEGI, 2024.
- $x_t$  = producto de Estados Unidos en miles de millones de dólares (Base 2017), Real Gross Domestic Product, Billions of Chained 2017 Dollars, Annual, Seasonally Adjusted Annual Rate. Fuente: Federal Reserve Economic Data, 2024.
- $tcr_t$  = tipo de cambio real, Índice de tipo de cambio real, ITCR, Cálculo del índice de tipo de cambio real, Con precios consumidor y con respecto a 111 países. Fuente: BANXICO, 2024.
- $s_t$  = tipo de Cambio Nominal, Serie histórica del tipo de cambio, Tipo de cambio peso dólar. Fuente: BANXICO, 2024.
- $w_t$  = salario mínimo general promedio, Base=2018. Fuente: (conasami, 2024).
- $m2_t$  = agregado monetario M2 en miles de pesos, Fuente: Banco de México (BANXICO), 2024.

Las variables se obtuvieron de las fuentes de información especificadas como BANXICO o la SENER, habiéndose descargado la información en formato Excel y adaptado a series anuales. Para aquellas variables presentadas en periodos trimestrales como los índices nacionales de precios se realizó un promedio con los cuatro trimestres de cada año para obtener un valor anual.

**TABLA A2: TABLA DE VARIABLES EN NIVELES**

Año	DEt	Yt	PREt	It	Xt	TCRt	St	Wt	Mt	Pt
2000	6,680.37	16,504,244.13	0.67	71.14	14,096.03	68.82	9.46	101.57	1,817,196,846.58	46.48
2001	6,575.74	16,596,183.92	0.68	66.33	14,230.73	62.75	9.34	88.62	2,051,445,324.10	49.43
2002	6,825.78	16,693,564.02	0.70	64.83	14,472.71	61.03	9.67	89.26	2,176,465,317.03	51.92
2003	7,048.15	16,817,984.75	0.73	66.07	14,877.31	71.70	10.79	89.21	2,331,594,974.69	54.28
2004	7,347.46	16,958,941.08	0.76	70.36	15,449.76	77.08	11.29	88.83	2,493,275,017.56	56.83
2005	7,957.44	17,195,124.01	0.77	73.95	15,987.96	73.64	10.89	89.26	2,847,571,535.94	59.09
2006	8,056.03	17,428,348.68	0.66	81.21	16,433.15	72.69	10.90	89.59	3,203,214,574.58	61.24
2007	8,092.24	17,670,949.23	0.64	86.92	16,762.45	74.79	10.93	89.52	3,559,334,855.97	63.67
2008	8,337.79	17,811,854.38	0.61	92.55	16,781.48	78.11	11.14	88.59	3,972,390,752.19	66.93
2009	8,315.16	17,840,486.37	0.58	81.53	16,349.11	88.33	13.50	88.00	4,130,781,440.26	70.48
2010	8,271.05	17,843,487.02	0.56	86.52	16,789.75	81.21	12.63	89.12	4,442,009,701.88	73.41
2011	8,638.26	17,778,530.89	0.55	94.04	17,052.41	82.29	12.43	89.28	4,960,125,962.80	75.91
2012	8,814.81	17,731,550.48	0.53	97.51	17,442.76	83.27	13.17	89.30	5,306,754,530.68	79.03
2013	8,988.43	17,560,276.62	0.51	93.48	17,812.17	76.86	12.77	89.48	5,872,306,248.22	82.04
2014	8,650.69	17,595,971.32	0.50	95.74	18,261.71	76.30	13.30	89.67	6,356,234,193.58	85.33
2015	8,528.87	17,612,707.20	0.49	100.01	18,799.62	81.23	15.88	91.69	6,761,044,534.70	87.65
2016	9,140.10	17,689,599.76	0.48	100.35	19,141.67	94.27	18.69	94.49	7,662,999,027.08	90.13
2017	9,249.75	17,822,216.86	0.46	99.75	19,612.10	90.95	18.91	98.48	8,394,065,990.48	95.57
2018	9,236.86	17,838,683.29	0.44	100.03	20,193.90	89.89	19.24	102.78	8,815,667,166.35	100.26
2019	8,811.05	17,846,469.26	0.42	95.36	20,692.09	87.13	19.26	121.91	9,326,244,069.73	103.90
2020	7,826.61	17,899,317.90	0.41	78.48	20,234.07	95.60	21.50	139.37	10,375,726,388.31	107.43

Fuente: elaboración propia.

