



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



AEEV

AGENCIA ESTATAL DE ENERGÍA
VERACRUZ

**ESTRATEGIA PARA LA
TRANSICIÓN ENERGÉTICA
DEL ESTADO DE VERACRUZ**
Noviembre 2021



Agradecimientos

La Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz fue elaborada por la Agencia Estatal de Energía de Veracruz (AEEV) en cooperación con el Programa de apoyo a la transición energética en México (TrEM) implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH con la Iniciativa Climática de México A.C. (ICM) como asesor técnico científico y del proceso de planeación.

Agradecemos al Grupo de Trabajo para la elaboración de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz por su participación en las sesiones de trabajo.

Autores:

Daniel Chacón Anaya (ICM)

Luisa Sierra Brozón (ICM)

Alejandro Blázquez García (ICM)

Carlos Correa Larios (ICM)

José David Peñaloza Pérez (ICM)

Ricardo Rubén Cruz Salinas (ICM)

Sandra Rátiva Gaona

Daniela Rátiva Gaona

Ernesto Villava Robles

Coordinación:

Rómulo Sánchez Velázquez (AEEV)

Diego Alonso Jiménez Porras (AEEV)

Ana Cecilia Porte Petit (GIZ)

Ricardo Rubén Cruz Salinas (ICM)



Contenido

Agradecimientos	2
Contenido	3
Introducción, Misión y Visión.....	5
Misión.....	8
Visión	8
Aspectos Normativos	9
Agenda 2030	10
Ámbito Federal.....	12
Ámbito Estatal	12
Facultades SEDECOP-AEEV	14
Diagnóstico Energético Estatal.....	15
Características generales y población	17
Resultados	18
Precio de Electricidad.....	30
Indicadores.....	39
Intensidad Energética.....	43
Indicadores Sociales	46
Potenciales de aprovechamiento de energías renovables e implementación de medidas de eficiencia energética	50
Potencial de aprovechamiento de energías renovables	51
Medidas de eficiencia energética.....	76
Perspectiva de género.....	110
Diagnóstico de perspectiva de género en el estado de Veracruz	111
Metodología para definir los objetivos de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz	117
Análisis del problema	118
Ejes de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz	121
Líneas de Acción.....	124
Anexos.....	130
Anexo metodológico del Diagnóstico.....	131
Anexo metodológico para la toma de decisiones	143



Referencias	149
Índice de figuras	154
Índice de tablas	160
Glosario	163



Introducción, Misión y Visión



La presente Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz surge como parte del esfuerzo conjunto entre diversos grupos de trabajo, en donde destaca la colaboración entre la Agencia Estatal de Energía de Veracruz (AEEV), la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) e Iniciativa Climática de México (ICM) con entes e instituciones académicas y sector público del estado.

La finalidad del documento se resume en perseguir los objetivos de la transición energética, esto es, modificar la forma de consumo y de producción de energía dentro del estado con miras a la descarbonización en todos sus sectores.

Asimismo, el aumento en la eficiencia energética de las tecnologías y procesos, considerando como fundamento el marco jurídico federal y estatal en materia energética y medio ambiente. Además de considerar como puntos clave para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030.

Para ello, la Estrategia busca proveer información necesaria sobre el estatus energético actual de Veracruz, así como también el planteamiento de recomendaciones para, primeramente, migrar de una matriz energética compuesta por combustibles fósiles a una matriz energética diversa a través de una mayor participación de fuentes energéticas renovables considerando los potenciales energéticos estimados dentro del estado.

En segundo lugar, ofrece alternativas y recomendaciones conformadas por la

retroalimentación de diversas sesiones de trabajo con expertas y expertos en la materia.

Es importante señalar que el análisis energético se da sin disociar las cualidades y características de la energía con las características sociales, económicas, ambientales, de salud y mejoramiento en la calidad de vida de la población veracruzana. Así mismo procurando el uso de las mejores prácticas y conocimientos, tanto técnicos como administrativos, utilizados en diversas partes del mundo, con el fin de

La Estrategia comienza con una breve descripción de la Misión y Visión de la estrategia pasando a la estructura del Marco Jurídico (Aspectos Normativos), el cual, le permite sentar las bases y dar solidez legal a la misma.

Se muestra el vínculo entre las componentes federales, estatales y aquellas atribuciones de la Agencia Estatal de Energía de Veracruz.

La parte central de la Estrategia se encuentra compuesta por el Diagnóstico Energético Estatal, tomando como base el enfoque sistémico del sector energético de la entidad entendido a través del concepto de la cadena energética. Se realiza un desglose de las características general del estado y de la población veracruzana, considerando su estructura sociodemográfica.

En seguida, se muestra cada una de las etapas de la cadena energética compuesta por: producción de energía;



transformación, dividida en tres partes, la primera con énfasis en la Refinación de petróleo y procesamiento de gas, la segunda, referida a Capacidad de generación, y para finalizar, la tercera enfocada en Generación eléctrica. Después se observa el balance energético y los consumos asociados a cada uno de los sectores, en cantidad y por tipo de energético utilizado.

Se hace hincapié en el consumo y precios de la electricidad, así como en la generación distribuida.

Previo a la finalización de este apartado se muestran indicadores socioeconómicos vinculados con la energía y también se muestra un breve apartado referido a poblaciones indígenas.

Después se integra el diagnóstico y análisis de Perspectiva de Género como eje transversal de la Estrategia compuesta por tres dimensiones fundamentales: la primera hace referencia a la brecha de género en la participación de las actividades laborales y educativas, y especialmente en la cadena energética; la segunda considera a aquellos consumos energéticos diferenciales entre hombres y mujeres, y la tercera considera la economía del cuidado como responsabilidad pública. También se muestra el diagnóstico institucional y el marco jurídico en materia de género.

Para finalizar el diagnóstico energético se muestran los potenciales de aprovechamiento de energías renovables e implementación de medidas de

eficiencia energética. El potencial de aprovechamiento se desagrega en los recursos solar, eólico, bioenergético y nuclear.

Por su parte, las medidas de eficiencia energética parten del diagnóstico conformado tanto por las unidades económicas con mayor participación en el estado, como también por cada uno de los sectores, vinculando el diagnóstico energético sectorial con las actividades comerciales y económicas de los mismos.

Para finalizar, se ofrece un análisis basado en la metodología del marco lógico para definir los objetivos de la Estrategia de derivando en tres Ejes principales: Impulso transversal de la transición energética, Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética y Fomentar la inversión en energías limpias y renovables. Cada uno compuesto por sus diferentes líneas de acción para poder alcanzar los objetivos correspondientes.

Por último, se integran los anexos y anexos metodológicos correspondientes.

En este sentido, se elaboró una Estrategia integral, la cual busca impactar y servir de fundamento para la toma de decisiones dentro de la entidad, buscando siempre como fin planear, medir e informar.



Misión

El Gobierno del estado, a través de la Estrategia para la Transición Energética del Estado de Veracruz, debe ser punta de lanza en el fomento e impulso de la transición energética, de tal forma que ésta sea una herramienta para proteger el medio ambiente, combatir el cambio climático, mejorar la calidad de vida y aumentar la competitividad y atraktividad económica del estado.

Con sus medidas y acciones, el Gobierno del Estado de Veracruz debe desde hoy, ser ejemplo y motivar a la sociedad para que la entidad logre un suministro energético libre de emisiones contaminantes, mitigue el cambio climático, proteja el medio ambiente y la salud de la población, y a la vez, aumente su desarrollo, competitividad y atractivo económico y reduzca las brechas económicas y de género en la sociedad.

Visión

En 2030, Veracruz habrá aumentado la participación de las energías limpias y renovables en la satisfacción de las necesidades energéticas de su población y sectores productivos.

Los planes, programas y proyectos en materia de eficiencia energética, energías limpias y renovables, movilidad, educación e investigación, habrán sentado las bases de un cambio estructural en el estado que permitirá combatir el cambio climático, mejorar la calidad de vida, aumentar la competitividad y atractivo económico y proteger al medio ambiente.

La población, la iniciativa privada y la administración pública serán consientes de los impactos del uso de la energía y serán partícipes en las decisiones y acciones para optar por un uso eficiente y menos contaminante de la energía.

Estos cambios fundamentados, guiados, impuestos e incentivados por la Estrategia para la Transición Energética del Estado de Veracruz permitirán que, de forma gradual e ininterrumpida, Veracruz logre un suministro energético libre de emisiones.



Aspectos Normativos



Agenda 2030

la Agenda para el Desarrollo Sostenible surgió en el año 2015 con el fin de combatir el cambio climático, así como proveer de metas específicas para erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente y mejorar el desarrollo humano de la población mundial.

Como consecuencia, los Estados Parte de la Organización de las Naciones Unidas aprobaron el establecimiento de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales tienen como finalidad impactar en el día a día de las personas más vulnerables y a su vez, proveer de un desarrollo sostenible en el marco de la acción climática.

Dentro de los ODS se establecieron diversas metas a cumplir en los siguientes 15 años, derivando en la Agenda 2030.

Cabe mencionar que los ODS no son jurídicamente obligatorios. Sin embargo, en el marco internacional y nacional, se han adoptado como base para el establecimiento de diversos instrumentos, planes, programas y estrategias; así como también su vinculación con políticas públicas y sinergia entre los diferentes sectores de la economía los ha hecho adquirir una mayor importancia.

En este sentido, la presente Estrategia se encuentra vinculada de forma directa con los siguientes ODS:



De forma específica la vinculación se da con las siguientes metas plasmadas dentro del marco de la Agenda 2030 (ONU, 2015):

- **Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.**

5.1 Poner fin a todas las formas de discriminación contra todas las mujeres y las niñas en todo el mundo.

5.5 Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública.

5.b Mejorar el uso de la tecnología instrumental, en particular la tecnología de la información y las comunicaciones, para promover el empoderamiento de las mujeres.



- **Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.**

7.1 Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

7.2 Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

7.3 Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

7.a Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.

7.b Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

- **Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.**

9.2 Promover una industrialización inclusiva y

sostenible y, de aquí a 2030, aumentar significativamente la contribución de la industria al empleo y al producto interno bruto, de acuerdo con las circunstancias nacionales, y duplicar esa contribución en los países menos adelantados.

9.4 Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.

- **Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.**

12.2 Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.



Ámbito Federal

La presente Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz tiene fundamento jurídico desde el nivel federal a partir de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en la Ley de Planeación. Además, debe considerarse la alineación al Plan Nacional de Desarrollo y los fundamentos plasmados en la Ley de Transición Energética, así como en la Ley General de Cambio Climático.

Es igualmente importante señalar la alineación a los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, esto a través de la alineación al Plan Estatal de Desarrollo.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos funda los derechos a

un medio ambiente sano y a la protección de la salud. También establece que el desarrollo nacional debe ser integral y sustentable.

Ley de Planeación

La Ley de Planeación tiene entre sus objetivos el desarrollo equitativo, incluyente, integral, sustentable y sostenible, y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas.

Ley de Transición Energética

Tiene como objeto, regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como la reducción de las emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica.

Ámbito Estatal

La Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz está alineada al Plan Veracruzano de Desarrollo 2019 – 2024. Además, desde el ámbito estatal, la

presente Estrategia encuentra fundamento en las leyes según se presenta a continuación:



Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos

Art. 4. Derecho a un medio ambiente sano

Arts. 2, 25, 27 y 28. Desarrollo nacional integral sustentable

Ley de Planeación

Desarrollo equitativo, incluyente, integral, sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Ley de Transición Energética

Desarrollo equitativo, incluyente, integral, sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Ley de Desarrollo Social y Humano para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Impulso al desarrollo social sustentable.

Art. 12. V. Promoción de la conservación del ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales

Art. 29. Estimular el crecimiento de las actividades productivas sustentables y de beneficio social

Ley de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial y Vivienda para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Art. 39. Ter. La preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la protección al ambiente, gestión integral de residuos sólidos municipales y prevención, mitigación y resiliencia ante los riesgos y los efectos del cambio climático, son de interés metropolitano.

Ley de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave

Art.4 III. Fomentar las capacidades científicas y tecnológicas en el Estado, como instrumentos de promoción del desarrollo sustentable

Art. 52. Las instituciones públicas de educación superior coadyuvarán [...] a fin de estimular el desarrollo sustentable del Estado [...]

Ley Estatal de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático

Art. 29.- Para la mitigación de los efectos nocivos del cambio climático [...]:

II. Promover patrones de producción y consumo que disminuyan las emisiones;

IV. Promover prácticas de eficiencia energética, sustitución del uso de combustibles fósiles por fuentes renovables de energía [...]

Decreto por el que se Crea la Agencia Estatal de Energía

Art. 1. Es un Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública del Estado, con autonomía [...], sectorizada a la Secretaría de Desarrollo Económico y Portuario estatal.

Art 3. Tiene por objeto realizar en el territorio veracruzano las actividades estratégicas o prioritarias en materia energética, coadyuvando con la Federación para incentivar la inversión y la economía, y aprovechar los recursos naturales y proteger al medio ambiente.

Art. 4. Entre sus funciones están el fomentar uso racional y eficiente de la energía eléctrica y los combustibles fósiles, y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; así como impulsar, fomentar, ejecutar y administrar la política de desarrollo energético

Figura 1. Marco jurídico de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz



Facultades SEDECOP-AEEV

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Económico y Portuario (SEDECOP) de Veracruz en su Título tercero, Capítulo 1, artículo 14 es atribución del titular de la Secretaría *Impulsar mediante planes estratégicos, proyectos o mecanismos, el fomento y apoyo del desarrollo y operación de los programas que surjan de las necesidades de desarrollo económico en materia de generación de energía, instalación de áreas terrestres, marinas, áreas de explotación, perforación, producción de hidrocarburos y energía, de acuerdo a la normatividad aplicable;* todo esto comprendido en su Reglamento Interior.

Por su parte, la Agencia Estatal de Energía de Veracruz (AEEV) es un Organismo Público Descentralizado de la

Administración Pública del Estado de Veracruz, con autonomía técnica, administrativa y de gestión, y personalidad jurídica y patrimonio propios, sectorizada a la Secretaría de Desarrollo Económico y Portuario, la cual tiene por objeto realizar actividades estratégicas para incentivar la inversión pública y privada en el sector energético que impulse el desarrollo económico del estado, promoviendo el aprovechamiento racional de los recursos naturales y la protección al medio ambiente, en el marco de la política energética nacional.

En relación con esto y en su vinculación con el Plan de Desarrollo Veracruzano 2019-2024 la AEEV se encuentra vinculada directamente con el Eje General: Desarrollo Económico.



Diagnóstico Energético Estatal



La finalidad del Diagnóstico Energético es dar a conocer información relevante en materia de energía que sirva de base para entender el contexto energético actual del Estado de Veracruz.

Este entendimiento, a su vez, fundamenta la definición de objetivos y líneas de acción que permitirán la aceleración de la transición energética dentro del estado.

El Diagnóstico Energético presentado a continuación se basa en el enfoque sistémico del sector energético de la entidad, el cual se puede entender a través del concepto de la cadena energética.

La cadena energética es un sistema en el que los recursos naturales son extraídos o captados para ser transformados, dando origen a recursos energéticos cuya utilidad es la de satisfacer las necesidades de la población. De forma general, la cadena se divide en 3 pasos:

1. Extracción o captación. En este paso, los recursos naturales tales como el petróleo o el carbón mineral son extraídos de los yacimientos en donde se encuentran. En el caso de recursos como la irradiación solar, la velocidad del viento, el movimiento del agua o el calor de la tierra, se dice que los recursos son captados. En cualquier caso, estos recursos son obtenidos debido a su contenido energético por lo cual se les conoce como energéticos primarios.
2. Transformación. En este paso, los energéticos primarios son sometidos a

uno o varios procesos de transformación para potenciar su capacidad energética para satisfacer las necesidades de la población. La refinación del petróleo o la generación de energía eléctrica da como resultado diversos energéticos que pueden ser utilizados de forma más fructífera en los dispositivos que satisfacen las necesidades. Así, la gasolina, el diésel, el gas seco o la electricidad (por mencionar algunos) son conocidos como energéticos secundarios.

3. Consumo. En este último paso, los energéticos secundarios son usados en dispositivos, aparatos, máquinas o equipos que los necesitan para poder funcionar y realizar la tarea para la que fueron creados, satisfaciendo así las necesidades humanas.

Los apartados restantes de esta sección están comprendidos por los Resultados, los Indicadores y el Anexo Metodológico. Los Resultados muestran la información energética de Veracruz siguiendo el enfoque sistémico de la cadena energética.

Por su parte, los Indicadores contienen información que se genera a partir del tratamiento de los Resultados y que permite comprender cómo se entrelazan los Resultados con el contexto energético y socioeconómico de la entidad. El Anexo metodológico contiene la descripción de cómo se obtuvo y trató toda la información, tanto la de los Resultados como la de los Indicadores.



Características generales y población

El estado de Veracruz de Ignacio de la Llave está ubicado en la región Este del país, limitando al norte con Tamaulipas y San Luis Potosí, al este con el Golfo de México, al sur con los estados de Tabasco y Chiapas y al oeste con Hidalgo, Puebla y Oaxaca (INEGI, 2021).



Figura 2. Ubicación del estado de Veracruz.
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI

Las características climáticas de la entidad se caracterizan por tener condiciones de clima cálido subhúmedo en un 53.5% de la superficie estatal. Siendo también importante, en términos de superficie territorial cubierta, es el clima cálido húmedo al sur y al este de la entidad. Por

último, el estado de Veracruz también tiene presencia de climas templado húmedo (3.5%), templado subhúmedo (1.5%), seco y húmedo (0.5%) y frío de alta montaña (0.05) en el Pico de Orizaba. La temperatura media anual en el estado es alrededor de 23 °C. La precipitación media estatal es de 1,500 mm anuales, las lluvias se presentan en los meses de junio a octubre, mientras que, en la región colindante con Tabasco, se presentan todo el año (INEGI, 2021 b).

Según los datos del CONEVAL, en 2020 el 58.6% de la población (4.72 millones de personas) se encuentran en situación de pobreza moderada y el 13.9% (1.12 millones de personas) en pobreza extrema (CONEVAL, 2020). La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 21.7% (1.75 millones de personas), mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 5.9% (475 miles de personas). Para este mismo año, 31.0% de la población en la entidad no tenía acceso a servicios de salud, 24.4% no contaba con acceso a alimentación y el 37.8% no tenía acceso a los servicios básicos de la vivienda (CONEVAL, 2020).



Resultados

En este apartado se muestra la información energética del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave siguiendo el concepto de la cadena energética.

En primer lugar, se muestra la producción de energéticos primarios dentro del territorio. Estos son el petróleo crudo, el gas natural, la captación de las energías renovables para la generación eléctrica en centrales de gran escala o de generación distribuida y la extracción de leña.

Después se presenta toda la transformación de energéticos primarios a secundarios que ocurre en Veracruz. En esta etapa de la cadena energética se da la refinación de petróleo, el procesamiento del gas natural para convertirlo en gas seco y la generación eléctrica.

También se presenta la estimación de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología y un diagrama de Sankey que integra no solo la generación dentro del estado sino las exportaciones de electricidad a través de las líneas de transmisión.

Además, este diagrama permite apreciar las pérdidas en transformación y

distribución y el consumo de energía eléctrica en los sectores productivos.

Posteriormente, se presenta la capacidad instalada en cada municipio de Veracruz de centrales eléctricas fotovoltaicas en modalidad de generación distribuida, así como la estimación de la generación de energía que dichas centrales tuvieron.

Por último, se presenta el consumo de energía dentro del estado. En primer lugar, el gráfico de barras del balance de energía de Veracruz muestra la relación entre la producción interna de energía, las exportaciones e importaciones que sirven para la satisfacción del consumo total de energía, cuya desagregación sectorial también se muestra en el mismo gráfico.

Luego, una gráfica de pastel sirve para identificar la proporción que tiene cada sector productivo dentro del consumo total estatal de energía. De este diagrama se desprenden gráficos de barras para indicar qué tipo de combustibles (y sus cantidades) se utilizan en cada sector.

Finalmente, el sector industrial se desagrega en sus subsectores para mostrar la proporción del total de energía del sector que ellos consumen.



Producción

Producción de energía primaria en PJ

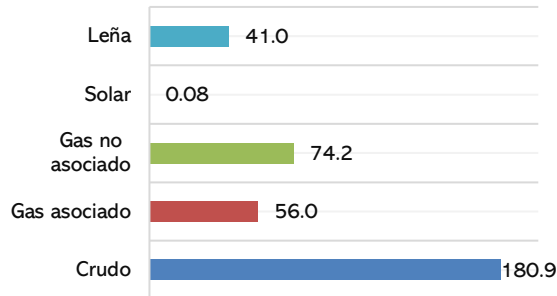


Figura 3. Producción de energéticos primarios Veracruz en 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020), (CRE, 2021a) y (Maserá, 2010)

La Figura 3 muestra la cantidad de energía extraída o captada de la naturaleza dentro del territorio de Veracruz. A ésta se le conoce como *Producción*.

Cabe señalar que no se considera ninguna eficiencia en el proceso de captación. Por lo tanto, la producción de renovables es igual al monto de energía que se genera a partir de estas fuentes. Dicho de otro modo, los 0.08 PJ de energía solar producidos son los mismos 0.08 PJ de electricidad que se generó a partir de este energético primario.

Como se puede apreciar, el energético primario con mayor participación en la producción es el crudo, cuyos 180.9 PJ representan el 51.4% del total de

energéticos primarios del estado. Por otra parte, el Gas es el segundo energético con mayor participación, con un total de 130.2 PJ (Gas asociado y no asociado); sin embargo, como se muestra en la Figura 4, la producción de este energético ha ido disminuyendo.

En cuanto a las renovables (solar, eólica e hidroeléctrica), éstas representan el 6.5% de la producción total, siendo la energía eólica la que aporta el 98.1%.

Producción de Gas Natural Veracruz

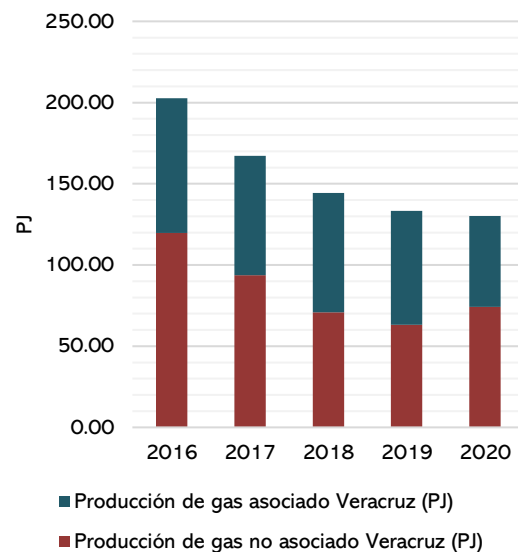


Figura 4. Evolución de la producción de Gas Natural en Veracruz. Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).



Transformación – Refinación de petróleo y procesamiento de gas

Mediante la refinación, el petróleo crudo se somete a un proceso de destilación para obtener derivados petrolíferos como el gas seco, el gas licuado, gasolinas, diésel y combustóleo, entre otros. Estos productos son utilizables en motores de combustión interna, turbinas o calderas para fines como la generación y uso de electricidad, propulsión aeronáutica, calentamiento de agua o fundición de acero, entre otras muchas aplicaciones.