**Series en logaritmos (logaritmos naturales)**

Año	log_DEt	log_Yt	log_PREt	log_It	log_Xt	log_TCRt	log_St	log_Wt	log_Mt	log_Pt	
1	2000	8.806929	16.61913	-0.4055437	4.264599	9.553649	4.231480	2.246737	4.620748	21.32056	3.838923
2	2001	8.791142	16.62468	-0.3861759	4.194681	9.563159	4.139164	2.233878	4.484358	21.44181	3.900654
3	2002	8.828462	16.63053	-0.3567556	4.171825	9.580020	4.111317	2.269173	4.491553	21.50097	3.949739
4	2003	8.860520	16.63796	-0.3100124	4.190774	9.607593	4.272536	2.378744	4.490993	21.56982	3.994203
5	2004	8.902109	16.64631	-0.2806724	4.253633	9.645349	4.344792	2.423657	4.486724	21.63686	4.040023
6	2005	8.981863	16.66014	-0.2597442	4.303342	9.679591	4.299203	2.387799	4.491553	21.76973	4.079127
7	2006	8.994176	16.67361	-0.4178820	4.397095	9.707056	4.286215	2.389072	4.495244	21.88742	4.114780
8	2007	8.998661	16.68743	-0.4522911	4.465028	9.726896	4.314698	2.391277	4.494462	21.99284	4.153682
9	2008	9.028554	16.69537	-0.4966127	4.527783	9.728031	4.358180	2.410884	4.484019	22.10263	4.203661
10	2009	9.025836	16.69698	-0.5417082	4.401031	9.701929	4.481136	2.602564	4.477337	22.14173	4.255279
11	2010	9.020516	16.69715	-0.5753245	4.460319	9.728524	4.397075	2.535972	4.489984	22.21437	4.296005
12	2011	9.063957	16.69350	-0.6014511	4.543689	9.744047	4.410261	2.520118	4.491777	22.32470	4.329511
13	2012	9.084188	16.69086	-0.6343410	4.579915	9.766680	4.422097	2.577862	4.492001	22.39225	4.369802
14	2013	9.103693	16.68115	-0.6639662	4.537752	9.787637	4.341955	2.547065	4.494015	22.49351	4.407161
15	2014	9.065394	16.68318	-0.6954153	4.561595	9.812562	4.334613	2.588003	4.496136	22.57270	4.446561
16	2015	9.051212	16.68413	-0.7140524	4.605313	9.841592	4.397258	2.765124	4.518413	22.63444	4.473403
17	2016	9.120426	16.68849	-0.7336736	4.608645	9.859623	4.546117	2.927915	4.548494	22.75967	4.501230
18	2017	9.132351	16.69596	-0.7852377	4.602619	9.883902	4.510346	2.939511	4.589853	22.85079	4.559888
19	2018	9.130957	16.69688	-0.8262078	4.605441	9.913136	4.498553	2.956849	4.632591	22.89980	4.607723
20	2019	9.083762	16.69732	-0.8559345	4.557621	9.937507	4.467363	2.957895	4.803283	22.95610	4.643437
21	2020	8.965284	16.70027	-0.8854426	4.362840	9.915123	4.560121	3.067942	4.937132	23.06273	4.676839