En la actualidad existe una refinería en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, más concretamente en Minatitlán. La refinería recibe el nombre de Lázaro Cárdenas del Río. La producción ha variado constantemente en los últimos cinco años, tanto en volumen como en el porcentaje de productos de salida.

La producción total bajó de 248.5 a 81.9 PJ entre 2016 y 2018, volviendo a recuperar valores superiores en 2019 y 2020 de 198.5 y 155.7 PJ, respectivamente (Figura 5). El porcentaje de productos petrolíferos de salida también varió considerablemente, especialmente combustóleo y diésel. El combustóleo ha representado entre el 7.2 % y el 34.7 %, dependiendo del año, mientras que el diésel ha variado entre el 9.9 % y el 32%. La Figura 5 y la Figura 6 representan la evolución de la producción total y en porcentaje de la refinería en los últimos años. La Figura 7 y Figura 8, por su parte, reflejan la proporción de los productos petrolíferos respecto del total en el año 2020 y el diagrama de Sankey

simplificado del proceso de refinación para el mismo año.

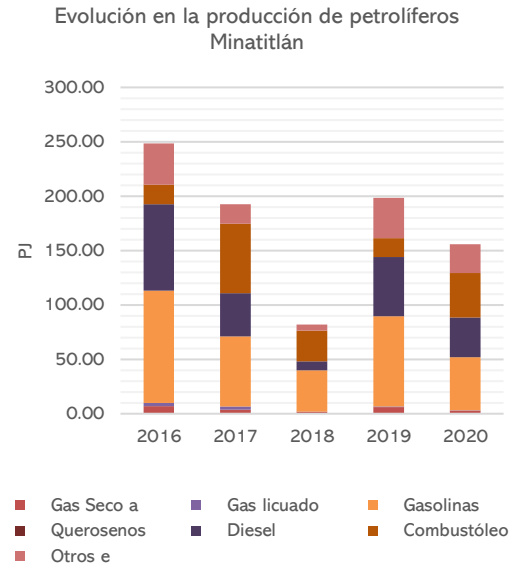


Figura 5. Evolución de la producción de productos petrolíferos en la refinería Minatitlán (PJ). Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).

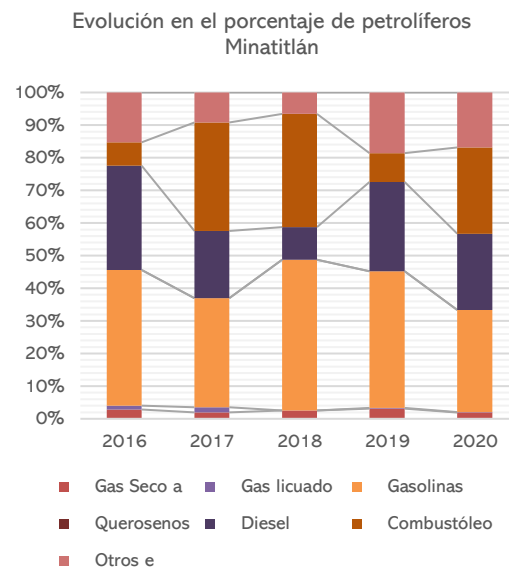


Figura 6. Evolución de la producción de productos petrolíferos en la refinería Minatitlán (%). Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).



Producción de petrolíferos Minatitlán 2020

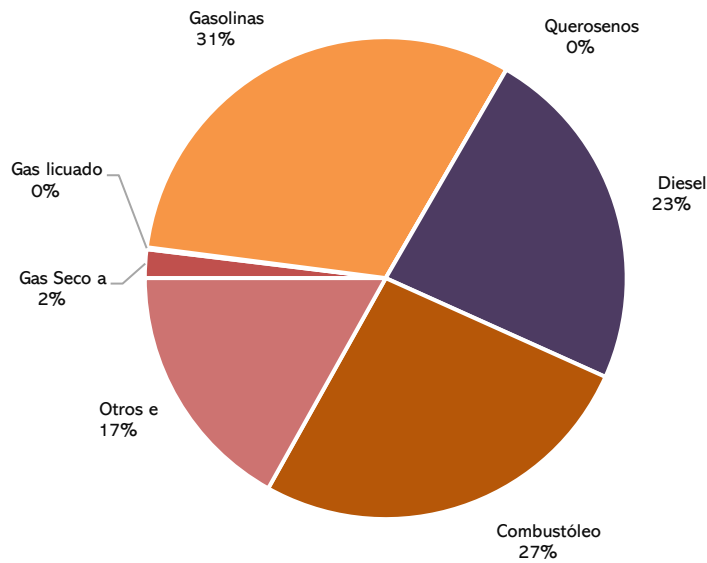


Figura 7. Producción de petrolíferos en la refinería Madero durante el año 2020 (%). Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).

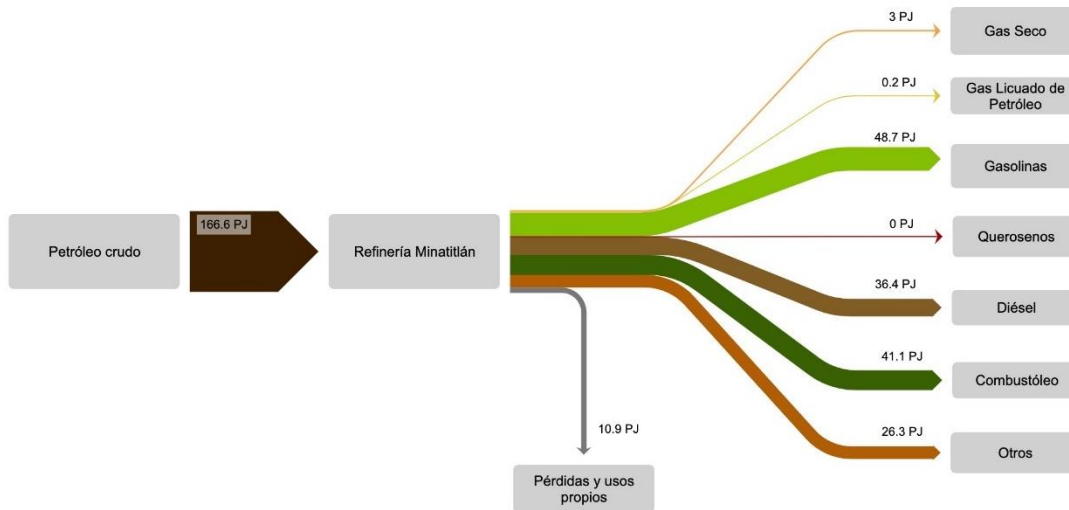


Figura 8. Diagrama de Sankey simplificado de los productos de refinación en Minatitlán en el año 2020. Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (SIE).



Otra transformación muy importante es aquella en la que se somete al gas natural a un proceso para retirarle partículas como azufre y agua para obtener lo que se conoce como gas seco (y dulce). Así, el gas seco ya es apto para el consumo en quemadores de calderas y cámaras de combustión, tanto para usos finales de carácter térmico como de producción de

electricidad en los ciclos correspondientes.

La Figura 9 muestra la evolución de gas natural procesado en los centros procesadores de gas de Poza Rica y Matapionche. En ambos centros, y especialmente en el de Poza Rica, el gas procesado ha descendido contantemente entre 2016 y 2020, pasando de 69.0 PJ a 32.3 PJ en total.

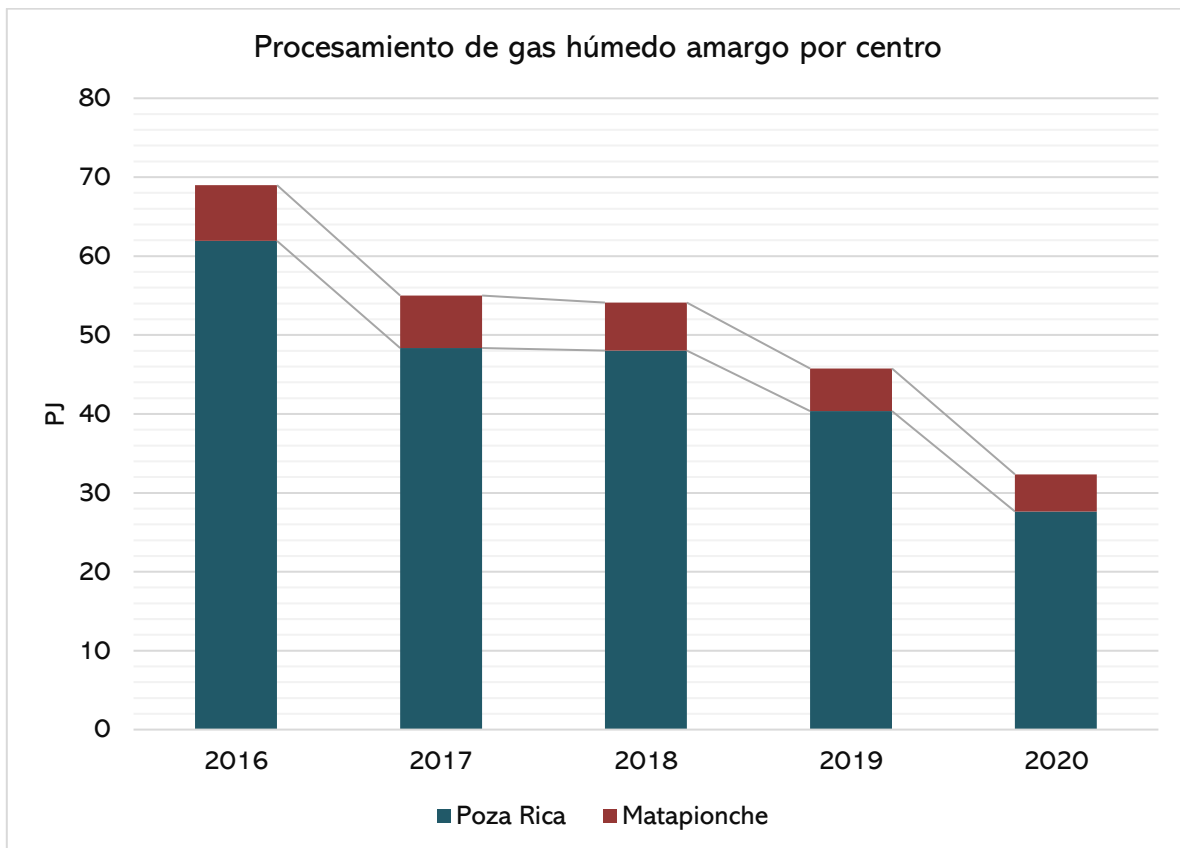


Figura 9. Procesamiento de gas húmedo en Poza Rica y Matapionche. Fuente: SIE (SENER).



Transformación - Capacidad de generación

A finales del año 2020, el estado de Veracruz contaba con una capacidad instalada total de 10,552.2 MW distribuidos en 74 centrales de gran escala (mayor a 499 kW).

De entre todas las tecnologías de generación, destaca el Ciclo Combinado con 12 centrales y 4,577.0 MW instalados, representando el 43.4% de la capacidad instalada de toda la entidad. Estos ciclos combinados emplean gas natural como combustible. Le sigue la tecnología Turbina de Vapor (ciclos Rankine) con 30 centrales en operación y 3,785.7 MW instalados, (35.9% de la capacidad instalada); la mayor parte de estas plantas emplean gas natural o combustóleo, aunque algunas de ellas emplean bagazo de caña.

Existe también una central Nucleoeléctrica (Laguna Verde), la única del país en la actualidad, de 1,634 MW, la cual representa el 15.5% de la capacidad instalada en el estado.

Dentro del territorio estatal existen también 7 centrales Turbina de Gas con una capacidad instalada total de 350.17

MW, la cuales emplean gas natural como combustible y representan solamente el 3.3% de la capacidad instalada total en el estado. Por otro lado, se cuenta con un total de 11 centrales de Combustión Interna representando el 0.5% de la capacidad instalada, de las cuales solo 5 han estado operativas en los últimos años. Estas plantas emplean también gas natural como combustible, aunque las que han estado inoperativas tienen registrado diésel como combustible principal.

Por último, existen 12 centrales Hidráulicas con una capacidad instalada total de 146.0 MW, representando únicamente el 1.4% de la capacidad instalada de Veracruz.

En cuanto a los tipos de permiso, el 61.7% de la capacidad fue instalada por la CFE. El 20.3 % se instaló a través de permisos de Productor Independiente de Energía (PIE), el 4.2% a través de permisos de Generación (GEN), el 9.9% a través de permisos de Cogeneración (COG), el 2.7% a través de permisos de Autoabastecimiento (AUT) y el 1.2 % a través de permisos de Usos Propios Continuos (UPC) (Figura 11).



Capacidad instalada por tecnología

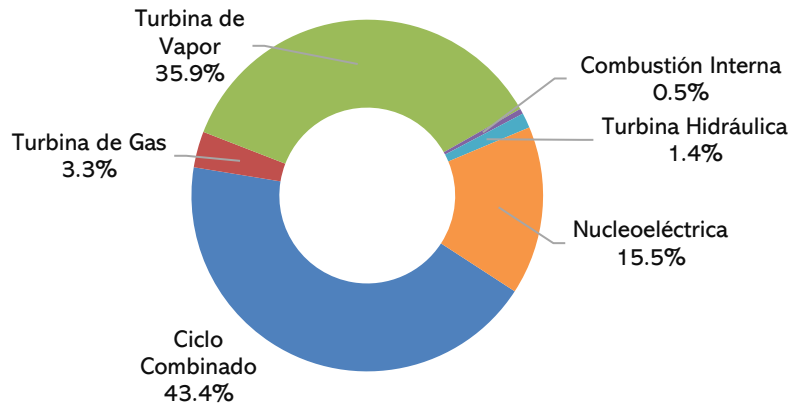


Figura 10. Capacidad instalada por tipo de tecnología a 2020 partir de datos de la (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020) y (CRE, 2021a).

Capacidad instalada por modalidad

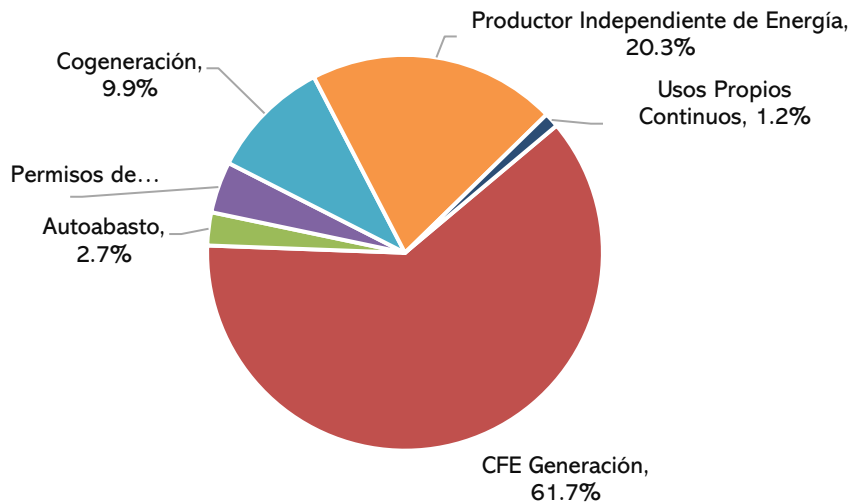


Figura 11. Capacidad instalada por tipo de permiso a 2019 a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019).



Transformación - Generación eléctrica

La generación anual total ha oscilado alrededor de los 40,000 GWh entre los años 2016 y 2019. Las centrales Ciclo Combinado han aumentado progresivamente su generación anual total creciendo en torno a un 18% en cuatro años y desplazando a las centrales termoeléctricas convencionales (Turbina de Vapor), menos eficientes.

La central Nucleoeléctrica de Laguna Verde, por su parte, mantuvo una producción estable de entre 10,000 GWh y 11,000 GWh, a excepción del año 2017, cuando produjo más de 13,000 GWh. El factor de planta paso de su habitual 75% a 92% para ese año.

Las centrales de Combustión Interna y Turbina de Gas, pese a su ligera contribución respecto del total, también han aumentado progresivamente su producción en un 60% y un 92%, respectivamente.

Por último, las centrales Hidráulicas, fuertemente dependientes del recurso hídrico, han variado su producción entre los 509 y 694 GWh anuales, alcanzando su máximo en 2018.

En consecuencia, es posible afirmar que, teniendo en consideración la contribución Nucleoeléctrica e Hidráulica, entre el 27% y el 33% de la energía eléctrica producida anualmente es limpia. Por otra parte, entre el 67% y el 73% procede de centrales basadas en combustibles fósiles, siendo la tecnología Ciclo Combinado y el combustible gas natural los protagonistas

representando entre el 50% el 56% de la generación anual total.

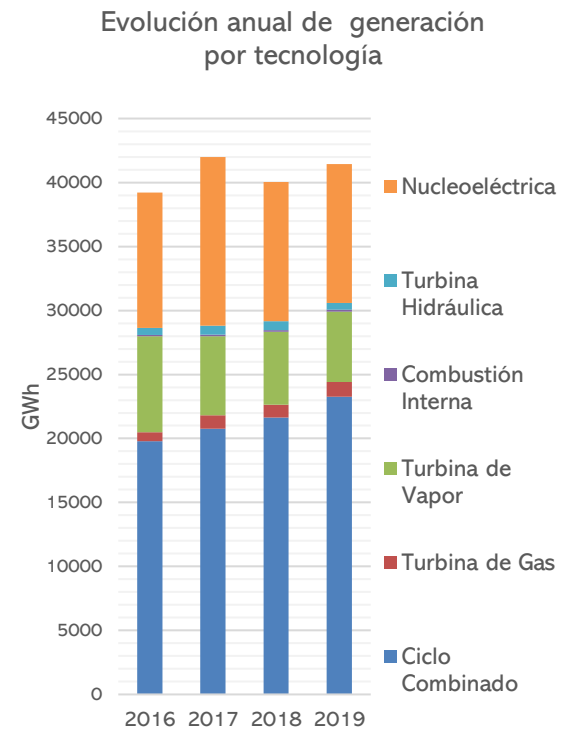


Figura 12. Evolución de la generación anual por tecnología periodo 2016 – 2019.

También es importante destacar en cuanto a los permisos, más del 50% de la generación anual proviene de centrales con permisos PIE, mientras que las centrales de CFE contribuyen con entre un 20% y un 30%.



Balance del sector eléctrico

La Figura 13 muestra el diagrama de Sankey del balance global del sector eléctrico del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, para el año 2019.

Como se puede observar, el gas natural es el energético más empleado para la producción de electricidad (201.4 PJ), seguido por el uranio para la central nuclear de Laguna Verde (108.6 PJ) y el combustóleo (95.5 PJ). También existen consumo de bagazo de caña (15.6 PJ) y energía hidráulica para la generación de electricidad (1.83 PJ).

Mediante las centrales de generación se transforman los energéticos previamente descritos en electricidad, siendo la eficiencia global de transformación de 35.16 %. De los 312.5 PJ térmicos que llegan a las centrales térmicas y 108.6 PJ en forma de uranio, 270 PJ se pierden en ineficiencias por las limitaciones de las

tecnologías y 4.2 PJ son empleados en usos propios de las plantas de generación. Por consiguiente, la producción de electricidad neta anual es de 148.7 PJ, la cual supera las necesidades locales. Es por ello que existe un superávit de generación de electricidad en el estado y el excedente es aprovechado gracias a las Redes Nacionales de Transmisión (RNT) para contribuir a las necesidades del resto del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Por otra parte, existen pérdidas de 1.79 PJ en la fase de transmisión y de 5.36 PJ en la fase de distribución. La energía eléctrica neta finalmente consumida por los sectores residencial, comercial y servicios, industrial, agropecuario y público; fue de 47.98 PJ.

La distribución del consumo por sectores se describe con mayor profundidad en la sección de “Consumo por energético y por sector”.

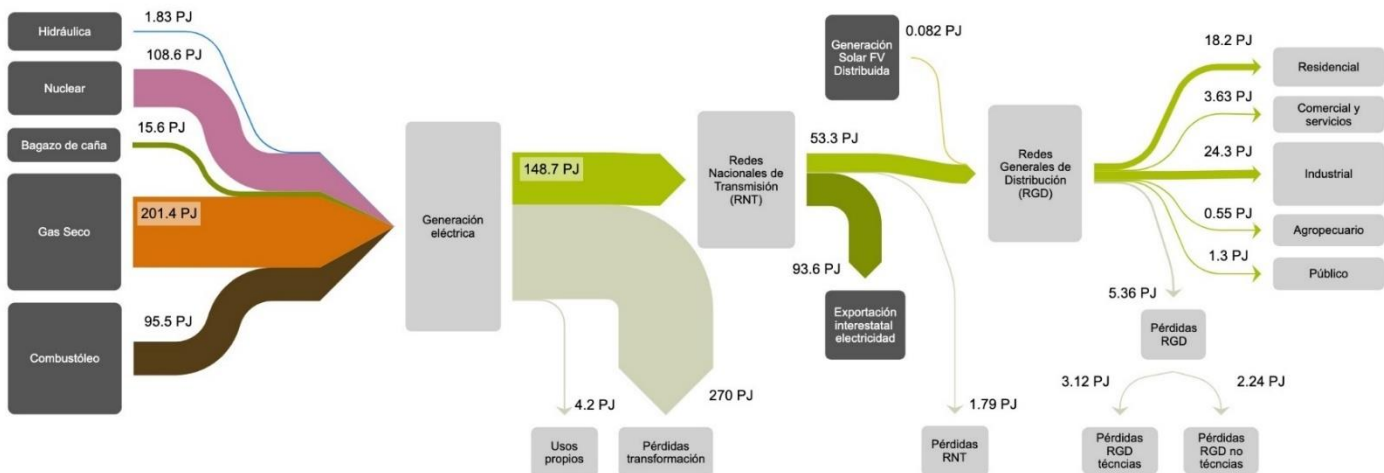


Figura 13. Diagrama de Sankey del sector eléctrico en el estado para el año 2019. Fuente: Elaboración propia.



Consumo de electricidad

Como bien se reflejaba en el diagrama de Sankey, se estima que el consumo de electricidad en la entidad es de aproximadamente 48 PJ. Las subestaciones eléctricas y, en consecuencia, los nodos de precio del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se organizan en Zonas de Carga (ZC). Dentro del territorio estatal de Veracruz existen nodos pertenecientes a 10 ZC. La Figura 14 muestra la división por Zonas de Carga del territorio del estado de Veracruz.