## Series en diferencias

Año	dDE	dY	dPRE	dI	dX	dTCR	dS	dW	dM	dP	
1	2000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2	2001	-0.015787316	0.0055552164	0.01936771	-0.069918017	0.009510019	-0.092315593	-0.012859000	-0.1363906502	0.12124946	0.06173176
3	2002	0.037320261	0.0058504725	0.02942037	-0.022855484	0.016861481	-0.027847220	0.035295809	0.0071958934	0.05915757	0.04908414
4	2003	0.032058409	0.0074255778	0.04674321	0.018948618	0.027572491	0.161219139	0.109571057	-0.0005603183	0.06885043	0.04446432
5	2004	0.041589102	0.0083463571	0.02933992	0.062859332	0.037755890	0.072255549	0.044912536	-0.0042687101	0.06704454	0.04582012
6	2005	0.079753461	0.0138306638	0.02092821	0.049708449	0.034242491	-0.045588556	-0.035857725	0.0048290284	0.13286942	0.03910439
7	2006	0.012312791	0.0134722596	-0.15813774	0.093752741	0.027464701	-0.012987894	0.001272825	0.0036902474	0.11768832	0.03565220
8	2007	0.004485195	0.0138238897	-0.03440913	0.067933554	0.019840513	0.028483164	0.002205053	-0.0007816426	0.10541883	0.03890256
9	2008	0.029893095	0.0079422073	-0.04432156	0.062755084	0.001135183	0.043481309	0.019607028	-0.0104430796	0.10979443	0.04997873
10	2009	-0.002718438	0.0016061775	-0.04509557	-0.126751780	-0.026102688	0.122956476	0.191679956	-0.0066821699	0.03909848	0.05161781
11	2010	-0.005319373	0.0001681792	-0.03361629	0.059287808	0.026595119	-0.084061302	-0.066592605	0.0126469617	0.07264031	0.04072658
12	2011	0.043440660	-0.0036469695	-0.02612659	0.083370089	0.015522961	0.013186318	-0.015853772	0.0017937225	0.11032423	0.03350573
13	2012	0.020231173	-0.0026460333	-0.03288993	0.036226158	0.022633048	0.011835709	0.057743937	0.0002239892	0.06754931	0.04029077
14	2013	0.019505501	-0.0097062252	-0.02962517	-0.042163057	0.020957143	-0.080141837	-0.030796845	0.0020136487	0.10126700	0.03735894
15	2014	-0.038299224	0.0020306328	-0.03144907	0.023842976	0.024924988	-0.007341925	0.040938230	0.0021211283	0.07918865	0.03940046
16	2015	-0.014182444	0.0009506682	-0.01863715	0.043717133	0.029030012	0.062645391	0.177120571	0.0222770571	0.06174130	0.02684182
17	2016	0.069214361	0.0043562411	-0.01962120	0.003332042	0.018030988	0.148858561	0.162791058	0.0300806867	0.12522603	0.02782702
18	2017	0.011925203	0.0074689344	-0.05156412	-0.006025465	0.024279099	-0.035771032	0.011595830	0.0413594731	0.09112149	0.05865829
19	2018	-0.001394307	0.0009235003	-0.04097005	0.002821928	0.029233493	-0.011792957	0.017338802	0.0427372997	0.04900558	0.04783455
20	2019	-0.047194715	0.0004363705	-0.02972668	-0.047820231	0.024371001	-0.031190049	0.001045564	0.1706922860	0.05630187	0.03571363
21	2020	-0.118478115	0.0029569181	-0.02950809	-0.194781193	-0.022383330	0.092757693	0.110046690	0.1338491996	0.10663671	0.03340218

## ANEXO 7 : DET - PRUEBA DE COINTEGRACIÓN BASADA EN EL PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN

### Resultados de prueba de Cointegración de Johansen: Ecuación 1

```
> summary(johansen_test)
# Johansen-Procedure #
Test type: trace statistic , without linear trend and constant in cointegration
Eigenvalues (lambda):
[1] 9.776311e-01 9.482548e-01 2.019935e-01 -1.110223e-16
```

### Values of test statistics and critical values of test:

Hipótesis/vectores	Estadístico de prueba	Valor crítico 10%	Valor crítico 5%	Valor crítico 1%
$r \leq 2$	3.61	7.52	9.24	12.97
$r \leq 1$	50.99	<b>17.85</b>	<b>19.96</b>	<b>24.60</b>
$r = 0$	111.79	<b>32.00</b>	<b>34.91</b>	<b>41.07</b>

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 8 : COEFICIENTES ECUACIÓN 1

### DEt Elasticidades

```
> #1. DEt = F(Yt, PREt)
> # Selección de variables
> datos_eq1 <- datos[, c("log_DEt", "log_Yt", "log_PREt")]
>
> # Prueba de cointegración
> johansen_eq1 <- ca.jo(datos_eq1, type = "trace", ecdet = "const", K = 3)
> summary(johansen_eq1)
```

```
#####
# Johansen-Procedure #
#####
```

Test type: trace statistic , without linear trend and constant in cointegration

Eigenvalues (lambda):  
[1] 7.501322e-01 6.513756e-01 2.438017e-01 3.486100e-14

values of teststatistic and critical values of test:

	test	10pct	5pct	1pct
r <= 2	5.03	7.52	9.24	12.97
r <= 1	24.00	17.85	19.96	24.60
r = 0	48.96	32.00	34.91	41.07

Eigenvectors, normalised to first column:  
(These are the cointegration relations)

	log_DEt.l3	log_Yt.l3	log_PREt.l3	constant
log_DEt.l3	1.0000000	1.0000000	1.0000000	1.0000000
log_Yt.l3	-0.8242165	-6.7025148	-4.2548196	-3.262209
log_PREt.l3	0.3752608	0.1312356	-0.5622626	0.308970
constant	4.9768561	102.8646280	61.5817160	45.509307

Weights W:  
(This is the loading matrix)

	log_DEt.l3	log_Yt.l3	log_PREt.l3	constant
log_DEt.d	-0.05448519	0.04790183	-0.219192965	7.954649e-11
log_Yt.d	0.06184408	0.05335736	0.004755954	-6.601984e-11
log_PREt.d	-1.10350524	0.21107074	-0.073891644	-1.350567e-10

```
> # Extraer y normalizar el primer vector
> beta1 <- johansen_eq1@v[,1]
> beta1_normalizado <- beta1 / beta1[1]
> beta1_normalizado
log_DEt.l3 log_Yt.l3 log_PREt.l3 constant
1.0000000 -0.8242165 0.3752608 4.9768561
```

## ANEXO 9 : Yt - PRUEBA DE COINTEGRACIÓN BASADA EN EL PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN

### Resultados de prueba de Cointegración de Johansen : Ecuación 2

```
> summary(johansen_test)
# Johansen-Procedure #
Test type: trace statistic , with linear trend
```

Eigenvalues ( $\lambda$ ):  
 [1] 0.9705867 0.7876433 0.7514179 0.4365061 0.0863105

**Values of test statistics and critical values of test:**

Hipótesis nula/vectores	Estadístico de prueba	Valor crítico 10%	Valor crítico 5%	Valor crítico 1%
$r \leq 4$	1.72	6.50	8.18	11.65
$r \leq 3$	12.61	15.66	17.95	23.52
$r \leq 2$	39.06	<b>28.71</b>	<b>31.52</b>	<b>37.22</b>
$r \leq 1$	68.50	<b>45.23</b>	<b>48.28</b>	55.43
$r = 0$	135.50	<b>66.49</b>	<b>70.60</b>	<b>78.87</b>

Fuente: elaboración propia.