Seguidamente, desde la Figura 15 hasta Figura 24 reflejan los perfiles de demanda diaria promedio de las distintas ZC en los años 2018, 2019 y 2020. Como se puede apreciar, algunas zonas como Teziutlán, Tampico, Córdoba o Xalapa presentan un perfil propio de zonas con una alta concentración de puntos de carga residenciales, con demandas que se elevan en las horas centrales y finales del día. Otras zonas, como Coatzacoalcos, Poza Rica y Veracruz, presentan perfiles triangulares, con crecimientos de la demanda muy progresivos entre las

primeras horas de la mañana y las últimas horas de la noche. Existen también zonas como Huejutla y Los Tuxtlas que presentan picos de demanda mucho más bruscos en la noche. Por último, la ZC de Orizaba presenta un perfil de demanda propio de una región con alta concentración con puntos de carga industriales, con una demanda elevada y constante en las horas comprendidas entre las 6 a.m. y las 6 p.m.

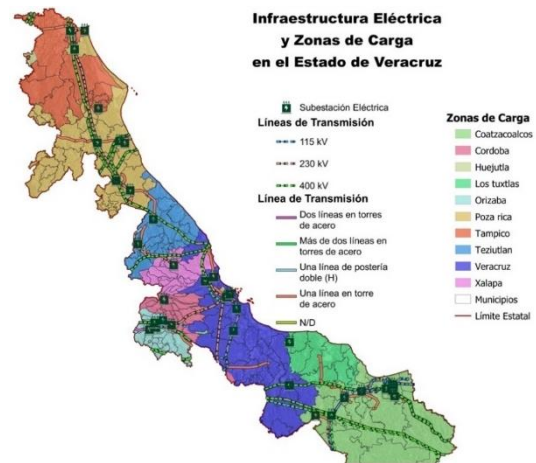


Figura 14. Zonas de Carga en el Estado de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de (CENACE, 2021), (OSM, 2021) e (INEGI, 2019c).



Demanda promedio Coatzacoalcos

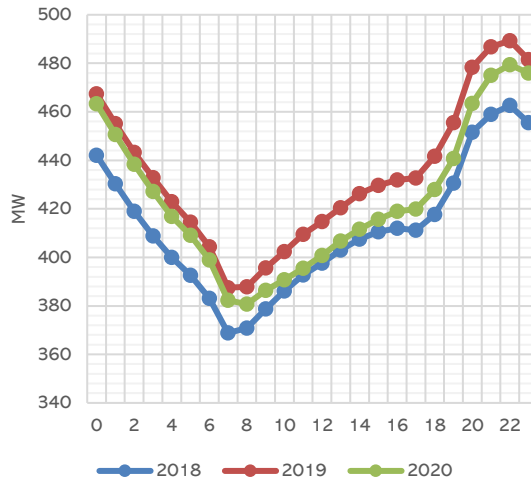


Figura 15. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Coatzacoalcos. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.

Demanda promedio Huejutla

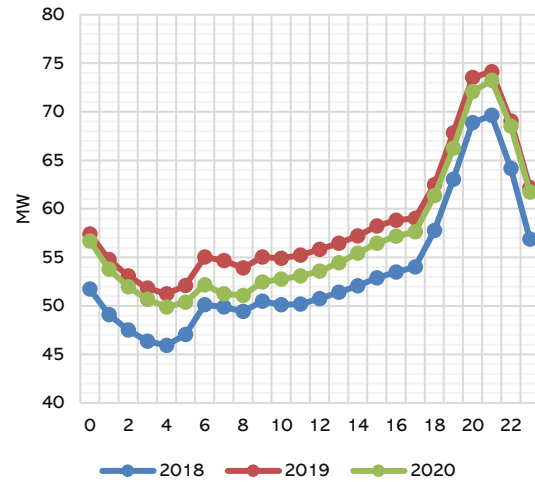


Figura 17. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Huejutla. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.

Demanda promedio Córdoba

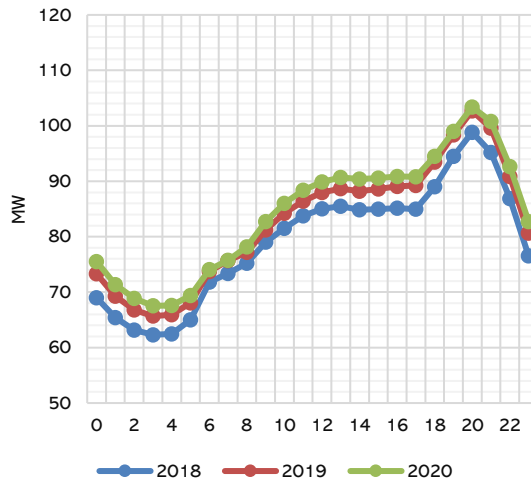


Figura 16. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Córdoba. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.

Demanda promedio Los Tuxtlas

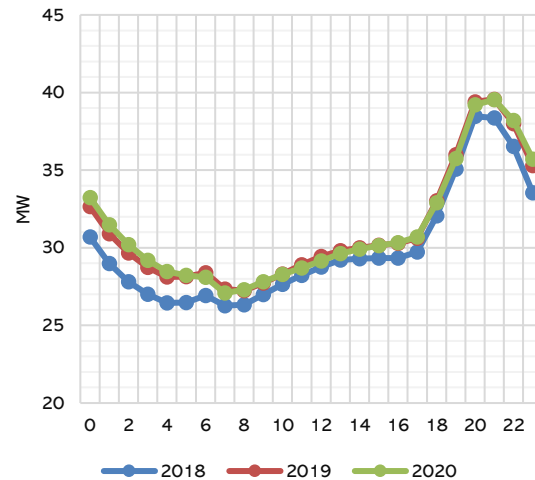


Figura 18. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Los Tuxtlas. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.



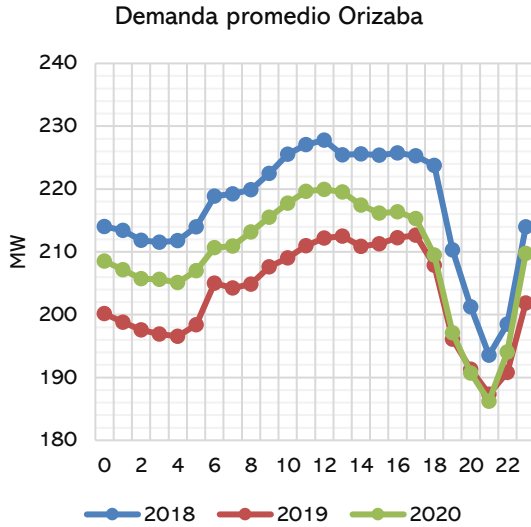


Figura 19. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Orizaba. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.

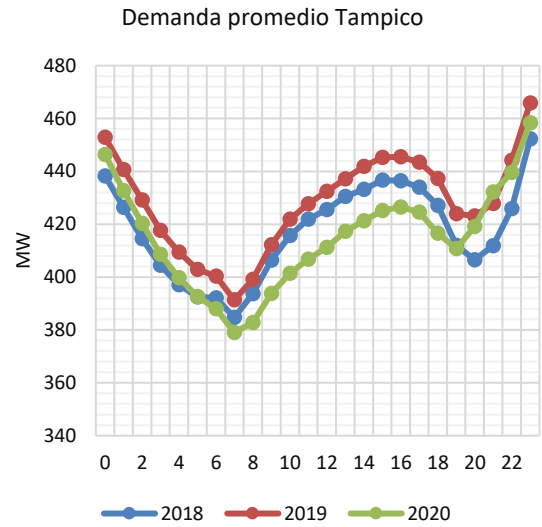


Figura 21. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Tampico. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.

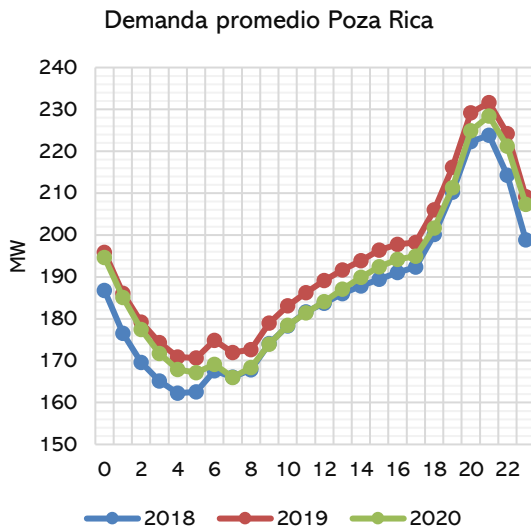


Figura 20. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Poza Rica. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.

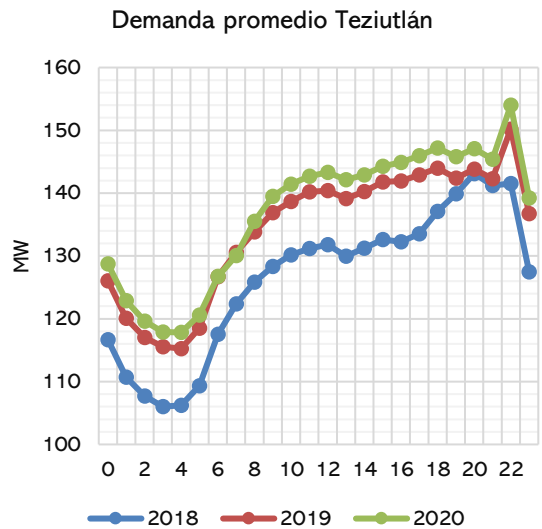


Figura 22. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Teziutlán. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX – CENACE.



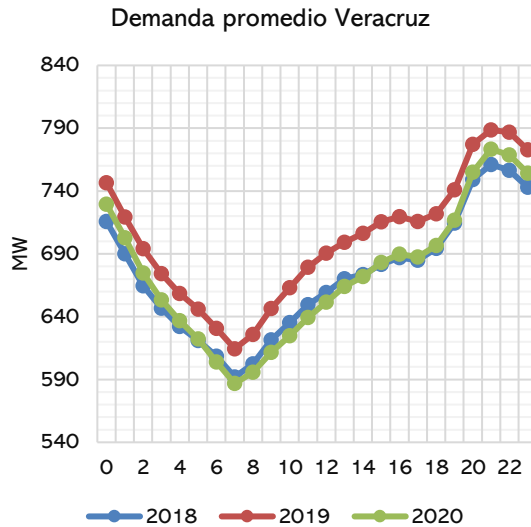


Figura 23. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Veracruz. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTREMX – CENACE.

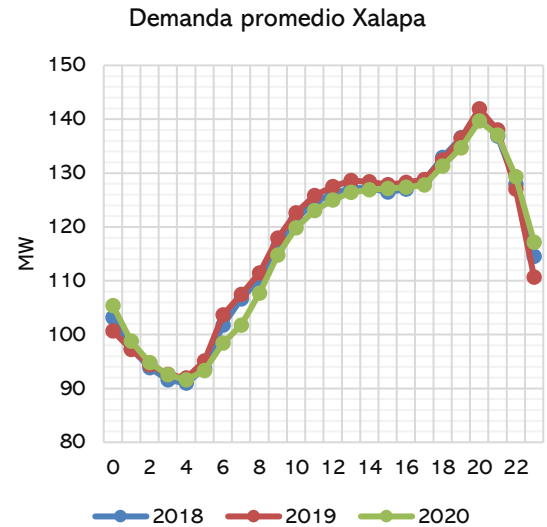


Figura 24. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Xalapa. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTREMX – CENACE.

Precio de Electricidad

Para analizar el precio de la energía eléctrica en el estado de Veracruz se hace necesario dividir a los consumidores en Usuarios de Suministro Básico, los cuales compran su electricidad a CFE Suministrador de Servicios Básicos (CFE SSB), y Usuarios Calificados, quienes adquieren su energía a través de un Suministrador Calificado en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

Dentro de los Usuarios de Suministro Básico, es posible hacer otra división entre tarifas residenciales y tarifas no residenciales. Las tarifas residenciales son la 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC (alto

consumo). El precio de las mismas varía en función del consumo mensual entre básico, intermedio y excedente, a excepción de la DAC. Los precios promedio de estas tarifas aparecen en la Figura 25. En el estado de Veracruz existen usuarios en todas las tarifas a excepción de la 1E y 1F. Como se puede apreciar, el precio en consumo básico fue de entre 0.79 y 0.85 MXN/kWh para todas las tarifas. El precio en consumo intermedio fue de entre 0.93 y 1.08 MXN/kWh. El precio en consumo excedente, por su parte, fue de 2.99 MXN/kWh. Por último, el precio de la tarifa DAC se situó en 4.24 MXN/kWh.



Tarifas residenciales

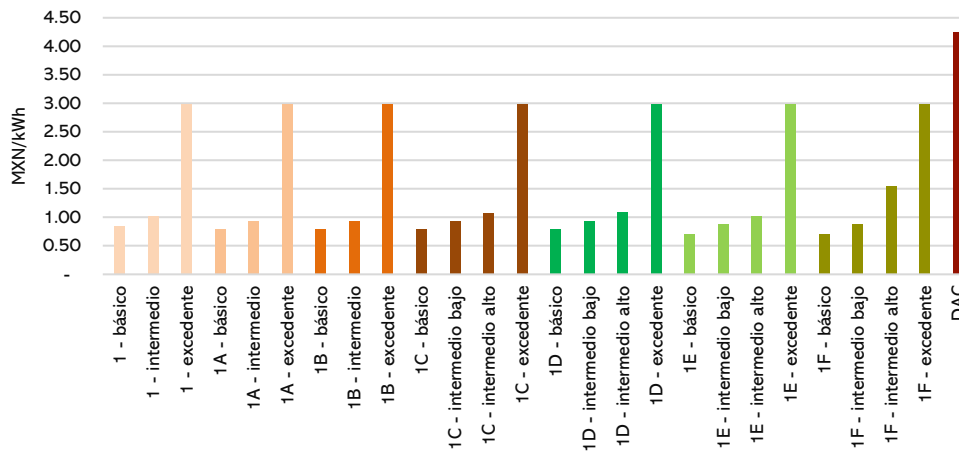


Figura 25. Precio promedio de tarifas residenciales de CFE SSB durante el año 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de CFE.

Por otra parte, las tarifas no residenciales son las que se detallan a continuación:

- Alumbrado Público Baja Tensión (APBT)
- Alumbrado Público Media Tensión (APMT)
- Demanda Industrial en Subtransmisión (DIST)
- Demanda Industrial en Transmisión (DIT)
- Gran Demanda Baja Tensión (GDBT)
- Gran Demanda Media Tensión Horaria (GDMTH)
- Gran Demanda Media Tensión Ordinaria (GDMTO)
- Pequeña Demanda Baja Tensión (PDBT)

Figura 27 y Figura 28 muestran los precios de estas tarifas en promedio durante el año 2020. Como se puede apreciar, todos están por encima de los 1.45 MXN/kWh y las tarifas en baja tensión llegan a superar los 3.50 MXN/kWh.

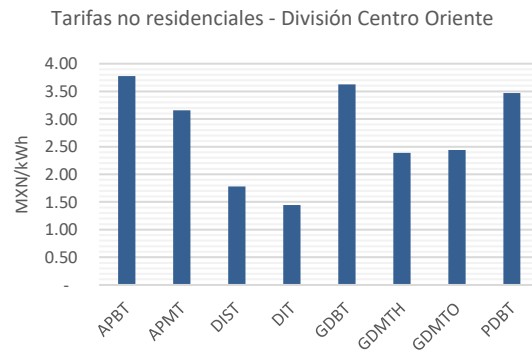


Figura 26. Precio promedio de tarifas no residenciales de CFE SSB durante el año 2020 en división Centro Oriente. Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.

Los precios de estas tarifas varían en función de la división tarifaria de CFE. El estado de Veracruz cuenta con municipio en 3 de estas divisiones: Centro Oriente, Golfo Centro y Oriente. La Figura 26,



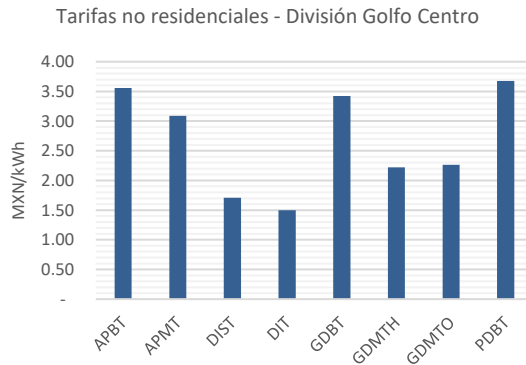


Figura 27. Precio promedio de tarifas no residenciales durante el año 2020 en División Golfo Centro. Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.

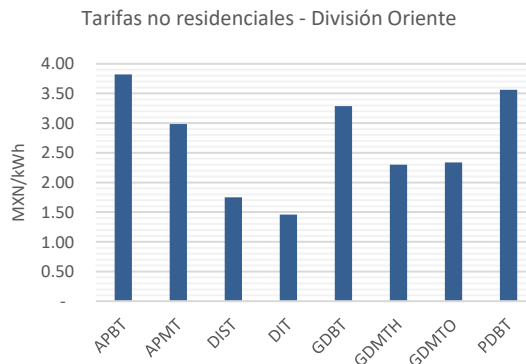


Figura 28. Precio promedio de tarifas no residenciales durante el año 2020 en División Oriente. Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.

Para los Usuarios Calificados, el precio de la electricidad en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) es diferente en cada nodo del sistema y recibe el nombre de Precio Marginal Local (PML), el cual depende, además de los costos variables de la producción de electricidad en las centrales, de la congestión y de las pérdidas producidas entre los distintos nodos del sistema. La Figura 29, Figura 30 y Figura 31 muestran el perfil promedio de los PML diarios en las distintas Zonas de Carga (ZC) estudiadas para los años 2018, 2019 y 2020. Como se puede apreciar, los precios más altos se dan en las zonas de Los Tuxtlas, Cotzacoalcos y Orizaba,

situadas más al sur, mientras que los precios más bajos se dan en Tampico, Huejutla y Poza Rica, las cuales se sitúan más al norte. Además, es importante notar que los precios bajaron más de un 50% para todas las ZC entre 2018 y 2020, hasta situarse en un promedio de 620.45 MXN/MWh (0.62 MXN/kWh). En consecuencia, se puede afirmar que la conversión a Usuario Calificado es una opción interesante para usuarios industriales, comerciales y de la administración pública que superen 1 MW de carga, debido al margen de ahorro al comparar con tarifas como GDMTH o GDMTO.

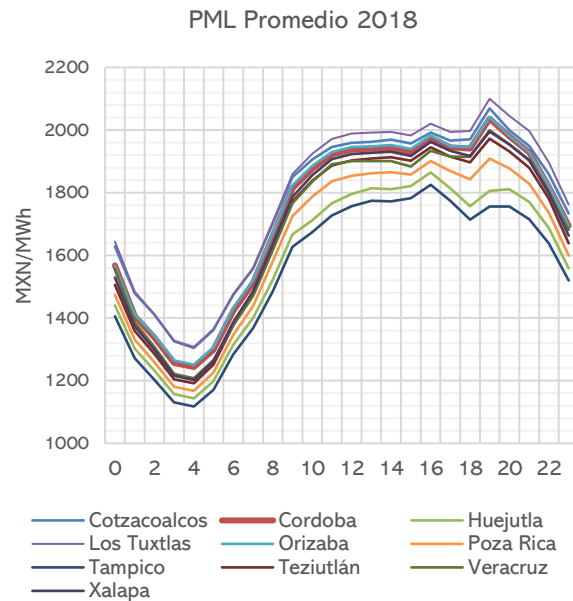


Figura 29. Precio Marginal Local horario promedio por Zona de Carga durante el año 2018. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMEX-CENACE.



PML Promedio 2019

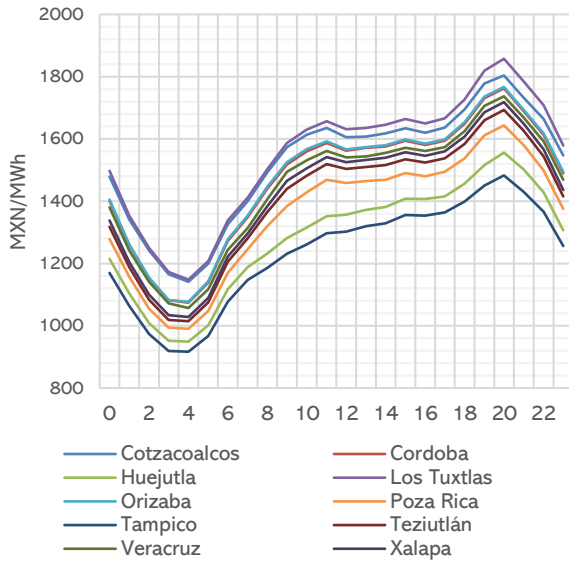


Figura 30. Precio Marginal Local horario promedio por Zona de Carga durante el año 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX -CENACE.

PML Promedio 2020

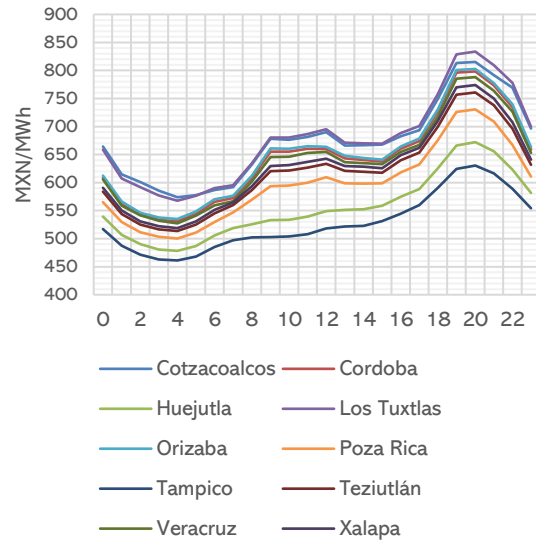


Figura 31. Precio Marginal Local horario promedio por Zona de Carga durante el año 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMX -CENACE.



Transformación - Generación distribuida

Capacidad de Generación Distribuida Solar
Fotovoltaica por municipio

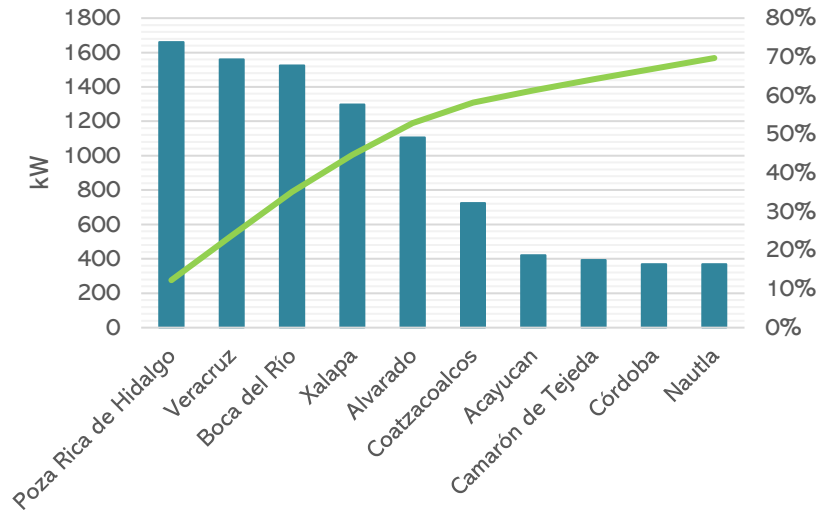


Figura 32. Capacidad de generación distribuida por municipio a 2019. Fuente: CRE.