**ANEXO 10 : COEFICIENTES ECUACIÓN 2**

**Yt Elasticidades**

```
> #2. Yt = F(It,TCRt, Xt, PREt)
>
> datos_eq2 <- datos[, c("log_Yt", "log_It", "log_TCRt", "log_Xt", "log_PR
Et")]
>
> johansen_eq2 <- ca.jo(datos_eq2, type = "trace", ecdet = "const", K = 3)
Messages d'avis :
1: Dans log(1 - lambda[(x + 1):P]) : Production de NaN
2: Dans log(1 - lambda[(x + 1):P]) : Production de NaN
> summary(johansen_eq2)
```

```
#####
# Johansen-Procedure #
#####
```

Test type: trace statistic , without linear trend and constant in cointegration

Eigenvalues ( $\lambda$ ):  
 [1] 1.000000e+00 1.000000e+00 9.999996e-01 7.082656e-01 4.786041e-01  
 [6] -1.044165e-13

values of teststatistic and critical values of test:

	test	10pct	5pct	1pct
$r \leq 4$	11.72	7.52	9.24	12.97
$r \leq 3$	33.90	17.85	19.96	24.60
$r \leq 2$	299.49	32.00	34.91	41.07
$r \leq 1$	NaN	49.65	53.12	60.16
$r = 0$	NaN	71.86	76.07	84.45

Eigenvectors, normalised to first column:  
(These are the cointegration relations)

```

log_Yt.l3    log_Yt.l3  log_It.l3  log_TCRt.l3  log_Xt.l3  log_PREt.l3
log_Yt.l3    1.0000000  1.000000  1.000000000  1.00000000  1.00000000
log_It.l3    0.4445446  22.05758  -0.00333014  0.02686111  0.10795843
log_TCRt.l3  0.4852707  -51.81797 -0.06240040 -0.04257181 -0.11034230
log_Xt.l3    -0.8455127  18.54963  -0.22903044 -0.37074003 -0.12067215
log_PREt.l3  0.1598434  -46.48139 -0.07922244 -0.11631170  0.06725709
constant    -12.4889323 -78.97380 -14.22340433 -13.09082993 -15.47971773
constant
log_Yt.l3    1.00000000
log_It.l3    0.13940444
log_TCRt.l3  -0.03316917
log_Xt.l3    -0.43059474
log_PREt.l3  -0.07745194
constant    -13.03675817

```

weights w:  
(This is the loading matrix)

```

log_Yt.d     log_Yt.l3    log_It.l3  log_TCRt.l3  log_Xt.l3  log_PREt.l3
log_Yt.d     -0.05044649 -4.586319e-04 -0.8254097 -0.21402580  0.2472945
log_It.d     1.89297231 -5.019776e-03 -22.2180142 22.65839994  4.9204315
log_TCRt.d   -2.29258403  5.379376e-03  7.5921922  0.07316539  3.2594100
log_Xt.d     0.56942819 -6.358287e-05 -6.4488246  6.58309940  0.4178125
log_PREt.d   -1.40413408 -1.440429e-03 -5.4870807  7.68333074 -2.2604082
constant
log_Yt.d     -1.782982e-08
log_It.d     -1.767355e-07
log_TCRt.d   4.080217e-07
log_Xt.d     -8.038197e-08
log_PREt.d   -2.297159e-08

```

```

> beta2 <- johansen_eq2@v[,1]
> beta2_normalizado <- beta2 / beta2[1]
> beta2_normalizado
log_Yt.l3    log_It.l3  log_TCRt.l3  log_Xt.l3  log_PREt.l3  constant
1.0000000  0.4445446  0.4852707  -0.8455127  0.1598434  -12.4889323

```

## ANEXO 11 : PRÉTEST PRUEBA DE COINTEGRACIÓN BASADA EN EL PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN

### Resultados de prueba de Cointegración de Johansen : Ecuación 2

```

# Johansen-Procedure #
Test type: trace statistic , without linear trend and constant in cointegration
Eigenvalues (lambda):
[1] 9.185571e-01 8.154812e-01 5.484057e-01 4.133105e-01 1.301742e-01 2.220446e-16

```

Values of teststatistic and critical values of test:

Hipótesis nula / vector	Estadístico de prueba	Valor crítico (10%)	Valor crítico (5%)	Valor crítico (1%)
$r \leq 4$	2.51	7.52	9.24	12.97
$r \leq 3$	12.11	17.85	19.96	24.60
$r \leq 2$	26.42	32.00	34.91	41.07
$r \leq 1$	56.84	<b>49.65</b>	<b>53.12</b>	60.16
$r = 0$	101.98	<b>71.86</b>	<b>76.07</b>	<b>84.45</b>

**Fuente:** elaboración propia.

## ANEXO 12 : COEFICIENTES ECUACIÓN 3

### Pt Elasticidades

```
> #3. Pt = F(St, Wt, Mt, PREt)
>
> datos_eq3 <- datos[, c("log_Pt", "log_St", "log_Wt", "log_Mt", "log_PREt
")]
>
> johansen_eq3 <- ca.jo(datos_eq3, type = "trace", ecdet = "const", K = 3)
Messages d'avis :
1: Dans log(1 - lambda[(x + 1):P]) : Production de NaN
2: Dans log(1 - lambda[(x + 1):P]) : Production de NaN
> summary(johansen_eq3)
```

```
#####
# Johansen-Procedure #
#####
```

Test type: trace statistic , without linear trend and constant in cointegration

```
Eigenvalues (lambda):
[1] 1.000000e+00 1.000000e+00 1.000000e+00 9.687454e-01 4.679503e-01 1.049161e-14
```

values of teststatistic and critical values of test:

```

      test 10pct  5pct  1pct
r <= 4 |  11.36  7.52  9.24 12.97
r <= 3 |  73.74 17.85 19.96 24.60
r <= 2 | 486.11 32.00 34.91 41.07
r <= 1 |    NaN 49.65 53.12 60.16
r = 0  |    NaN 71.86 76.07 84.45
```

Eigenvectors, normalised to first column:  
(These are the cointegration relations)

```

tant          log_Pt.13  log_St.13  log_Wt.13  log_Mt.13  log_PREt.13  cons
```

log_Pt.13 0000	1.00000000	1.00000000	1.000000000	1.00000000	1.00000000	1.000
log_St.13 1313	-0.03476990	0.1595424	-0.005764822	-0.01201609	-0.1390904	-0.186
log_Wt.13 4514	-0.01110835	1.7236813	-0.762783700	-0.67415304	0.1315681	0.311
log_Mt.13 6887	-0.51831600	-0.4455538	-0.037941152	-0.90780023	-0.4990317	-0.461
log_PREt.13 3631	-0.19270609	0.2772593	1.014541489	-0.93480408	-0.2666123	-0.169
constant 5398	7.12359945	-2.0426068	0.688347889	18.44336609	6.3030652	4.794

weights w:  
(This is the loading matrix)

	log_Pt.13	log_St.13	log_Wt.13	log_Mt.13	log_PREt.13	con
stant						
log_Pt.d 4e-09	0.04017317	0.2251659	-0.1203634	0.04717074	-0.1598563	-9.85480
log_St.d 9e-06	-18.89623738	-2.6123446	-0.2359183	-0.34752234	3.3955734	2.29230
log_Wt.d 7e-08	0.45273066	0.3847035	-0.3742757	-0.61132023	0.1276299	9.31202
log_Mt.d 9e-08	-1.25012790	0.5425432	0.5851228	0.40276898	-0.3039264	6.22367
log_PREt.d 7e-08	-3.16102433	0.5789174	-0.6108428	0.57533255	1.5914494	2.49112

```

>
> beta3 <- johansen_eq3@v[,1]
> beta3_normalizado <- beta3 / beta3[1]
> beta3_normalizado
log_Pt.13 log_St.13 log_Wt.13 log_Mt.13 log_PREt.13 constant
1.00000000 -0.03476990 -0.01110835 -0.51831600 -0.19270609 7.12359945

```