La generación distribuida es un esquema de generación de energía eléctrica reconocido en la Ley de la Industria Eléctrica. Consiste en la generación mediante centrales eléctricas con una capacidad menor a los 500 kW interconectadas a las redes de distribución¹ (es decir, en media tensión), generalmente en el mismo punto de conexión de un usuario del servicio público. De esta forma, un consumidor puede generar su propia energía y consumirla en sus instalaciones y, en caso de tener excedentes, exportarlos a la red recibiendo una compensación económica por dicha energía.

Hacia el primer semestre de 2020, en Veracruz existían 2,055 centrales de generación distribuida, todas ellas

basadas en sistemas fotovoltaicos. La capacidad total de estas centrales sumaba 13,525.3 kW.

El 70% de la capacidad se encontraba en tan solo 10 municipios. La Figura 32 corresponde al diagrama de Pareto en el que se muestra la capacidad instalada en cada municipio y el acumulado porcentual.

Por otra parte, la Figura 33 muestra el mapa de la capacidad instalada en cada municipio con registro de generación distribuida en Veracruz. Los colores más oscuros con un rango de capacidad instalada entre los 1000-2852 kW representan los municipios de Benito Juárez y Solidaridad, seguido por los rojizos (250-1000 kW), Cozumel y Tulum,

¹ A diferencia de las otras centrales de generación que se conectan a las líneas de transmisión.



la transición a colores rosados (100-250 kW) representan a Othón P. Blanco y Tulum. Mientras que los colores rosados con una capacidad instalada de 50-100 kW es Lázaro Cárdenas. El resto de los

municipios (José Ma. Morelos, Bacalar, Felipe Carillo Puerto e Isla Mujeres) se encuentran en color blanco, cuya capacidad instalada en generación distribuida no supera los 50 kW.

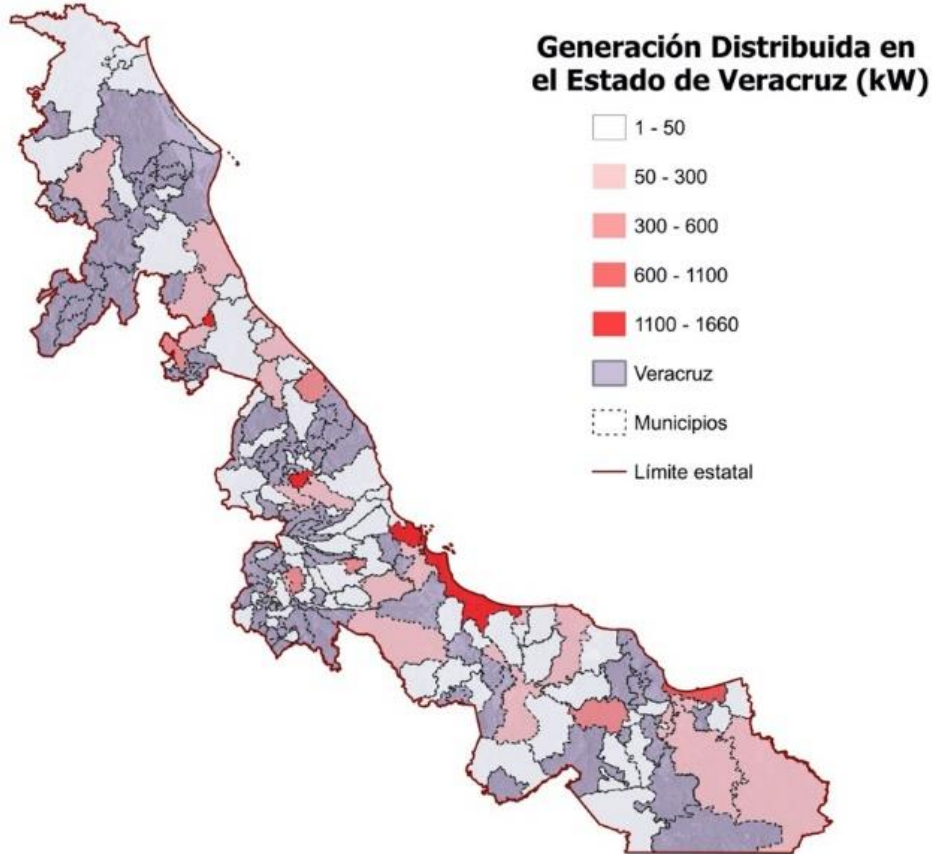


Figura 33. Generación distribuida por municipio en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE.



Consumo por energético y por sector

En el año 2019 el estado de Veracruz presenta un consumo energético de 405.05 PJ.

El sector transporte tiene la mayor participación, con un consumo de 196.7 PJ, siendo así el 48.6% del total estatal. Dentro de este sector, el estado es uno de los que mayor diversidad de consumo de energéticos presenta a nivel nacional.

Los energéticos consumidos en dicho sector se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Energéticos y consumo, sector transporte. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019)

Sector Transporte		
Energético	Consumo anual (PJ)	Participación
Gasolina	104.00	52.9%
Diesel	77.68	39.5%
GLP	3.00	1.5%
Turbosina	1.07	0.5%
Diésel Ferroviario	4.02	2.0%
Diésel Marítimo	6.63	3.4%
Gas Seco	0.01	0.0%
Combustóleo	0.30	0.2%
Total	196.70	100.0%

Por su parte, el sector industrial presenta un consumo de 129.38 PJ correspondiente al 31.9% del total del estado. De forma particular, el gas seco y la electricidad son los energéticos más consumidos en este sector con 90.97 PJ y 24.3 PJ, correspondientes al 70% y al 19% dentro del sector. En menor grado se consume combustóleo, con 10.62 PJ (8%), GLP con un consumo de 2.21 PJ, siendo el 2%. El energético con menor participación en este sector es el diésel con 1.27 PJ (1%).

Tabla 2. Energéticos y consumo, sector industrial. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019)

Sector Industrial		
Energético	Consumo anual (PJ)	Energético
Electricidad	24.30	19%
GLP	2.21	2%
Gas natural	90.97	70%
Diésel	1.27	1%
Combustóleo	10.62	8%
Total	129.38	100%

En tercer lugar, de consumo sectorial, se encuentra el sector residencial con 70.15 PJ, equivalentes al 17.3% de la participación en el consumo estatal. Dentro del mismo, con base en las estimaciones, la leña es el energético más consumido con 39.96 PJ, siendo el 57% del consumo sectorial. Seguidamente, la electricidad presenta una participación del 26% con 18.2 PJ. A su vez, se tiene un



consumo de 11.87 PJ de GLP (17 %), mientras que el consumo de gas seco representa el de menor cantidad dentro del sector con 0.13 PJ, representando el 0.2% del total consumido en el sector.

Tabla 3. Energéticos y consumo, sector residencial. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019).

Sector residencial		
Energético	Consumo anual (PJ)	Participación
Electricidad	18.20	26%
GLP	11.87	17%
Leña	39.96	57%
Gas Seco	0.13	0.2%
Total	70.15	100%

La suma de los sectores transporte, industrial y residencial, representa el 97.8% del total del consumo energético dentro de Veracruz.

Por otra parte, el sector comercial, público y agropecuario concentran el 2.2% del total del consumo energético estatal.

En este sentido, el sector comercial presenta un consumo de 6.73 PJ. Se encuentra conformado por los siguientes energéticos: GLP, con 3.05 PJ (45%), electricidad, 3.63 PJ (54%), y gas seco, con un consumo de 0.05 PJ (1%).

Tabla 4. Energéticos y consumo, sector comercial. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019).

Sector comercial		
Energético	Consumo anual (PJ)	Energético

Electricidad	3.63	54%
GLP	3.05	45%
Gas Seco	0.05	1%
Total	6.73	100%

Dentro del sector público, el consumo de electricidad destinado al alumbrado público representa el 81% del total del sector con 1.05 PJ. Por otra parte, el consumo eléctrico para bombeo de agua acumula 0.0.25 PJ, representa el 19% del total del sector.

Tabla 5. Energéticos y consumo, sector público. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019).

Sector público		
Energético	Consumo anual (PJ)	Participación
Electricidad alumbrado público	1.053	81%
Electricidad bombeo de agua	0.25	19%
Total	1.3	100%

Por último, el sector agropecuario representa el de menor consumo dentro de la entidad, con 0.2% del total consumido. Dentro de este, se consumen 0.55 PJ de electricidad y 0.23 PJ de GLP, sumando un total de 0.78 PJ. En la siguiente tabla se puede observar la participación de cada uno de los energéticos dentro del sector.



Tabla 6. Energéticos y consumo, sector agropecuario. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019)

Sector agropecuario		
Energético	Consumo anual (PJ)	Participación
Electricidad	0.55	71%
GLP	0.23	29%
Total	0.78	100%

En la Figura 34 se puede apreciar de forma gráfica el consumo de cada uno de los sectores con sus respectivos energéticos y la participación correspondiente al total estatal.

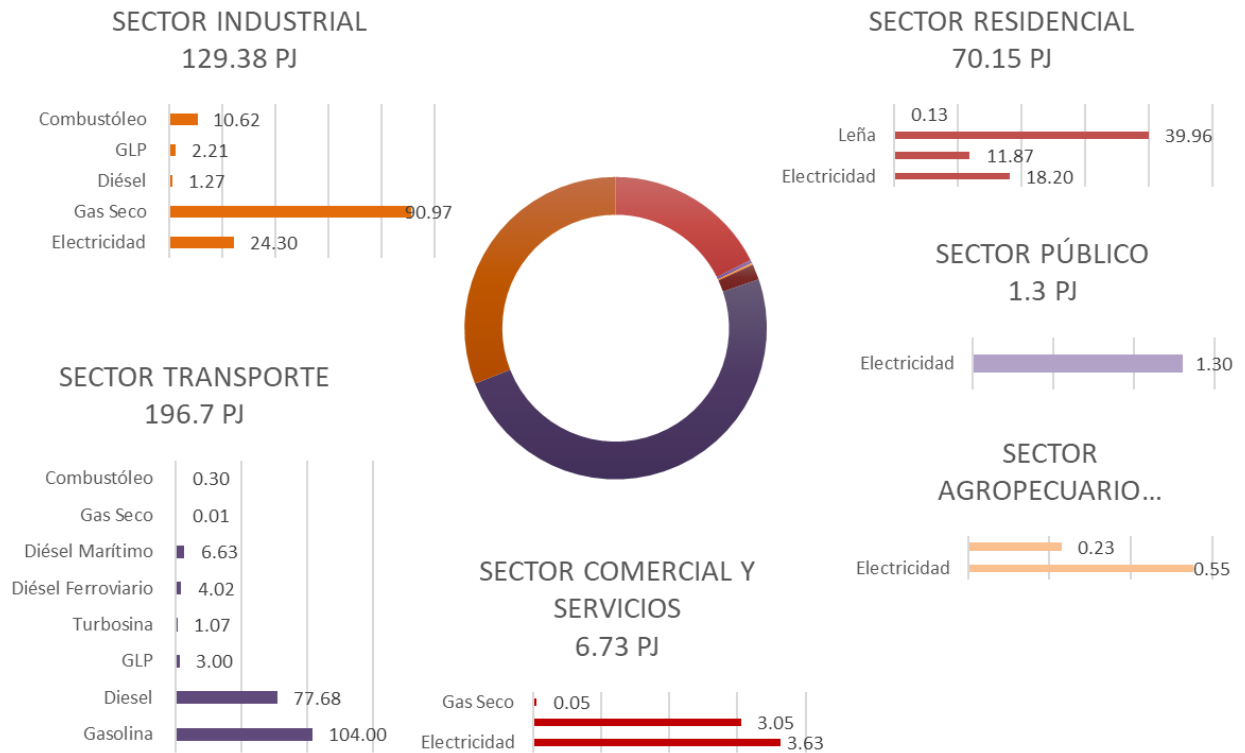


Figura 34. Consumo de energía por sector y energético



Indicadores

Este apartado presenta al lector distintos indicadores que sirven para tener una comprensión más profunda del contexto energético de Veracruz.

Primeramente, se muestran indicadores sobre la fuente del consumo energético. Éstos no son más que la proporción que tienen las energías renovables, fósiles o la leña dentro del consumo total de energía del estado.

Después se muestran indicadores económicos sin relación directa con la energía. Éstos son: el PIB desagregado por tipo de actividad (primaria, secundaria o terciaria), las 4 principales actividades económicas y la participación del PIB estatal dentro del PIB Nacional.

Otro conjunto de indicadores que se muestran tiene que ver con la eficiencia energética, incluyendo la desagregación de la intensidad energética.

Ésta señala la relación entre el consumo de energía y la producción económica.

Es decir, a mayor intensidad energética más energía se requiere para producir 1 peso dentro del estado, por lo que una mayor eficiencia disminuirá el valor de este indicador.

Se muestra de forma desagregada para los 3 sectores que aportan al PIB: industria, agropecuario, y comercio y servicios. De igual manera se presentan indicadores relacionados con la eficiencia para el sector residencial y el sector transporte.

Éstos son: el consumo de energía en el sector residencial per cápita y el consumo

de energía para vehículos terrestres registrados, dividido entre el número de ellos, considerando la base de INEGI.

Finalmente, en materia de aspectos sociales, se presenta el índice de pobreza energética, el cual se refiere al porcentaje de hogares con privación de bienes económicos que sirven para la satisfacción de necesidades absolutas.

Los indicadores aquí presentados se refieren a la forma en que Veracruz obtiene su energía.

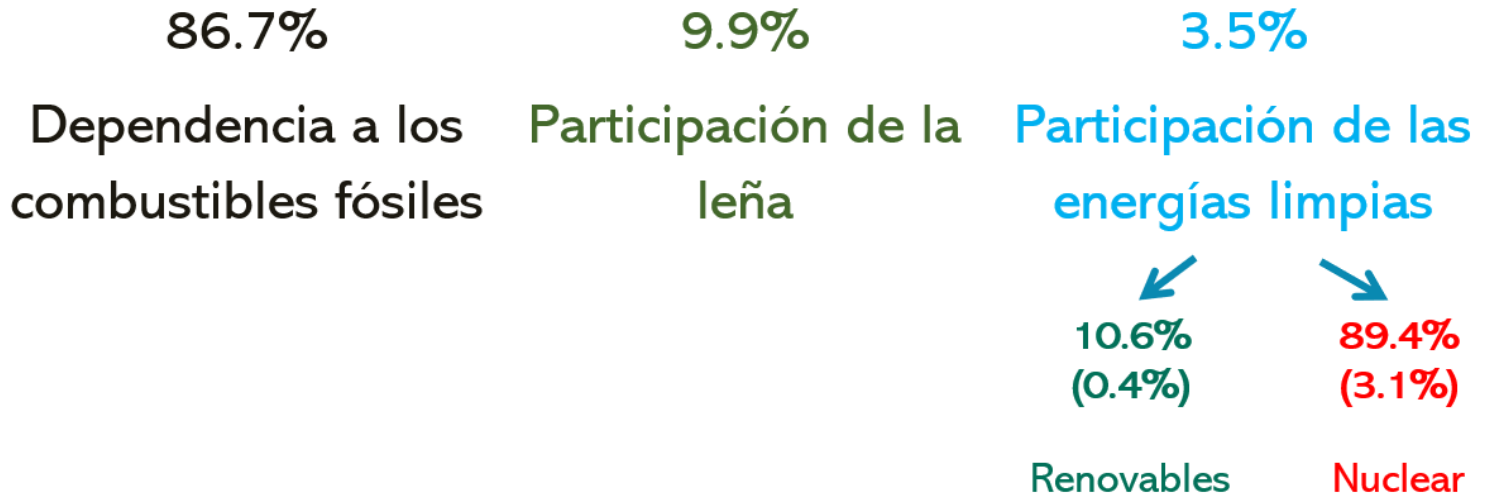
Se puede observar que el 3.5 % de la energía que se consume en el estado proviene de fuentes limpias. Desagregando este dato, se resalta que 10.6% proviene de fuentes renovables y el 89.4% corresponde a energía nuclear.

Por otra parte, el 86.7% de la energía consumida proviene de fuentes basadas en combustibles fósiles, como el diésel, los querosenos, la gasolina o el gas seco. Al ser un valor alto se considera que se cuenta con *dependencia a los combustibles fósiles*.

La leña no es un combustible fósil, sin embargo, tampoco es considerada como una energía renovable dado que su principal uso es en el sector residencial y no necesariamente implica un aprovechamiento sustentable del recurso. Este energético, considerando las estimaciones, cuenta con un consumo elevado dentro del estado, teniendo una participación de 9.9% al consumo energético total de Veracruz.



Fuentes del consumo energético



Economía

Producto Interno Bruto

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el Producto Interno Bruto² del estado de Veracruz en el año 2019 alcanzó los \$1,038 miles de millones de pesos, siendo así la quinta entidad con mayor aportación al PIB Nacional.

Al desagregar por tipo de actividad económica: primarias, secundarias y terciarias se observa que las actividades terciarias tienen una aportación el 62.1%, mientras que las secundarias y primarias, aportan el 32.28% y el 5.61% respectivamente.

Dentro del PIB estatal se muestra una distribución heterogénea de la participación entre diversas actividades,

principalmente en las correspondientes a las actividades secundarias y terciarias.

En este sentido, como se puede observar en la siguiente tabla, cuatro actividades (comercio al por mayor y al por menor, industrias manufactureras, servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles y la construcción) concentran 57.7% de la aportación.

² Valores corrientes, año base 2013.



Tabla 7. Actividades con mayor aportación al PIB de Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)

Nombre de actividad	Aportación al PIB estatal
Comercio al por mayor y al por menor	20.09%
Industrias manufactureras	15.33%
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	13.34%
Construcción	9.01%
Total	52.63%

Principales Actividades en participación del PIB Estatal

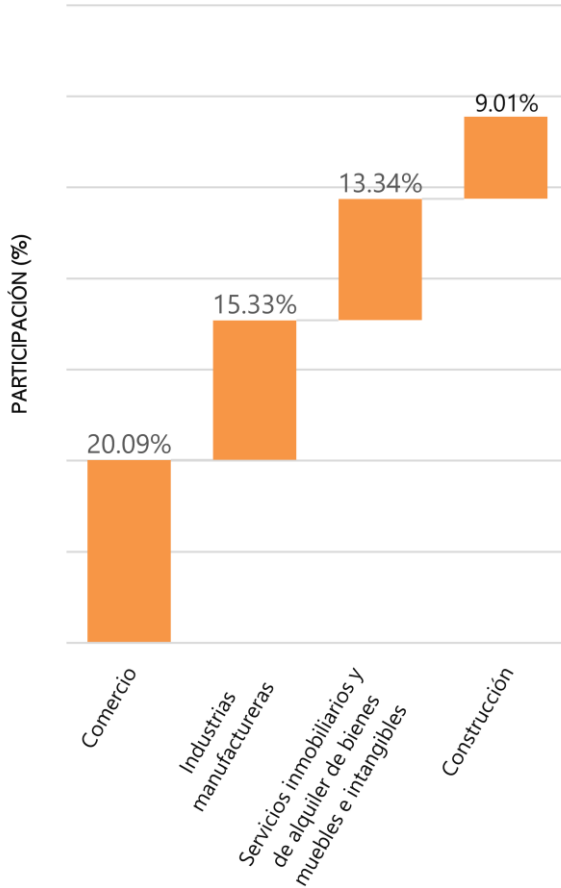


Figura 35. Participación en el PIB estatal de las principales actividades económicas en el estado.

Participación PIB Veracruz en PIB Nacional (%)

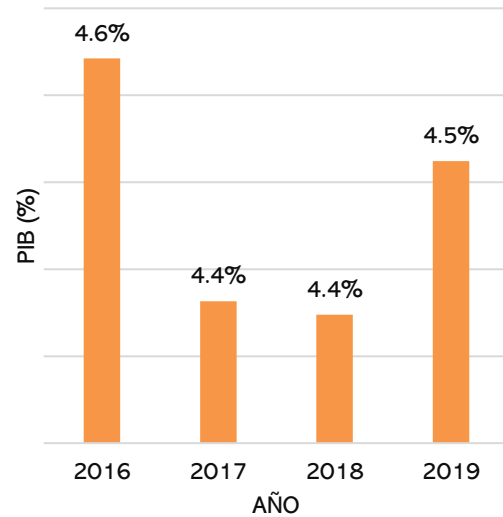


Figura 36. Contribución de Veracruz al PIB nacional periodo 2016 - 2019)

PIB por actividad (miles de millones de pesos)

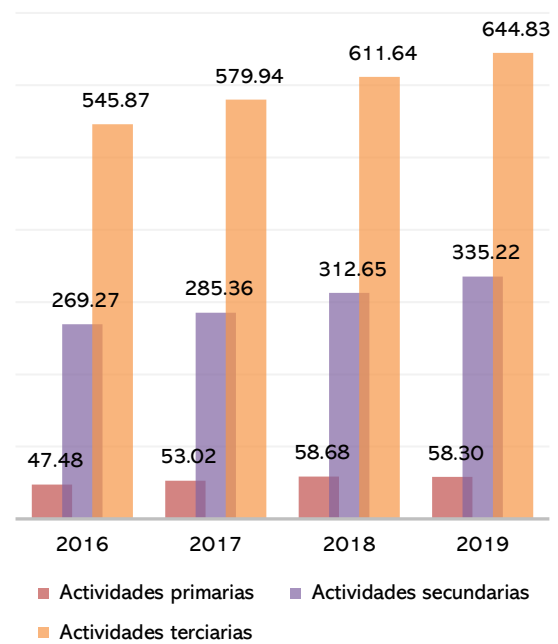


Figura 37. PIB por actividad económica en Veracruz 2016 - 2019.



Sin embargo, con el fin de poder realizar el cálculo de futuros indicadores energéticos, como se puede observar en la Figura 38, se realiza la omisión de las actividades 48-49 correspondientes a Transportes, correos y almacenamiento, y la actividad 93-Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales, ambas pertenecientes a las actividades terciarias.

Sin estos dos rubros, el valor del PIB por actividad terciaria tiene una variación de 23%.

Tabla 8. Actividades terciarias y act. 48-49 y 93, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)

Desagregación de actividades terciarias

	\$	\$	\$	\$
Act. Terciarias	545.87	579.94	611.64	644.83
Act.48-49	\$	\$	\$	\$
Transportes	70.52	73.68	78.48	80.79
Act.93 Act. Legislativas	\$	\$	\$	\$
	33.35	33.98	36.78	38.18
Act. Terciarias sin act. 48-49 y 93	442.01	472.28	496.38	525.86
Variación	23.5%	22.8%	23.2%	22.6%

Una vez realizada la omisión de dichas actividades, tanto a nivel estatal como a nivel Nacional, se obtiene lo siguiente: para el año 2019 las actividades terciarias tienen una participación de 525.86 miles de millones de pesos (57%) respecto a los 335.22 miles de millones de pesos (36%) obtenidos de las actividades secundarias y los 58.3 miles de millones de pesos de las actividades primarias (6%).

Se observa en la Figura 38 que la variación porcentual respecto a cada una de las

actividades se ha mantenido en rangos similares de 2016 a 2019.

PIB por actividad (sin actividades 48-49 y 93)

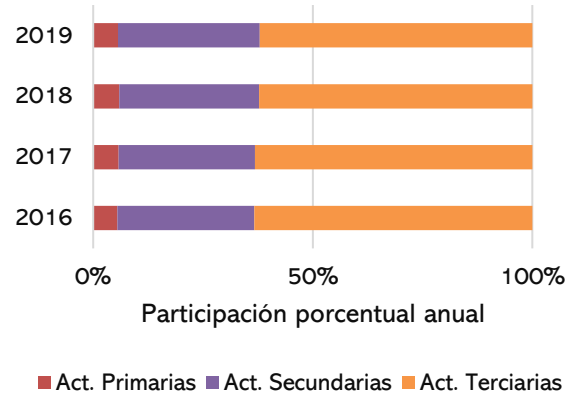


Figura 38. Participación en PIB por tipo de actividad económica sin actividades 48-49 y 93 periodo 2016 - 2019.



Intensidad Energética

La intensidad energética es considerada un indicador de eficiencia energética de un país o localidad. La interpretación no es sencilla, debido a que influyen factores como el tamaño de la muestra, condiciones climáticas, grado de industrialización, composición de la economía, entre otras.³ Se encuentra definida como la cantidad de energía utilizada para generar una unidad monetaria, quedando expresada de la siguiente forma:

$$IE(\text{consumo final}) = \frac{\text{Consumo final de energía (UE)}}{\text{PIB (UM)}}$$

Donde:

IE= Intensidad energética

U.E. = Unidad de energía

U.M.= Unidad monetaria

De acuerdo con la ecuación, la Intensidad energética es directamente proporcional al consumo final de energía, e inversamente proporcional a la unidad monetaria utilizada para realizar la comparación.

Es decir, entre mayor sea la cantidad de energía utilizada para la generación de una unidad monetaria, la intensidad energética es mayor, y por lo tanto, se considera con menor eficiencia energética. En otras palabras, la unidad muestra es más voraz, energéticamente hablando.

Para este caso en particular, se analiza la intensidad energética para los sectores industrial, agropecuario y comercial y servicios.

Con este fin, se utiliza la desagregación del PIB por actividad realizando la comparación del consumo energético del sector agropecuario respecto al PIB de actividades primarias; consumo energético del sector industrial respecto a PIB de actividades secundarias; por último, el consumo energético del sector comercial y de servicios respecto al PIB de las actividades terciarias⁴ obteniéndose lo siguiente:

El sector industrial cuenta con una intensidad energética de mucho mayor grado en comparación con el sector agropecuario y el sector comercial y de servicios. Siendo, 8.2 veces mayor que la intensidad energética del sector agropecuario y 16.9 veces mayor que la intensidad energética del sector comercial y de servicios.

En la Figura 39 se puede apreciar el valor de la intensidad energética de los sectores mencionados comparándolos con los valores nacionales para el periodo 2019.

³

<https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/carmencrespo3.pdf>

⁴ Como se mencionó anteriormente, el PIB de las actividades terciarias no incluyen la agregación de las actividades 48-49 y 93.



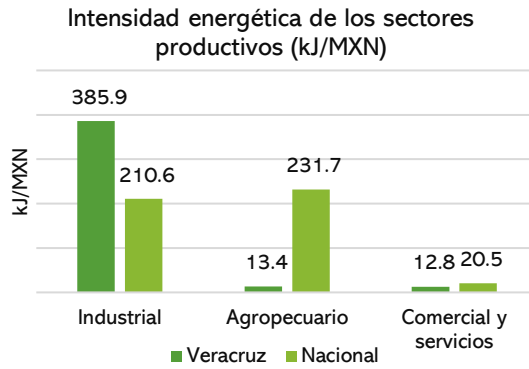


Figura 39. Intensidad energética por sectores respecto a cuenta Nacional 2019. Fuente: (INEGI, 2020c)

De forma particular, el sector agropecuario es el que presenta mayor acentuación en su diferencia siendo 17.2 veces mayor la intensidad energética a nivel nacional en comparación con la estatal, esto es, existe una diferencia de 218.3 kJ/MXN.

En cuanto al sector comercial y servicios, la intensidad energética también es mayor a nivel nacional con 7.7 kJ/MXN. Caso contrario ocurre en el sector industrial, donde la intensidad energética es mayor a nivel estatal con una diferencia de 175.3 kJ/MXN.

Por otra parte, al obtener los valores de intensidad energética total (considerando el consumo energético de los sectores industrial, comercial y servicios, así como el agropecuario) se muestra la variación entre cada una de las intensidades energética obtenidas del estado respecto al valor nacional.

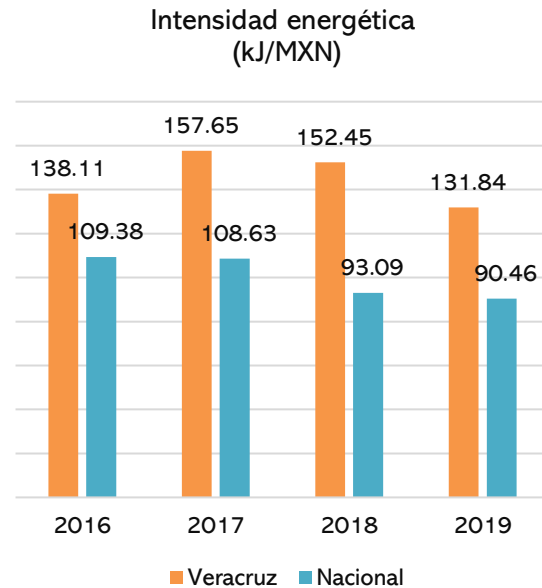


Figura 40. Intensidad energética respecto a cuenta Nacional 2016-2019. Fuente: (INEGI, 2020c)

Se observa un decremento de 20.61 kJ/MXN del año 2018 a 2019 para el estado de Veracruz. A nivel Nacional se tuvo una disminución de 2.63 kJ/MXN. Sin embargo, el valor de la intensidad energética en Veracruz sigue estando por encima de la intensidad energética Nacional, lo que se muestra como un área de oportunidad grande dentro del estado.

La intensidad energética de Veracruz se encuentra entre 40 y 60 kJ/MXN por encima del valor Nacional. Sin embargo, no pasa lo mismo con cada uno de los sectores.

Energía por vehículo

El cálculo de la energía por vehículo se realizó comparando el consumo de energía en el sector transporte omitiendo el consumo de turbosina y diésel de uso en el subsector ferroviario y marítimo. Esto es, se realizó el cociente de la cantidad de energía consumida en el



sector en Gigajoules respecto a la cantidad de vehículos registrados en el estado con base en el Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

Como se puede observar en la Figura 41, la cantidad de energía utilizada por vehículo registrado en el estado supera la obtenida a nivel Nacional, siendo 2.45 veces mayor.

Este valor es de gran relevancia debido a que el sector transporte también es el mayor consumidor de energía dentro del estado.

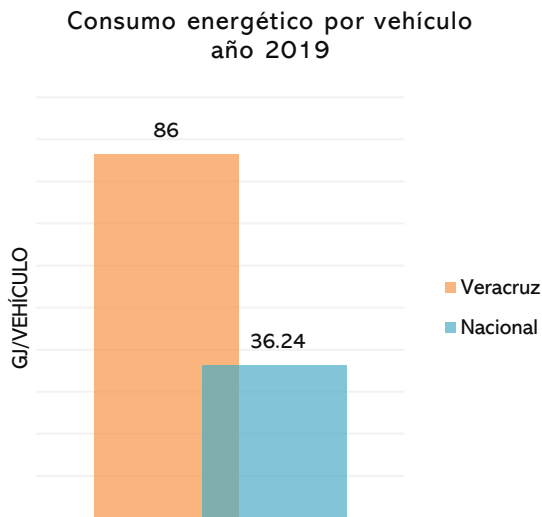


Figura 41. Comparativa de consumo energético por vehículo, periodo 2019.

Energía per Cápita

La obtención del valor de la energía per cápita se realizó comparando la energía consumida en el sector residencial respecto a la cantidad de habitantes del estado. De acuerdo con los datos obtenidos de los Censos de Población y Vivienda realizados por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística para el año 2020, Veracruz cuenta con una población de 8.06 millones de personas. Como se puede observar en la Figura 42 el consumo de energía per cápita a nivel Nacional se encuentra por debajo del reportado en el estado de Veracruz. Es decir, en promedio, cada habitante del estado consume más energía que el promedio de la cuenta nacional, el cual, tiene una variación de 2.53 GJ/habitante. Mientras que a nivel Nacional el consumo energético per cápita alcanza los 5.95 GJ/hab, en Veracruz se registra un valor de 8.48 GJ/ hab.

Dichos valores pueden tener doble significado, el primero puede deberse a una menor eficiencia energética en los bienes utilizados por los habitantes de la entidad. O también, puede deberse a las condiciones climáticas del estado.



Consumo per cápita año 2019

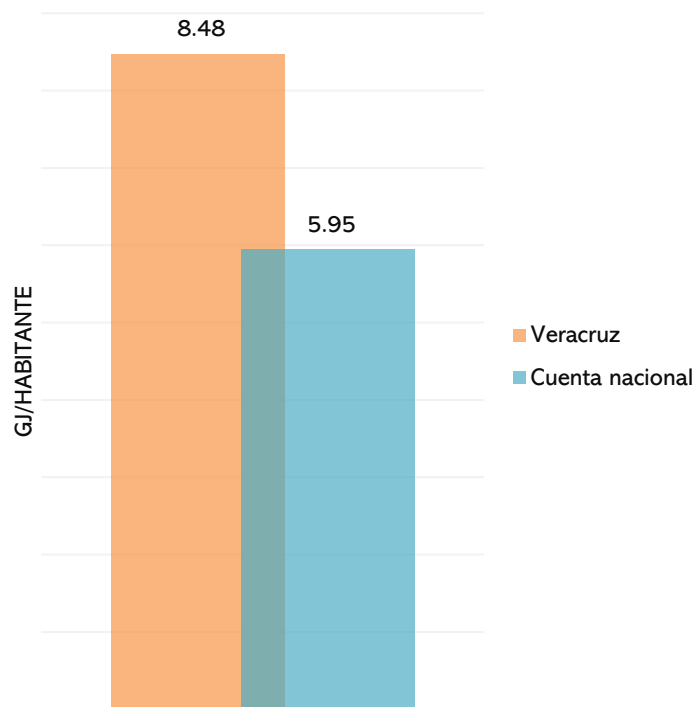


Figura 42. Comparativa de consumo de energía per cápita en sector residencial, 2019.

Indicadores Sociales

Pobreza Energética

De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Rigoberto García-Ochoa (García Ochoa & Graizbord, 2016), se plantea la metodología de satisfacción de Necesidades Absolutas de Energía (NAE) considerando que a nivel hogar debe de contarse con un número de bienes necesarios (satisfactores) que permitan el cumplimiento de dichas necesidades. La metodología consiste en vincular los usos finales de energía (cocción de alimentos, refrigeración, entretenimiento, iluminación, calentamiento de agua y aire

acondicionado) con los bienes económicos utilizados para la satisfacción de necesidades absolutas (estufa, refrigerador, luminarias, etc.).

Las necesidades absolutas son consideradas como aquellas necesidades inherentes a cualquier persona, y cuya satisfacción permite el desenvolvimiento de una vida digna.

Para los estados localizados en clima templado no se considera el confort térmico como un indicador. Mientras que, para aquellos localizados en climas



cálidos, sí se considera. En cualquier caso, al contar con el bien económico, el indicador para la necesidad absoluta obtiene un valor de uno, mientras que la carencia de dicho bien arroja un valor de cero.

Posteriormente se obtiene el cociente entre el conteo del total de los indicadores respecto al número de éstos. Es decir, para clima templado se promedia entre 5.

La carencia de un bien económico arrojaría un valor en el cociente menor a 1, considerando al hogar en pobreza energética. Por su parte, al cumplir con todos los bienes económicos se considera que el hogar se encuentra fuera de la pobreza energética.

Considerando como base el Censo de Población y Vivienda del año 2020, Veracruz cuenta con 2.37 millones de viviendas particulares habitadas. Con los datos obtenidos por (García Ochoa & Graizbord, 2016) la cantidad de hogares en pobreza energética en el estado de Veracruz, hacia el año 2016 era del 48.1%. En la actualidad no se cuenta con valores a nivel subnacional actualizados. Sin embargo, existe el estudio desarrollado a nivel Nacional: *Pobreza energética. Caso de estudio: México* (Peñaloza, 2019), el cual puede servir de referencia para próximas aproximaciones. Dentro del mismo se realiza un análisis del grado de pobreza energética dividiéndola en leve, moderada y grave a nivel nacional. La metodología puede ser aplicada para la obtención de datos más actualizados, al considerar como base el Índice de Pobreza Multidimensional desarrollado

por el OPHI de la Universidad de Oxford pero con algunas adaptaciones.

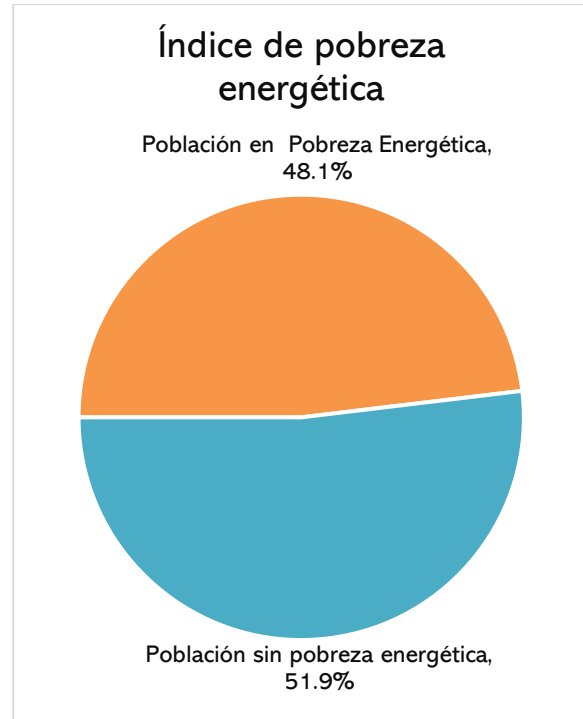


Figura 43. Hogares con privación de bienes económicos. Elaborado con información de (García Ochoa & Graizbord, 2016)

La utilización de aire acondicionado y/o calefacción para satisfacer el confort térmico es el bien económico que presenta una mayor privación, alcanzando al 38.5% de los hogares del estado.

Por otra parte, el 26.7% de los hogares no cuentan con una estufa de gas o eléctrica, los cuales buscan satisfacer su necesidad a través de energéticos convencionales como la leña regional o el carbón.

El 22% de hogares no cuentan con refrigerador eficiente. Mientras que solamente el 1.8% de los hogares no cuenta con iluminación.



Hogares con privación de bienes económicos con respecto al total estatal (%)

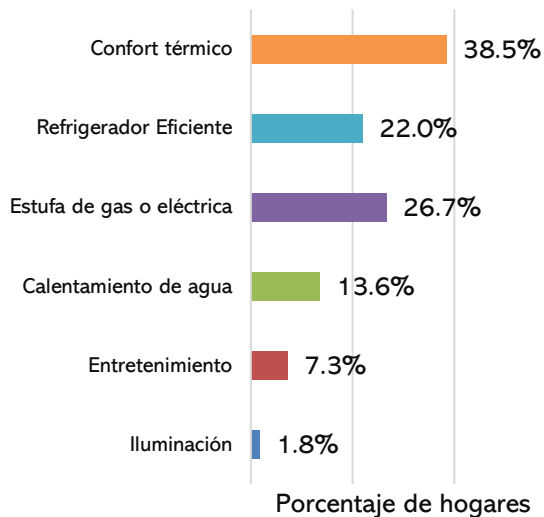


Figura 44. Índice de pobreza en el estado de Veracruz. Elaboración propia con información de (García Ochoa & Graizbord, 2016)

Poblaciones indígenas

De acuerdo con el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL), en el estado de Veracruz se cuenta con 141 municipios con población indígena dispersa; 24 con presencia indígena; y 47 se consideran como municipios indígenas. En la Figura 45 se muestran los municipios indígenas en color magenta; los municipios con presencia indígena en color morado; y los municipios con población indígena dispersa, en color azul.

Cabe destacar la presencia de población indígena en el total de municipios en el territorio estatal (212). Sin embargo, el registro de localidades indígenas del AZEL exhibe solamente localidades en 156 municipios, con una población indígena total de 967,467 habitantes indígenas en

las localidades identificadas, aproximadamente un 20 % de la población total de las mismas.

El promedio de habitantes por localidad es de 277 habitantes. La entidad cuenta con 6 municipios de más cien localidades indígenas, las cuales albergan un total de 276 mil habitantes indígenas: Chicontepec con 277 localidades (48,762 habitantes); Tantoyuca con 262 (66,144); Papantla con 218 (62,379); Zongolica con 147 (38,352); Ixtahuatlán de Madero con 139 (44,228); y Álamo Temapache con 102 (16,233).

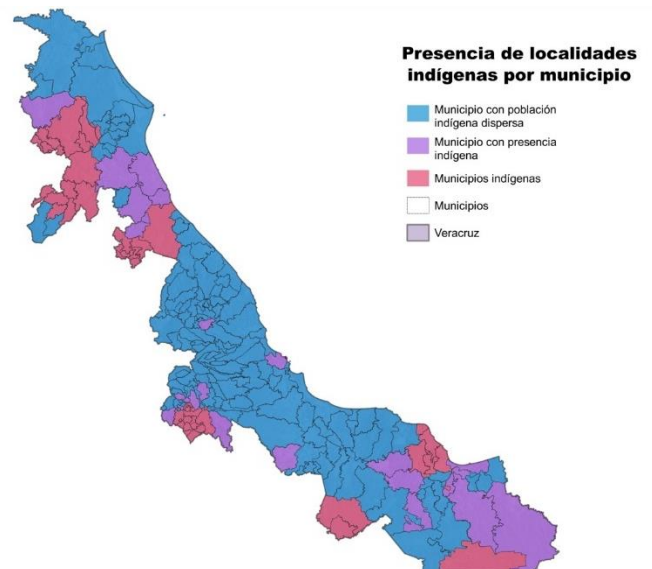


Figura 45. Presencia de poblaciones indígenas en municipios. Elaborado con información de AZEL

Por otra parte, los municipios de Actopan, Acula, Emiliano Zapata, Manlio Fabio Altamirano y Teocelo cuentan con localidades del 100% de población indígena. Mientras que 37 municipios tienen localidades con un 75 a 99% de población indígena; 59 municipios con proporción de entre 10 a 74%; y 55 con población indígena menor al 10%.



Asimismo, con datos de la CONAPO reportados en el AZEL, el 52% de las localidades indígenas es considerado con un alto grado de marginación y el 19.5% presenta un grado muy alto de marginación. Cabe señalar que no se reporta información, en este aspecto, para 23.6% de las localidades.

En la Figura 46 se puede observar una clasificación de las localidades indígenas en el estado de Veracruz, según el número de habitantes. En este caso, la saturación del color azul en el punto que representa la localidad va relacionado con la cantidad de habitantes por comunidad indígena en el estado.

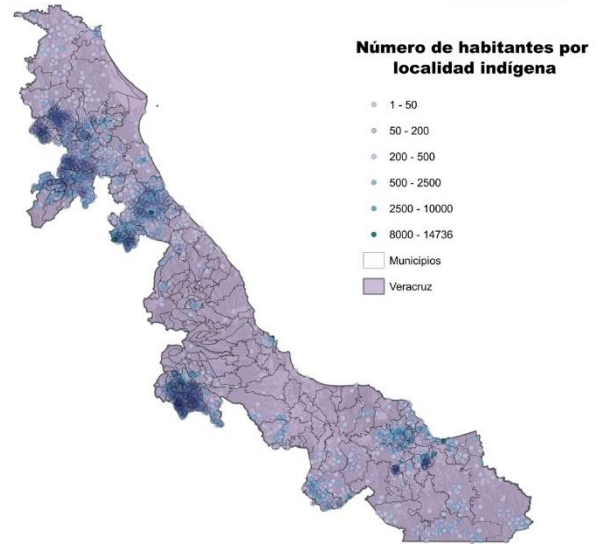


Figura 46. Localidades indígenas en territorio estatal de Veracruz. Elaborado con información del AZEL.



Potenciales de aprovechamiento de energías renovables e implementación de medidas de eficiencia energética



Potencial de aprovechamiento de energías renovables

El estado de Veracruz se encuentra en una posición geográfica privilegiada que le brinda la oportunidad de aprovechar ampliamente las distintas fuentes de energía renovable con las que cuenta, como lo son las energías: solar, eólica y oceánicas en sus distintas variantes. Además, la infraestructura eléctrica de transmisión con la que cuenta el estado facilita y permite la interconexión de nueva infraestructura de generación basada en fuentes renovables. La Figura 47 muestra la extensión de dicha infraestructura, compuesta por líneas de transmisión de 230 y 400 kV que conectan las subestaciones de transmisión del estado con las entidades vecinas.

Aunado a la amplia disponibilidad de recursos de generación y de interconexión, el costo de las tecnologías de generación basadas en energías renovables es, hoy en día, más competitivo, lo que vuelve viable su integración al sistema eléctrico estatal. Lo anterior se ejemplifica en la Tabla 9 la cual compila los costos nivelados de generación eléctrica (LCOE, por sus siglas en inglés)⁵ de distintas tecnologías de energía renovable, de acuerdo con diferentes estudios a nivel nacional e internacional; y los compara con el LCOE de la tecnología de ciclo combinado, por ser la tecnología basada en combustibles fósiles más competitiva desde el punto de vista económico. Apreciándose que las

tecnologías para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía son igual o incluso más competitivas en costos que la mejor de las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

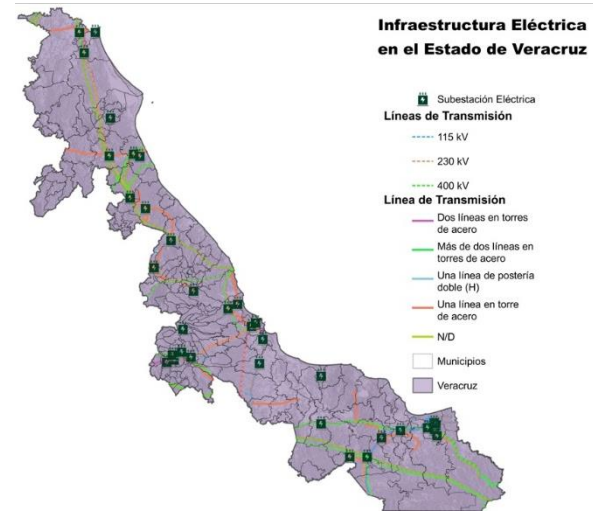


Figura 47. Infraestructura de transmisión eléctrica en el estado de Veracruz y alrededores. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2019) y OSM (2021).

Tabla 9. Comparativa de costos nivelados de las tecnologías renovables y el ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia con datos de Fuente: Elaboración propia con datos de (IRENA, 2020), (NREL, 2020), (LAZARD, 2020) y (CFE, 2018).

Tecnología	IRENA ^a 2020	NREL ^b 2020	LAZARD ^c 2020	CFE ^d 2018
Eólica	51 – 61	-	26 – 54	50
Geotérmica	73	117	59 – 101	63 – 81
Bioenergía	66	96	-	-
Solar gran escala	68	31	29 – 42	-
Solar pequeña escala	155 – 177	110	150 – 227	74

⁵ El costo nivelado es el costo que tendrá el generar cada unidad de energía eléctrica (MWh) en la central eléctrica durante toda su vida útil.

Esto, considerando todos los egresos que el

proyecto tendrá por conceptos de construcción, financiamiento, operación y mantenimiento y combustible.



Ciclo combinado 43 - 73

^a Agencia Internacional de Energías Renovables (nivel internacional)

^b Laboratorio Nacional de Energías Renovables (nivel nacional, EUA)

^c Consultora Financiera (nivel internacional)

^d Comisión Federal de Electricidad (nivel nacional, México)

En esta sección también se enlistan los diferentes potenciales energéticos basados en fuentes de energía renovable con los que cuenta el estado de Veracruz, así como sus diferentes aplicaciones. Además de incluir una sección dedicada a la eficiencia energética, en la cual se muestra un diagnóstico de consumo de energía para cada uno de sus sectores

Recurso solar

Inagotable y renovable, la energía solar puede ser aprovechada para cubrir las necesidades de consumo de electricidad y agua caliente en edificaciones como casas, comercios, hoteles, etc. En este sentido, el estado de Veracruz cuenta con un importante recurso solar en la mayor parte de su territorio. Tal y como se muestra en la Figura 48 más del 50% del territorio estatal dispone de una de Irradiación Directa Normal⁶ (DNI, por sus siglas en inglés) diaria promedio superior a 5.0 kWh/m² por día, mientras que en las zonas más próximas a la costa la DNI alcanza hasta 6.0 kWh/m² por día. Valores iguales o incluso superiores a los que llegan a presentar otras ciudades del mundo, famosas por aprovechar su recurso solar para generar electricidad a través de la implementación de sistemas fotovoltaicos, como Madrid o Múnich, en donde se alcanzan niveles de DNI promedio de 5.5 kWh/m² y 3.0 kWh/m² por día, respectivamente. Otras ciudades,

económicos que componen al estado y una serie de propuestas de eficiencia que pueden aplicarse a los diferentes sectores económicos para reducir la demanda energética del estado de Veracruz, para así, continuar avanzado en la transición del estado hacia un consumo energético más eficiente y bajo en carbono.

destacadas por su elevado aprovechamiento del recurso solar, y sus respectivos valores de DNI son Múnich, Berlín y Madrid con 3.0, 2.6 y 5.5 kWh/m² por día respectivamente, se muestran en la Tabla 10, para fines comparativos.

Si bien es cierto que el estado de Lo anterior, demuestra que el Estado de Veracruz cuenta con un considerable potencial para generar energía eléctrica, aprovechando su notable recurso solar, a través del uso de la tecnología solar fotovoltaica, la cual se encarga de convertir la radiación solar en electricidad, y que está en constante desarrollo, lo que incrementa su rendimiento y reduce sus costos, convirtiéndola en una de las tecnologías más competitivas para la generación de electricidad en sitio.

⁶ La irradiación solar se define como la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente. Se mide comúnmente en Wh/m². La Irradiación Directa Normal, por su parte, mide la

cantidad de radiación recibida por unidad de área en una superficie dispuesta de forma perpendicular a los rayos solares.



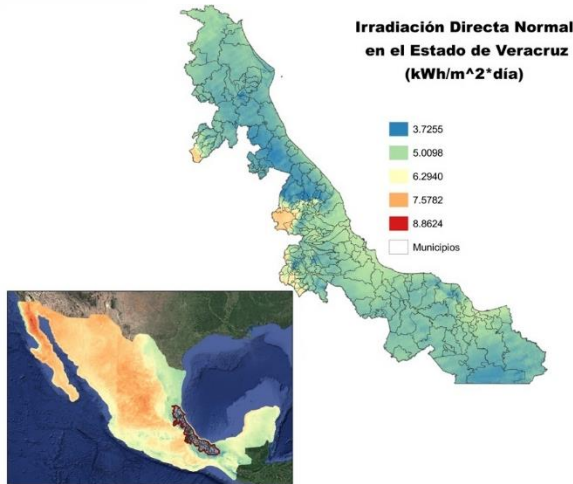


Figura 48. Mapa de Irradiación Directa Normal promedio (Wh/m²/día) con una resolución espacial de 4 km². Fuente: Elaboración propia con datos de INEL (SENER, 2018a).

Tabla 10 Irradiación Directa Normal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar. Fuente: SOLARGIS.

Ciudad	DNI (kWh/m ² /día)
Múnich	3.0
Berlín	2.6
Madrid	5.5
Barcelona	4.8
San Francisco	6.1

Centrales fotovoltaicas de gran escala

De acuerdo con el marco jurídico vigente en México, se consideran como centrales de escala utilitaria aquellas que superan 0.5 MW de capacidad instalada y requieren un permiso de generación emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE). Actualmente, el Estado de Veracruz no cuenta con centrales solares fotovoltaicas de gran escala.

La DNI y la distancia a las Redes Nacionales de Transmisión (RNT) son dos parámetros determinantes para analizar la viabilidad tecno-económica de proyectos de generación fotovoltaica de gran escala. En la Figura 49 se presentan los polígonos dentro del territorio estatal de Veracruz reconocidos por el Escenario 3 del Atlas de Zonas con Alto potencial de Energías Limpias (AZEL), los cuales cumplen con las siguientes características:

1. Irradiación Global Horizontal⁷ (GHI, por sus siglas en inglés) superior a 5.5 kWh/m²/día.
2. Distancia a RNT inferior a 2 km.
3. Superficie de los polígonos superiores a 15 ha.
4. Distancia a zonas circundantes de carreteras inferior a 10 km.
5. Exclusión de áreas protegidas, localidades, zonas de peligro geológico y zonas de peligro climático.

⁷ La Irradiación Global Horizontal mide la energía en forma de radiación que incide durante un

periodo de tiempo sobre una superficie dispuesta de forma horizontal



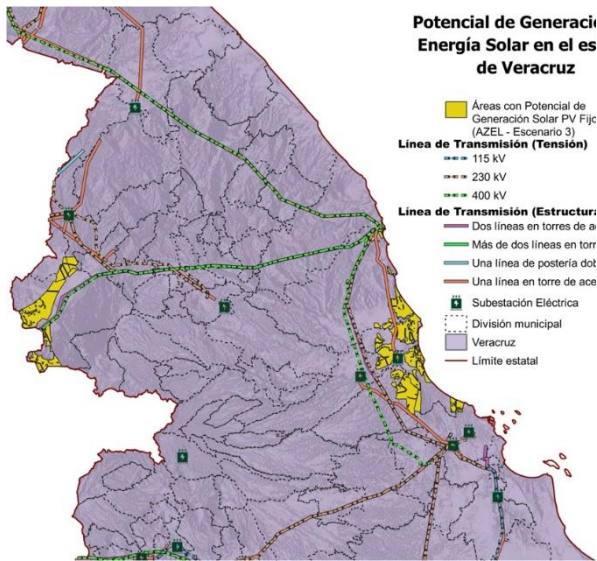


Figura 49. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia con información de AZEL y OpenStreetMaps.

Como se puede apreciar en la Figura 49, la mayoría de los polígonos se concentran en dos focos: uno en la zona costera del estado y otro en el interior, ambos próximos a las RNT. En la Figura 50 y Figura 51 se muestra el Factor de Planta⁸ (FP) de hipotéticas centrales solares fotovoltaicas de eje fijo⁹ y con seguimiento en un eje¹⁰ respectivamente, ubicadas en las superficies mencionadas.

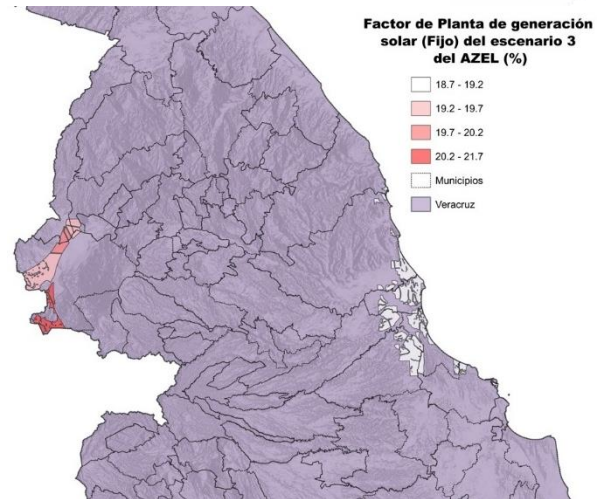


Figura 50. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con información de AZEL.

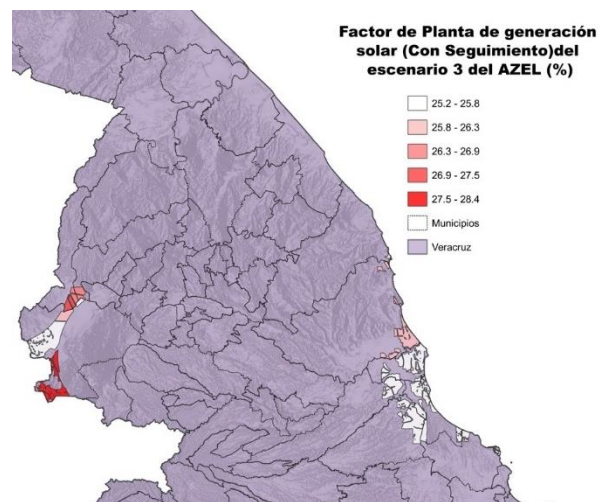


Figura 51. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con información de AZEL.

El FP se sitúa entre 18.7 % y 19.2 % en la zona costera para parques de eje fijo y crece para polígonos situados en la zona

⁸ El Factor de Planta es la razón entre la energía real generada por una central eléctrica durante un año y la energía que hubiera generado durante el mismo periodo trabajando a plena capacidad. Puesto que las centrales eólicas y fotovoltaicas no son despachables, el factor de planta dependerá de la disponibilidad del recurso renovable y de la eficiencia de los equipos.

⁹ Los parques solares fotovoltaicos de eje fijo mantienen una inclinación constante de los módulos fotovoltaicos.

¹⁰ Los parques solares fotovoltaicos con seguimiento en un eje emplean sistemas de automatización que hacen girar a los módulos fotovoltaicos con un grado de libertad siguiendo la trayectoria del sol para optimizar la producción.



interior, hasta alcanzar máximos de entre 20.2 % y 21.7 %. Para el caso de centrales con seguimiento en un eje, el FP se ubica entre 25.2 % y 26.3 % para centrales con seguimiento en un eje en la zona litoral, elevándose en polígonos situados en regiones interiores, hasta alcanzar máximos de entre 27.5% y 28.4 %.

En consecuencia, se puede afirmar que existen, en el estado de Veracruz, diversas áreas con un elevado recurso solar y gran potencial para el desarrollo de parques solares fotovoltaicos de gran escala.

Generación fotovoltaica distribuida

La Generación Distribuida (GD) se define en la Ley de Industria Eléctrica (LIE), como la generación de energía eléctrica realizada por un generador exento, por lo que la capacidad instalada de las centrales de este tipo debe ser inferior a 0.5 MW. Además, deben ser interconectadas a circuitos de distribución que contengan una elevada concentración de Centros de Carga. Por otra parte, la Ley de Transición Energética (LTE) indica que, si la generación se realiza a partir de Energías Limpias, se puede considerar Generación Limpia Distribuida (GLD). Una de las tecnologías más empleadas en la última década para la Generación Distribuida es la solar fotovoltaica por ser renovable, limpia y haber alcanzado bajos costos. Estos sistemas de generación fotovoltaica de pequeña y mediana escala son comúnmente conocidos como Sistemas Fotovoltaicos de Generación Distribuida (SFVGD).

La implementación de SFVGD ha crecido considerablemente en el estado de Veracruz, pasando de 897 kW en el primer

trimestre de 2017 hasta los 13,430 kW (13.43 MW) en el último trimestre de 2019. No obstante, la SFVGD cuenta con un amplio margen de crecimiento.

Una comparativa de la capacidad instalada de SFVGD per cápita en el estado de Veracruz (1.67 W/persona) respecto al valor de este mismo indicador a nivel nacional (5.70 W/persona) muestra un rezago del estado en la penetración de estos sistemas en las Redes Generales de Distribución (RGD).

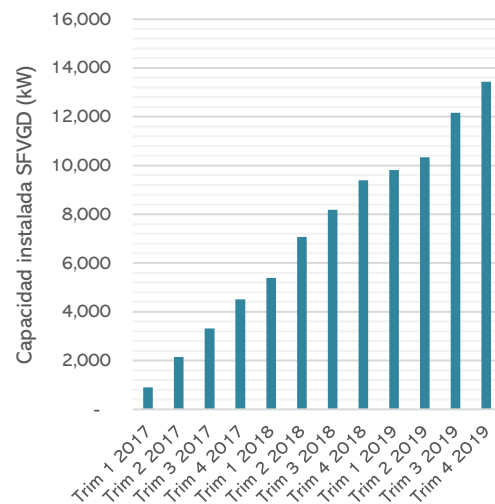


Figura 52. Evolución de la capacidad instalada de SFVGD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021b)



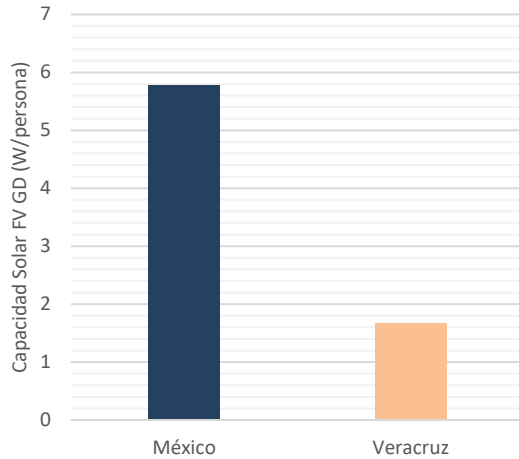


Figura 53. Comparativa de Capacidad SFVGD instalada per cápita. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021b) Con el fin de aumentar la penetración de la SFVGD en el Estado de Veracruz, se evaluó la cantidad de usuarios potenciales por nivel económico, comparando el precio de la energía de las distintas tarifas de suministro básico de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Tabla 11) existentes con el costo promedio de un SFVGD a lo largo de su vida útil, el cual se sitúa para el caso de México en 1.61 MXN/kWh. Este valor fue calculado a partir de información proporcionada en (GIZ, 2020).

Tabla 11. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021c) y (CFE, 2021).

Precio promedio de la tarifa (2019)	
Tarifa	MXN/kWh
1	NA
1A	NA
1B	0.849
1C	1.086
1D	1.086
1E	NA
1F	NA
9CU	NA
9N	NA
DAC	4.993
PDBT	3.319
GDBT	2.997
RABT	2.000
RAMT	0.800
APBT	3.333
APMT	2.19
GDMTH	2.072
GDMTO	2.119
DIST	1.686
DIT	1.303

Tras esta comparativa, se consideró a los usuarios con tarifas DAC, PDBT, GDBT, RABT, APBT, APMT, GDMTH, GDMTO y DIST del estado de Veracruz como potenciales adquirentes de SFVGD. El número de usuarios en cada una de estas tarifas aparece representado en la Tabla 12. Se estiman, por tanto, un total de 270,085 usuarios potenciales para la implementación de estos sistemas.



Tabla 12. Número de usuarios por tarifa.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2019).

Tarifa	Número de usuarios
DAC	17,222
PDBT	255,923
GDBT	227
RABT	50
RAMT	187
APBT	7,494
APMT	1,119
GDMTH	3,285
GDMTO	13,638
DIST	47

Segmentando el número de usuarios por sector y efectuando un recuento de los SFVGD ya implementados se obtienen los datos mostrados en la Tabla 13.

Tabla 13. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado. Fuente: Elaboración propia.

Sector	Usuarios existentes	Usuarios con SFVGD
Residencial	17,222	2142
Comercial	255,923	66
Industrial	16,970	6

A partir de los datos de la Tabla 13, se considera que la capacidad instalada promedio para un usuario residencial es de 4.85 kW/contrato para usuarios residenciales, 24.50 kW/contrato para usuarios comerciales y 232.98 kW/contrato para usuarios industriales¹¹. En línea con lo anterior, la Tabla 14 muestra el potencial estimado de capacidad SFVGD instalable por sector.

Tabla 14. Potencial de generación distribuida por sector. Fuente: Elaboración propia.

Sector	Usuarios potenciales restantes	MW
Residencial	15,080	72.72
Comercial	255,857	6,268.83
Industrial	16,964	3,952.22

Es importante destacar que el potencial reflejado es el resultado de un cálculo general basado en el atractivo económico para los usuarios. Se han excluido consideraciones importantes para la implementación de estos sistemas como el espacio disponible (que por lo general se trata de las azoteas de las construcciones), la capacidad de afrontar la inversión inicial, la tramitología de interconexión o los límites de las RGD para absorber la generación total de estos sistemas.

En síntesis, el estudio muestra un amplio margen de crecimiento en la implementación de SFVGD, especialmente en el sector comercial e industrial, dónde un porcentaje muy bajo de usuarios han optado por la generación fotovoltaica pese a su bajo costo en comparación con los precios de sus tarifas.

Aprovechamiento térmico

Además de la producción de energía eléctrica a través de sistemas de generación fotovoltaicos, la radiación solar puede ser aprovechada para la producción de agua caliente sanitaria en hogares, hoteles, restaurantes,

¹¹ Las tablas que reflejan los contratos por rangos de capacidad, su segmentación por sectores y el

cálculo de capacidad promedio por sector se pueden consultar en el Anexo.



polideportivos y hospitales, entre otros, mediante el uso de calentadores solares.

Esta tecnología no ha tenido un impulso tan grande en el sector residencial dentro del estado.

De acuerdo con datos del INEGI solamente 0.6% de los hogares contaba con calentadores solares en 2015; dicho porcentaje aumentó en 0.2% para 2020, teniendo una penetración en solamente el 0.8% del total de viviendas contabilizadas como se muestra en la Figura 54.

En 2020, de las 2.37 millones de viviendas contabilizadas en la entidad, solamente 19 mil cuentan con calentadores solares, de estas el 28% cuenta con un boiler a base de gas como apoyo (INEGI, 2020).

Sin embargo, teniendo en consideración el recurso solar presente en el estado de Veracruz, existe un amplio margen de crecimiento, el cual puede implicar una significativa reducción de emisiones contaminantes, ya que la Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018 estima que los calentadores solares instalados, a partir de 2018, ahorrarán al mes el equivalente a entre 16.5 y 18.5 kg de gas L.P. por hogar.

Como se muestra en la Figura 55, el 79.5% de las viviendas de Veracruz (1.88 millones) carece de un sistema para el calentamiento de agua, por lo que esta tecnología podría apoyar también a proporcionar agua caliente sanitaria a un mayor número de hogares sin un gasto recurrente en abastecimiento de gas L.P o Gas Natural.

A su vez, el sector comercial y de servicios presenta una gran oportunidad para la instalación de esta tecnología. Como se podrá observar más adelante, el estado cuenta con 1,435 hoteles y 34,704 restaurantes, 9,695 escuelas tanto del sector público como privado, así como un total de 332 hospitales, lo que permitirá realizar diagnósticos para incentivar la incorporación de calentadores solares, tanto como uso único como en combinación con calentadores a base de gas.

Esto es, el potencial del estado se encuentra en el total de viviendas con carencia de cualquier equipo de calentamiento de agua y aquellas con calentador de gas, ya sea realizando una sustitución de tecnología o incorporando ambos en combinación; así como las actividades con un mayor consumo de agua caliente en sus usos finales en el sector comercial y servicios.

En este sentido, es pertinente realizar levantamientos y diagnósticos en el estado para poder ofrecer factibilidad técnica-económica con el fin de incorporar una mayor cantidad de calentadores solares dentro de la entidad.



Número de viviendas con calentador solar 2015-2020 Veracruz

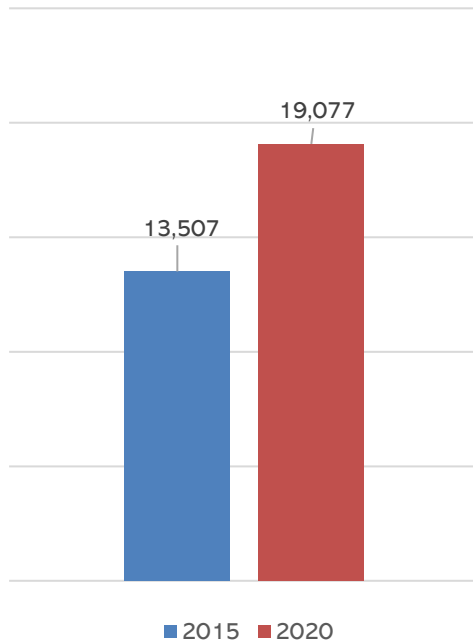


Figura 54. Evolución del uso de calentadores solares de agua en sector residencial. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2020)

Porcentaje de viviendas con o sin calentador y por tipo Veracruz 2020

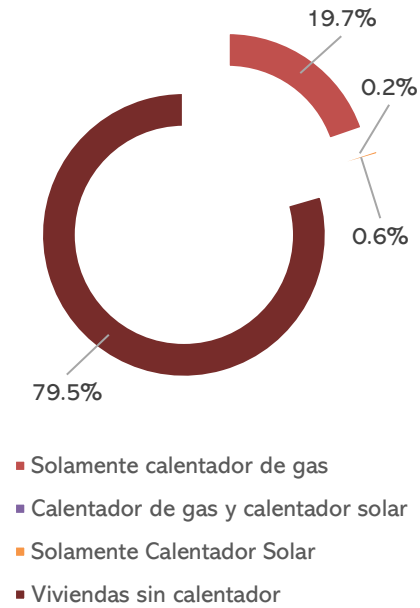


Figura 55. Tecnología de calentamiento de agua en residencias del estado de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2020).

Tabla 15. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias del estado de Veracruz. Fuente: (INEGI, 2020)

Solamente calentador de gas	467,262
Calentador de gas y calentador solar	5,339
Solamente Calentador Solar	13,738
Viviendas sin calentador	1,884,526



Recurso eólico

La energía eólica es aquella que se extrae del viento. Mediante el empleo de aerogeneradores se aprovecha la energía cinética de grandes masas de aire para convertirla en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica.

El recurso eólico depende de un amplio número de variables a distintas escalas espaciales. Por una parte, depende de la circulación global a escala planetaria. Por otra parte, es influenciado por las perturbaciones atmosféricas y la meteorología a escala sinóptica.

Además, a mesoescala es la orografía y las circulaciones térmicamente inducidas influyen, mientras que a microescala depende de la modulación de los flujos locales, la capa límite y las ráfagas turbulentas (Letcher, 2017).

Debido a esta complejidad, los atlas eólicos, de los cuales se extrajo la información que a continuación se presenta, son utilizados como insumos para análisis preliminares. No obstante, se requieren pasos adicionales previos al lanzamiento de proyectos. Los más importantes son:

1. Medición instantánea de la velocidad y dirección del viento en campo para calcular el potencial.
2. Entrevistas con las partes involucradas para evaluar el impacto medioambiental de las turbinas eólicas.
3. Estudio de la información meteorológica recopilada,

especialmente velocidad y dirección del viento.

4. Disponibilidad del terreno.
5. Características del terreno, inspeccionando obstrucciones que puedan impedir el flujo del viento.

La Figura 56 muestra un mapa de rangos de densidad de potencia promedio anual estimada en W/m^2 a 120 metros de altura. Como se puede apreciar, diversas zonas del territorio próximos a la costa cuentan con densidades superiores a los $400 W/m^2$, lo cual refleja un potencial considerable.

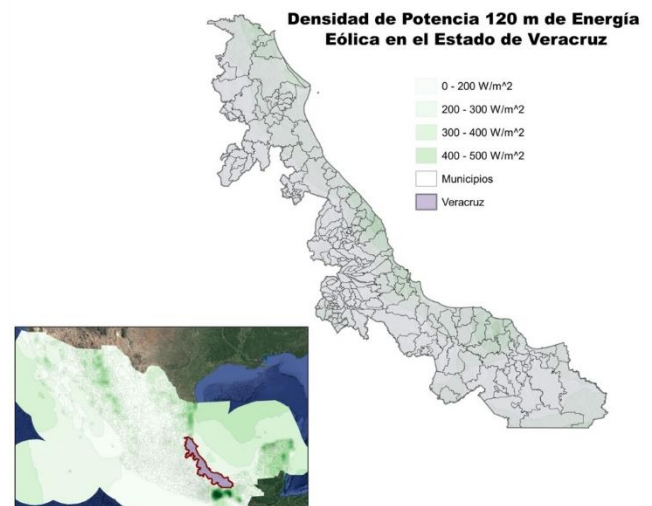


Figura 56. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 120 metros de altura. Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL).

La Figura 57, por su parte, muestra un mapa de velocidades promedio anuales en m/s estimadas a 120 metros de altura. Según esta información, extraída del Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL), en la mayor parte del territorio existen velocidades promedio superiores a los $5.0 m/s$. Además, existen dos



regiones donde se superan los 7.5 m/s, las cuales coinciden con las dos zonas de mayor densidad de potencia de la Figura 56.

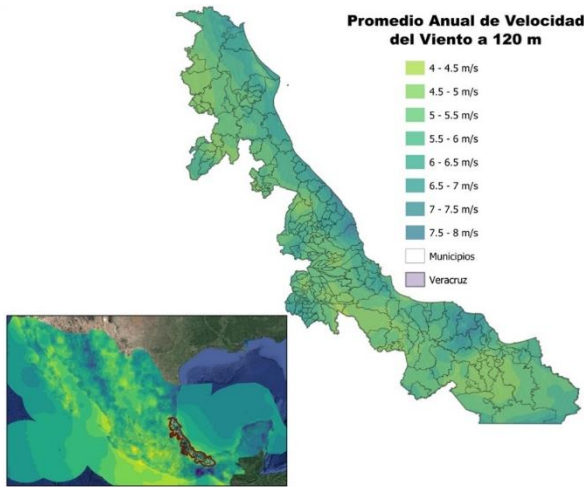


Figura 57. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura. Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL).

De igual manera, la Figura 58 muestra el mapa de velocidades promedio anuales en m/s estimadas a 150 m de altura, extraído de “Global Wind Atlas” (DTU, 2021). Esta fuente estima un recurso más homogéneo en el territorio estatal y velocidades superiores a los 5 m/s en la mayor parte del territorio, superando en algunas zonas los 10 m/s.

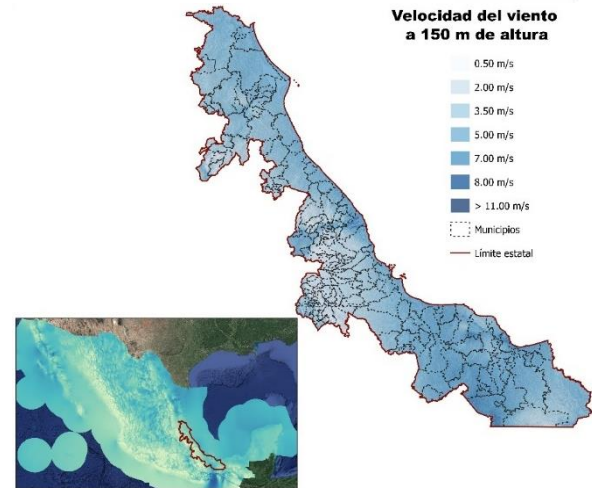


Figura 58. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura. Fuente: Global Wind Atlas.

La velocidad del viento varía constantemente. Con la finalidad de predecir la producción de las turbinas eólicas, es necesario conocer la frecuencia con la que sopla el viento a distintas velocidades. Para ello se recopiló información sobre la velocidad del viento a escala horaria en las ubicaciones de alto potencial señaladas en la Figura 57 y en la Figura 58 a 120 y 150 metros, respectivamente. Para cada uno de ellos se analizaron los valores de velocidad de viento entre 2016 y 2019. De “Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications Version 2” (MERRA-2), se obtuvo el histograma de velocidades del viento y se aproximó mediante la función de Weibull. De esta forma se obtuvo, además de la velocidad promedio, el factor de forma (k) y el factor de escala (A), los cuales permiten caracterizar el recurso eólico:

- k es un parámetro adimensional y se ubica entre 1 y 3 para zonas terrestres de interior. Se relaciona directamente con la variabilidad



del viento, de tal forma que un valor bajo de k refleja vientos muy variables y un valor elevado de k refleja una mayor estabilidad y una distribución más aproximada a la normal o Gaussiana.

- **A** es un parámetro medido en m/s y refleja la velocidad característica del viento para la distribución. Es proporcional a la velocidad media del viento.

La Figura 60, Figura 61 y Figura 62, muestran la distribución en frecuencias de las velocidades del viento en las ubicaciones mencionadas y su aproximación mediante una distribución de probabilidad tipo Weibull.

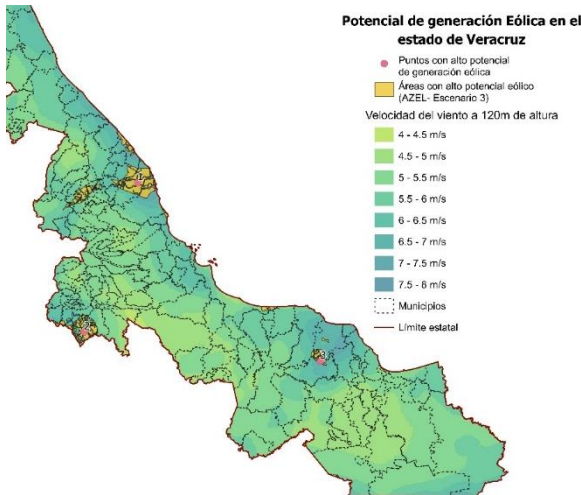


Figura 59. Localización de puntos con alto valor de potencial de generación eólica, según el Escenarios 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2018 a)

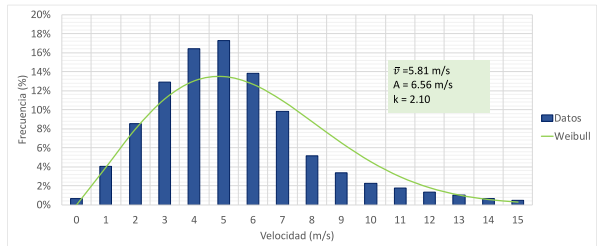
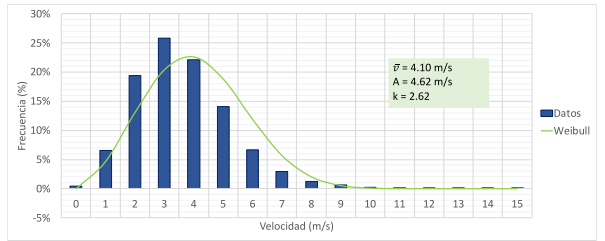
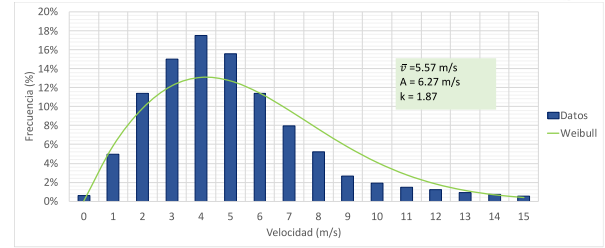


Tabla 16. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreados.

Ubicación	Velocidad promedio (m/s)	k	A (m/s)
1	5.57	1.87	6.27
2	4.10	2.62	4.62
3	5.81	2.10	6.56

En la Tabla 16 se puede observar como las ubicaciones estudiadas 1 y 3, presentan velocidades promedio elevadas y



estabilidades altas por tratarse de zonas costeras. La ubicación 2, en cambio, presenta una velocidad promedio más moderada y con mayor estabilidad.

No obstante, a parte de la calidad del propio recurso, otro parámetro importante a considerar para la viabilidad tecno-económica de proyectos de gran escala es la distancia a las Redes Nacionales de Transmisión (RNT). Es por ello que, a continuación, se presenta la Figura 63, la cual muestra el mapa de polígonos considerados con elevado potencial por AZEL en su Escenario 3. Éstos reúnen, entre otros, los siguientes requisitos:

- Velocidades promedio anuales superiores a 6 m/s.
- Superficies disponibles a una distancia inferior a 10 km de las RNT e inferior a 10 km de zonas circundantes de carreteras.
- Superficies superiores a 1.25 km².

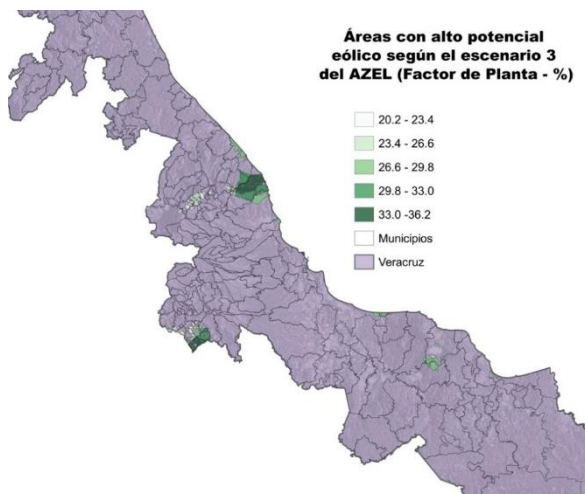


Figura 64. Factor de Planta estimado para parques eólicos ubicados en los polígonos del Escenario 3 de AZEL. Fuente: elaboración propia a partir de datos de AZEL.

- Exclusión de áreas protegidas y localidades.

Seguidamente, la Figura 64 muestra el Factor de Planta (FP) estimado en el AZEL para parques eólicos ubicados en cada uno de estos polígonos, el cual alcanza valores superiores a 30% especialmente en las regiones costeras situadas más cerca del litoral.

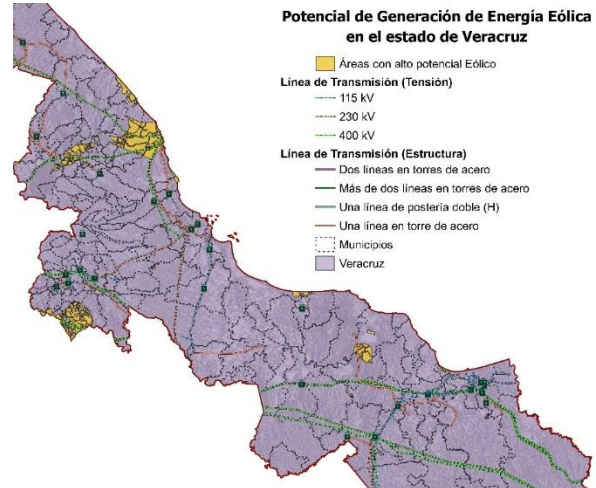


Figura 63. Líneas de transmisión y polígonos con elevado potencial eólico según Escenario 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AZEL.

En definitiva, es posible afirmar que el estado de Veracruz cuenta con un recurso eólico estable con velocidades considerablemente altas, entre otras cosas, por su proximidad al mar y la influencia de las corrientes del golfo. Previo al lanzamiento de proyectos basados en esta información, se sugiere revisar las fases adicionales mencionadas previamente en el apartado. Es importante recordar que el FP mencionado surge de estimaciones y el aprovechamiento real final dependerá de una adecuada selección de la tecnología.



Recurso bioenergético

Este apartado considera únicamente la biomasa que podría ser utilizada, sosteniblemente, para fines energéticos; es decir, la biomasa producida específicamente para el aprovechamiento de energía y la proveniente de residuos. Esta biomasa se agrupa en 6 grandes conjuntos: Cultivos especializados, tala sustentable, residual agrícola y forestal, residual industrial, residual urbana y residual pecuaria.

A nivel nacional, los valores de potencial energético de los grupos de bioenergía mencionados anteriormente tienen sus valores máximos en los municipios de: Río Bravo (Tamaulipas) para el aprovechamiento energético de cultivos especializados (4,806 TJ/a); un potencial de 49,320 TJ/a en Othón P. Blanco (Quintana Roo) para el grupo de Tala Sustentable; Ahome (Sinaloa) con 22,138 TJ/a por aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales; y Durango (Durango), considerado como el que tiene mayor potencial de producción energética a partir de residuos urbanos municipales con 4,224.65 TJ/a.

Todos los potenciales mencionados en esta sección corresponden a energía térmica primaria, por lo que es importante considerar pérdidas por conversión a electricidad en dimensionamiento de proyectos.

Cultivos Especializados

Este grupo de biomasa contempla los cultivos que se utilizan para la producción de los biocombustibles líquidos, bioetanol y biodiésel. Para el caso del bioetanol, se

ha considerado la producción de melaza de caña, sorgo en grano y la remolacha azucarera; mientras que para el biodiésel se consideran la semilla de la *Jatropha curcas* y la palma de aceite.

Aunque la producción de biocombustibles en México es incipiente, el escenario de la planta que 100% de los cultivos mencionados anteriormente se enfoque en la producción de los biocombustibles. Por lo que, al llevar a análisis de factibilidad de proyectos, deberán considerarse otros usos comerciales de los cultivos.

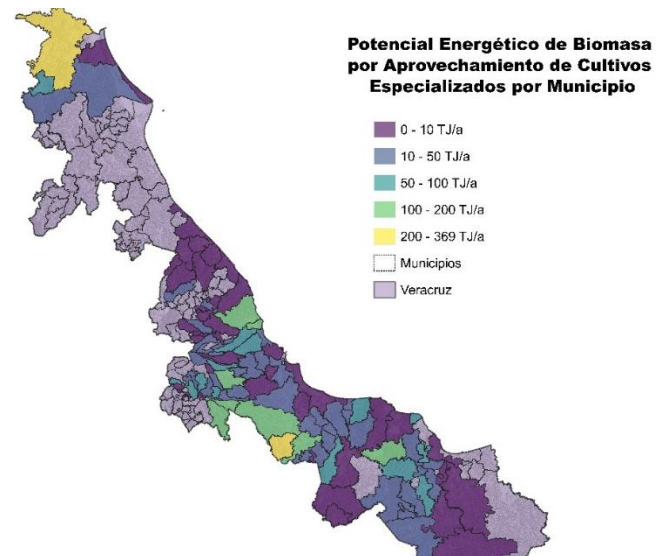


Figura 65. Potencial energético por biomasa de cultivos especializados en Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

Los municipios de Pánuco y Tres Valles, al Norte y al Oeste de la entidad, respectivamente; cuentan con el mayor potencial de aprovechamiento energético de la biomasa proveniente de cultivos especializados. Asimismo, los municipios de Tierra Blanca y Cosamaloapan de Carpio tienen un potencial energético importante en este aspecto, con 177.04 y



174.30 TJ/a, respectivamente. Sin embargo, no se cuenta con información sobre el tipo de cultivo a producir. Cabe mencionar que el análisis no se realizó un análisis para el total de municipios de la entidad (111 de 212).

Tala Sustentable

Para la estimación del potencial energético de la biomasa obtenida por tala sustentable, el Atlas Nacional de Biomasa aplica 5 criterios de exclusión (Áreas Naturales Protegidas, Áreas Voluntarias de Conservación, Terrenos con pendiente menor a 30%, con distancia a caminos o carreteras menores a 5 km y con una superficie mayor a 25ha) a la información sobre superficie y tipos de vegetación del INEGI (Serie IV).

Posteriormente, se estimó la cantidad de biomasa por hectárea según el tipo de vegetación, con datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), resultando en un total de biomasa forestal sostenible y accesible, combinando la de los polígonos aptos.

La cantidad de biomasa forestal utilizable para bioenergía se calculó a partir del crecimiento forestal basado en precipitación y altitud. Por último, el potencial energético se estimó considerando el poder calorífico de cada biomasa.

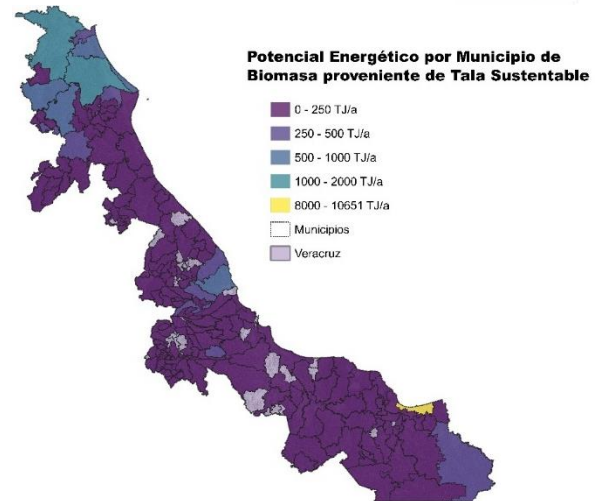


Figura 66. Potencial energético de biomasa proveniente de tala sustentable en Veracruz.
Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

El municipio de Coatzacoalcos (10,650.7 TJ/a) tiene el potencial más alto para aprovechar sosteniblemente la biomasa proveniente de la tala del recurso forestal. También a considerar, son los municipios de Ozuluama de Mascareñas y Pánuco con potenciales energéticos de 1,480.76 y 1000.36 TJ/a.

Residuos Agrícolas y Forestales

La actividad agrícola genera una cantidad considerable de residuos durante la cosecha de cultivos. El escenario de la Figura 67, estima la biomasa generada de los 41 cultivos que representaron el 99% de la producción total en 2012. Por otra parte, se consideran los residuos de los centros de transformación y almacenamiento de recurso maderero que tienen permiso vigente.



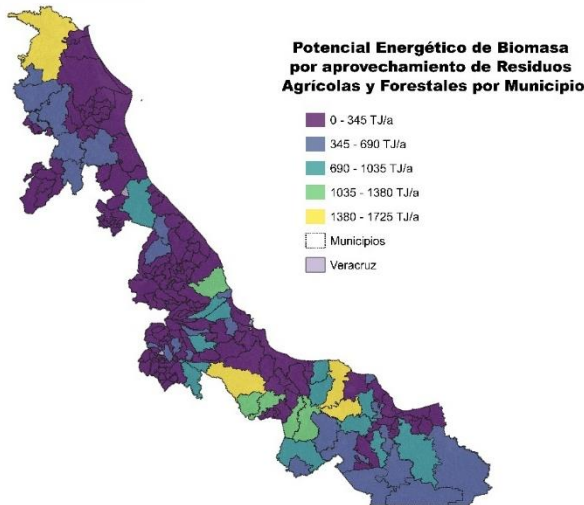


Figura 67. Potencial energético de residuos agrícolas y forestales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

La actividad de los municipios Tierra Blanca, Pánuco, Hueyapan de Ocampo y San Andrés Tuxtla, provoca que se cuente con el mayor potencial para aprovechar los residuos agrícolas y forestales en la entidad (con un valor combinado de más de 6,000 TJ/a. Los 4 municipios mencionados anteriormente tienen un potencial energético que representa cerca de un 10% del potencial de aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales del total estatal, contrastando con el 31% de los 164 municipios con potenciales más bajos (0 – 345 TJ/a).

Potencial Energético disponible según Escenario 3 del AZEL para Residuos Forestales y Agrícolas

Áreas de aprovechamiento de residuos forestales y agrícolas

- | |
|----------------|
| 34 - 50 TJ/a |
| 100 - 150 TJ/a |
| 150 - 200 TJ/a |
| 300 - 315 TJ/a |

Municipios

- | |
|-----------------------|
| Ayahualulco |
| Ixhuacán de los Reyes |
| Jalacingo |
| Las Minas |
| Perote |
| Villa Aldama |
| Xico |
| — Límite Estatal |

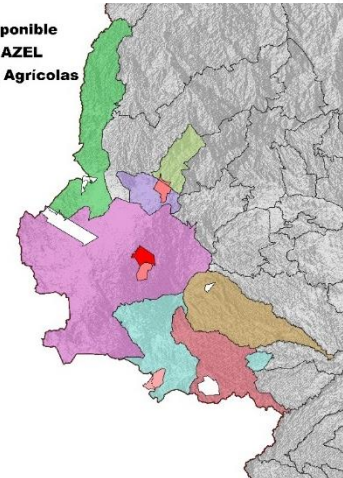


Figura 68. Potencial energético de predios en el escenario 3 del AZEL energético de residuos forestales y agrícolas en Veracruz. Elaboración propia con fuente de AZEL (SENER, 2018 a).

Para el AZEL, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) identificó 8 predios ejidales con vocación de manejo forestal sustentable en el estado de Veracruz, como se observa en la Figura 68. Los residuos forestales asociados a la producción de madera y carbón vegetal en estos predios se consideran aprovechables para la producción energética a través de Ciclo Rankine Simple con un factor de planta de 0.8, con lo que el potencial energético total se estima en 360.34 TJ/a, con un consumo anual de 19,690.78 toneladas (Tabla 17).



Tabla 17. Predios con alto potencial de aprovechamiento de residuos forestales. Fuente: AZEL (SENER, 2018 a).

Municipio	Predio	Especies	Superficie (ha)	Biomasa (ton/a)	Potencial (TJ/a)
Ixhuacán de los Reyes	Ejido Ixhuacán de los Reyes	<i>Alnus firmifolia, Pinus patula, Pinus pseudostrobus, Alnus firmifolia, Cupressus sp., Pinus ayacahuite</i>	78.60	1,854.50	33.94
Ayahualco	Apanteopán	<i>Alnus firmifolia, Pinus ayacahuite, Pinus patula, Pinus pseudostrobus, Quercus rugosa, Alnus firmifolia, Pinus ayacahuite</i>	250.83	5,650.77	103.41
Jilotepec	Ejido Orilla del Monte	<i>Pinus montezumae, Pinus pseudostrobus, Pinus teocote</i>	147.44	1,944.50	35.58
Jilotepec	Ejido Orilla del Monte	<i>Pinus montezumae, Pinus pseudostrobus, Pinus teocot</i>	147.44	1,944.50	35.58
Perote	Ejido Villa Perote	<i>Pinus montezumae, Pinus oaxacana, Pinus teocote, Quercus rugosa, Alnus acuminata y Pinus patula</i>	761.02	17,237.02	315.44
Perote	Ejido La Libertad	<i>Pinus montezumae, Pinus oaxacana, Pinus patula, Pinus rudis, Pinus teocote, Pinus greggii, Quercus crassifolia, Alnus firmifolia, Arbutus xalapensis y Cupressus lindleyi</i>	579.99	8,823.93	161.48
Villa Aldama	Villa Aldama	<i>Pinus patula, Pinus rudis, Pinus pseudostrobus, Pinus teocote, Pinus montezumae, Alnus jorullensis, Quercus acutifolia</i>	336.66	9,005.26	164.80
Xico	Ejido Coatitila	<i>Pinus patula., abies religiosa, alnus firmifolia., cupresus lindleyi, quercus laurina, alnus firmifolia, pinus patula, pinus ayacahuite</i>	101.62	2,552.85	46.72
Total			2,403.60	49,013.35	896.94

Residuos Sólidos Urbanos

En este grupo se incluye a la biomasa de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos que sean potenciales en cuanto al contenido de materia orgánica y los influentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Para este grupo, destacan los municipios de Veracruz y Xalapa, con potenciales energéticos de 1074 y 403 TJ/a, respectivamente (Figura 69).

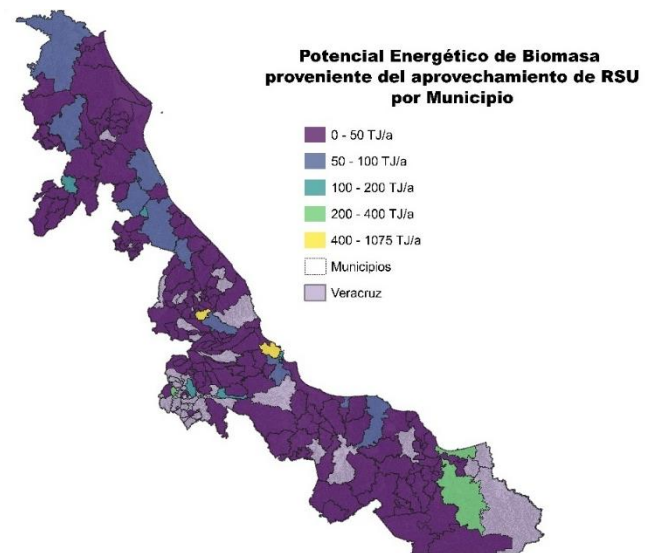


Figura 69. Potencial energético de residuos urbanos municipales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).



En la *Figura 70*, se localizan los 26 centros que pueden aprovechar energéticamente los residuos sólidos que ahí se reciben y su potencial energético. En ésta se observa que los rellenos sanitarios tienen mayor potencial energético que las plantas de tratamiento de agua.

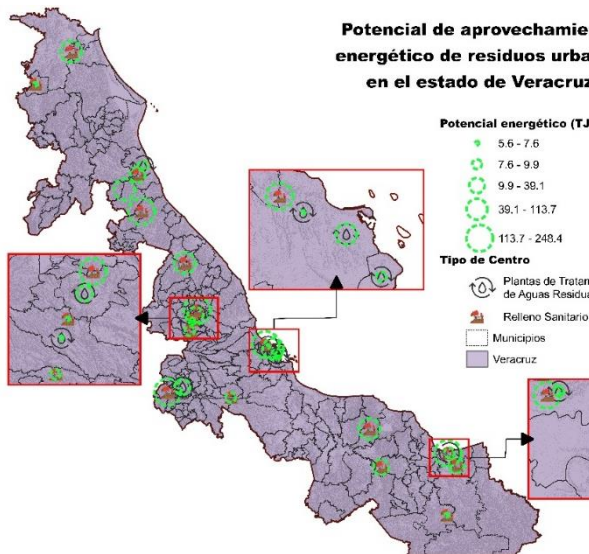


Figura 70. Centros almacenamiento de residuos urbanos y su potencial energético anual. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).

Asimismo, la Tabla 18 recopila el potencial y municipio de los centros, donde sobresalen los rellenos sanitarios de Veracruz, Xalapa, Coatzacoalcos y Nogales por su alto potencial de aprovechamiento energético con relación al resto de los municipios, con valores mayores a 200 TJ/a.

Tabla 18. Potencial energético de centros con residuos sólidos en municipios de Veracruz. Fuente: AZEL (SENER, 2018 a).

Municipio	Tipo	Proceso	Potencial (TJ/a)
Veracruz	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	Digestión Anaerobia	113.65
Xalapa			37.98
Ixtaczoquitlán			37.10
Boca del Río			9.90
Tuxpan			9.20
Coatzacoalcos			8.41
Boca del Río			7.42
Coatepec			7.32
Veracruz			5.94
Veracruz			Relleno Sanitario
Xalapa	221.69		
Coatzacoalcos	207.11		
Nogales	207.11		
Poza Rica de Hidalgo	194.16		
San Andrés Tuxtla	71.60		
Martínez de La Torre	64.72		
Pánuco	40.64		
Acayucan	39.06		
Tuxpan	18.43		
Ixhuatlán del Sureste	Relleno Sanitario	Digestión Anaerobia	12.94
Carrillo Puerto			9.03
Teocelo			8.50
El Higo			7.64
Oluta			6.47
Ixhuacán de Los Reyes			5.58
Total			

Cabe destacar que el potencial energético de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Veracruz representa un 47% del total de las plantas de tratamiento del estado. Además, el potencial de aprovechamiento de residuos a través de digestión anaerobia de estos 26 centros es de 1,599.97 TJ/a. Por otra parte, se cuenta con información a nivel estatal sobre la biomasa de



residuos proveniente de actividades pecuarias e industriales, la cual se presenta en la *Tabla 19*.

Tabla 19. Potencial energético de residuos provenientes de actividades pecuarias e industriales. Fuente: INEL (SENER, 2018a).

Tipo de Biomasa	Potencial (TJ/a)
Residuos industriales	50,115.45
Residuos pecuarios	184.72

En la industria pecuaria se contemplan los residuos de 3 granjas porcinas (*Tabla 20 y Figura 71*). Mientras que como residuos industriales se consideran únicamente a las agroindustrias y aserraderos (*Figura 72*). El potencial energético de las granjas porcinas analizadas en el municipio de Cotaxtla. Una de las granjas, al sur del municipio, representa más del 60% del total del potencial energético de residuos pecuarios analizados por el AZEL. Por lo que es un punto focal para el análisis de la implementación de proyectos piloto de digestión anaerobia en granjas porcinas.

Tabla 20. Potencial energético por digestión anaerobia de residuos pecuarios porcinos en el estado. Fuente: AZEL (SENER, 2018 a).

Municipio	Industria	Proceso	Potencial (TJ/a)
Cotaxtla	Granjas Porcinas	Digestión Anaerobia	29.13
			11.63
			4.29

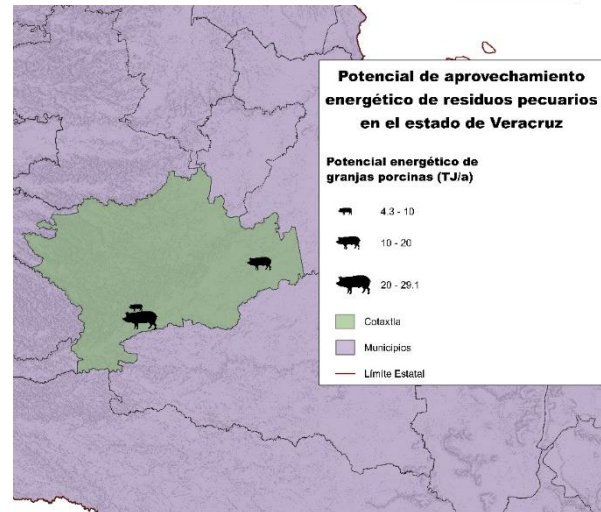


Figura 71. Clasificación de centros pecuarios por potencial de aprovechamiento energético. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).

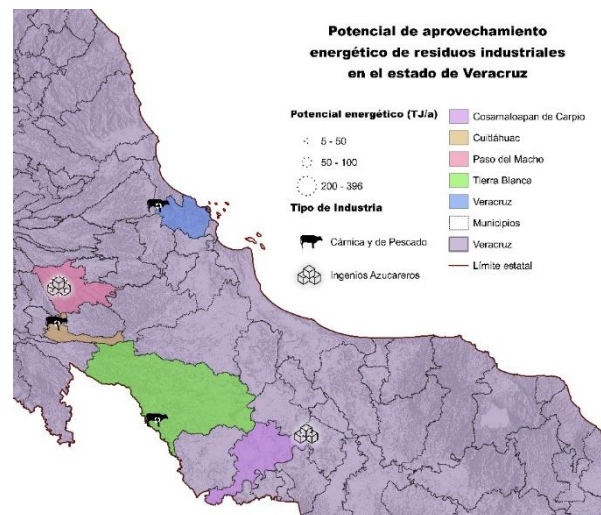


Figura 72. Localización de centros con residuos industriales altamente aprovechables para generación energética. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).

En la *Tabla 21*, se observa que la mayoría de potencial energético por aprovechamiento de residuos industriales en el estado provienen de la combustión en caldera de biomasa proveniente de los residuos producidos en ingenios azucareros, con un 3% proveniente de la industria cárnica y de pescado. Debido a la variedad de tipos de biomasa sólida y



líquida, se requieren procesos de acondicionamiento de la materia para lograr su aprovechamiento térmico.

Tabla 21. Potencial de aprovechamiento energético de desechos industriales en el estado. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).

Industria	Tipo	Proceso	Potencial (TJ/a)
Ingenios Azucareros	Bagazo de Caña	Combustión en Caldera	395.85
Ingenios Azucareros			67.20
Cárnica y de Pescado	Aguas Residuales de Centros de Sacrificio (Bovinos)	Digestión Anaerobia	5.17
Cárnica y de Pescado			4.94
Cárnica y de Pescado			4.77

El proceso de tratamiento aerobio con lodos activados que se lleva a cabo en la planta tiene como subproductos lodos que deben estabilizarse para su disposición final. El proceso de digestión al que son sometidos produce biogás, utilizado para la generación de energía eléctrica, con una capacidad instalada (asumida) de 2.3 MW y generación anual cercana a los 10 GWh/año. Con ello se ha logrado un ahorro de 64% en el consumo total de energía de la planta, más la disminución del consumo de diésel de aproximadamente 156 l/h. La implementación de este sistema permitió la obtención de CELs para la planta, además de la consecuente reducción de gases de efecto invernadero por el tratamiento de aguas residuales (6,926.82 tCO₂e por año) (IMTA, 2017).

En el país existen ejemplos de aprovechamiento energético de biogás producido a partir de material residual, algunos de estos proyectos son:

- Planta de tratamiento de aguas residuales “El Ahogado” en Jalisco.

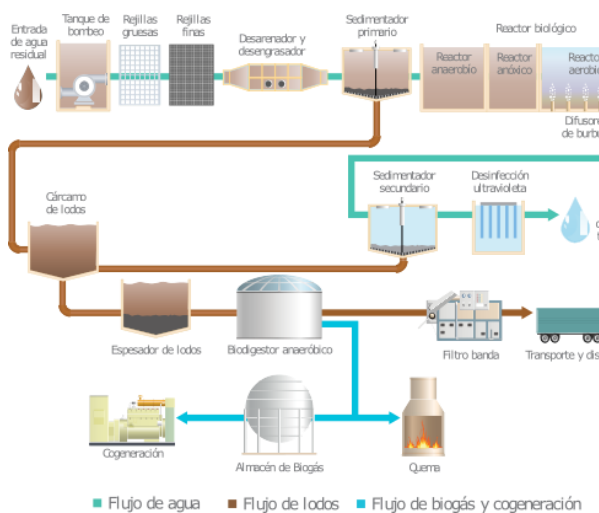


Figura 73. Aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento “El Ahogado”. Fuente: (GIZ, 2018)

- *Relleno Sanitario del Huixmí en Hidalgo*

En este sitio de disposición final para residuos sólidos municipales provenientes de la ciudad de Pachuca, se depositan diariamente entre 150 a 200 toneladas.

Con una inversión de 954,000 dólares, se implementó un sistema de cogeneración con biogás en el relleno sanitario al Oeste de la ciudad de Pachuca, con una capacidad instalada de 1.06 MW con producción de energía anual autorizada de 9.28 GWh por año (CRE, 2015).

- *Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C. en Nuevo León*





Figura 74. Aprovechamiento energético de biogás proveniente de un relleno sanitario (BENLESA, Nuevo León). Fuente: (BENLESA, 2010)

Cuenta con una capacidad instalada de 16.96 MW y una generación de 120 GWh/año, con lo que se puede suministrar el 90% del alumbrado público de la ciudad de Monterrey, equivalente a suministrar electricidad a 35,000 casas de interés social. Llevando a un ahorro económico de cerca de los 11 millones de pesos al año (SIMEPRODE, 2021).

Asimismo, se estima que la mitigación del proyecto es de aproximadamente 1 Mt de

CO₂e año (equivalente a retirar 90,000 automóviles) (SIMEPRODE, 2021).

Con lo anterior, se establece la madurez de la tecnología en cuanto al aprovechamiento energético de la biomasa.

El estado de Veracruz tiene potencial para desarrollar proyectos de aprovechamiento en diversas zonas del territorio. La entidad cuenta con importante industria azucarera con la que es posible explorar la posibilidad de utilizar sus residuos para la producción de biocombustibles como el etanol, así como hacer uso de ellos de forma térmica. Además, debe considerarse el aprovechamiento de biomasa a partir de la disposición de residuos urbanos (aguas residuales y fracción orgánica de los RSU).



Energía nuclear

La energía de fisión nuclear es la energía que se libera cuando se dividen núcleos atómicos pesados como los de ciertos isótopos del uranio (${}_{92}\text{U}^{238}$, ${}_{92}\text{U}^{235}$). La fisión ocurre cuando se bombardea con neutrones el núcleo de estos átomos. Como el neutrón es una partícula eléctricamente neutra, ésta no es repelida por la carga de los electrones o del núcleo y en consecuencia puede penetrar en los átomos e interactuar directamente con el núcleo. La fisión ocurre cuando los neutrones son capturados por el núcleo pesado. El núcleo resultante es inestable y rápidamente se divide en dos grandes fragmentos, liberándose en el mismo proceso dos o tres neutrones y desatando un proceso en cadena que libera una gran cantidad de energía térmica.

La energía térmica liberada en la reacción de fisión nuclear puede ser aprovechada en los reactores para calentar agua y generar vapor, ya sea directamente en la vasija como ocurre en los reactores de agua hirviente (BWR, por sus siglas en inglés) o a través de un intercambio de calor a un segundo ciclo como ocurre en los reactores de agua a presión (PWR, por sus siglas en inglés). Seguidamente, el vapor a alta temperatura y presión puede ser aprovechado para hacer girar una turbina conectada a un generador y producir energía eléctrica.

Como ya se introdujo en la sección de diagnóstico, en el estado de Veracruz de

Ignacio de la Llave se encuentra actualmente la única central nucleoelectrónica existente interconectada al Sistema Eléctrico Nacional. Es operada por la CFE, recibe el nombre de Laguna Verde, en honor a la población en la que se encuentra y comenzó su operación comercial en el año 1990. La central está integrada por dos reactores y dos unidades de generación con una capacidad de 817 MW cada una y 1,634 MW en total. Los reactores son de tipo BWR y el uranio enriquecido empleado es adquirido en el extranjero por su bajo costo.

Debido a la propia naturaleza de la tecnología nucleoelectrónica, estas centrales pueden trabajar de forma continua por largos periodos, empleándose como carga base e incrementando el factor de planta. La electricidad producida por Laguna Verde representa aproximadamente el 3.5% de la generación total del SEN en 2021. La Figura 75 muestra estas características en la central nucleoelectrónica Laguna Verde.

Como se puede apreciar, la central ha venido trabajando a FP superiores a 70% e incluso 90% en los años recientes. Seguidamente, la Figura 76 muestra la generación horaria durante los últimos 4 años, lo cual nos permite comprobar la estabilidad de la producción, así como las paradas programadas de ambos reactores.



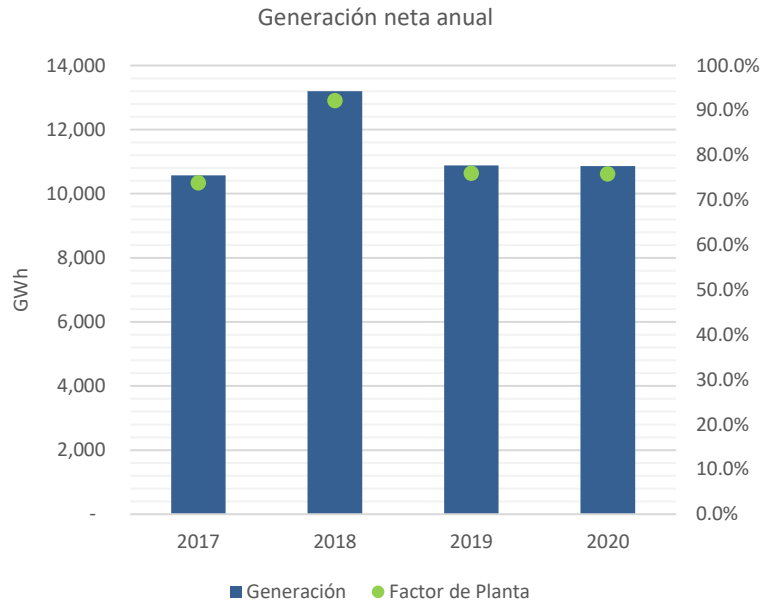


Figura 75. Generación neta anual de la central nucleoelectrica Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTREMX -CENACE

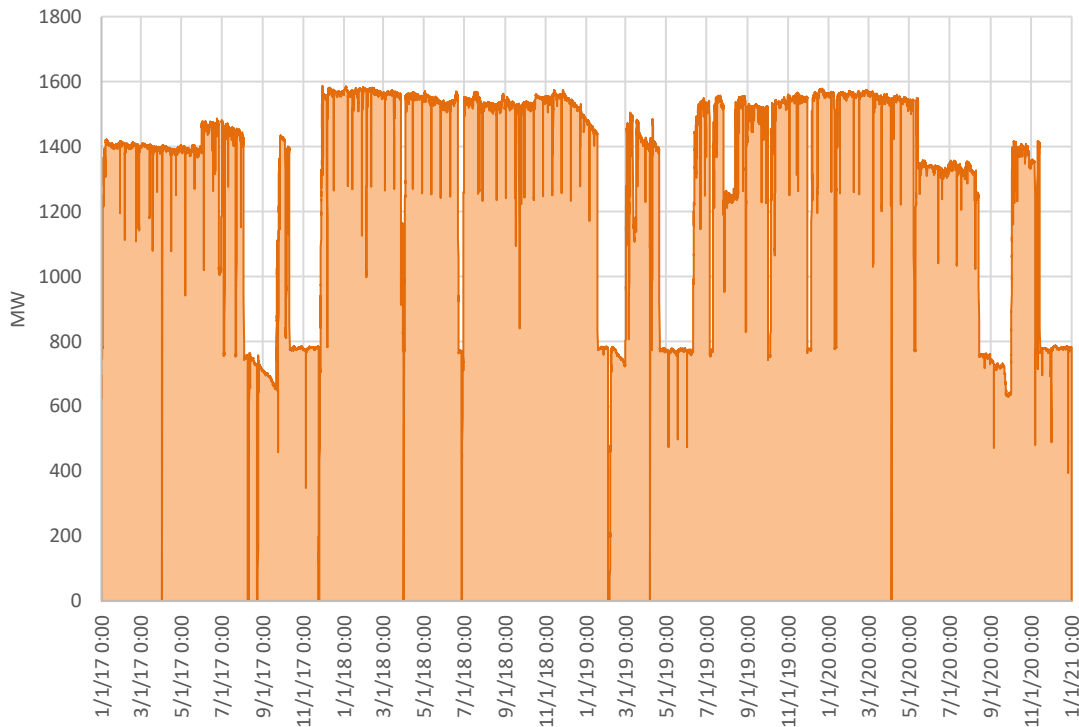


Figura 76. Generación horaria de la central nucleoelectrica Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTREMX - CENACE.

Aprovechando la infraestructura existente, la formación de los profesionales en la zona y la tradición nuclear de más de 30 años en Veracruz, se

hace interesante explorar el potencial para la construcción y puesta en marcha de nuevas unidades de generación nuclear en el territorio. Para ello existen



dos ubicaciones tentativas cuyo potencial ya ha sido estudiado. Una de ellas es la actual ubicación de Laguna Verde, dónde se ampliaría la capacidad de generación con nuevas unidades de producción, y la otra es el municipio de Cazones, más al norte (ver Figura 77). Ambas ubicaciones están próximas a la infraestructura de las Redes Nacionales de Transmisión (RNT). No obstante, teniendo en consideración la gran capacidad característica de estas centrales (> 1,000 MW), y analizando la capacidad de transmisión actual de los corredores circundantes, es posible afirmar que en ambos casos sería necesario un aumento de capacidad de transmisión en una o varias líneas de la zona. La central Laguna Verde se encuentra interconectada en el nodo del mismo nombre (02LAV-400) dentro de la zona de carga de Veracruz, a una tensión de 400 kV y pertenece a la región de transmisión Veracruz (código 33). Los corredores de transmisión que conectan esa región con el resto del SIN aparecen en la Figura 78, y como se puede apreciar tienen capacidad de transmisión de 750, 1,100 y 440 MW. La previsión del PRODESEN 2019 – 2033 establece que al año 2022 existen grandes probabilidades de que tales corredores utilicen la mayor parte de su capacidad de transmisión o incluso se congestionen (ver Figura 79 Y Figura 80). En consecuencia, y tal como se anticipaba, la interconexión de una nueva central nucleoelectrica en la región requeriría también de una ampliación de la capacidad de transmisión para dar salida a la energía eléctrica generada. Entre las posibles tecnologías de reactores disponibles para este proyecto existen:

- Reactor Avanzado de Agua Hirviente (ABWR) de tercera generación de General Electric (GE). Al tratarse de reactores BWR, existe ya experiencia en construcción, puesta en marcha y operación de estos equipos.
- Reactor Avanzado de Agua a Presión (AP100) de Westinghouse.
- Diseño Simplificado de Reactor de Agua Hirviente (ESBWR) de tercera generación plus de GE.
- Reactor de tercera generación APR 1400 KEPCO – Corea.
- Reactor modular de GE (BWRX - 300).

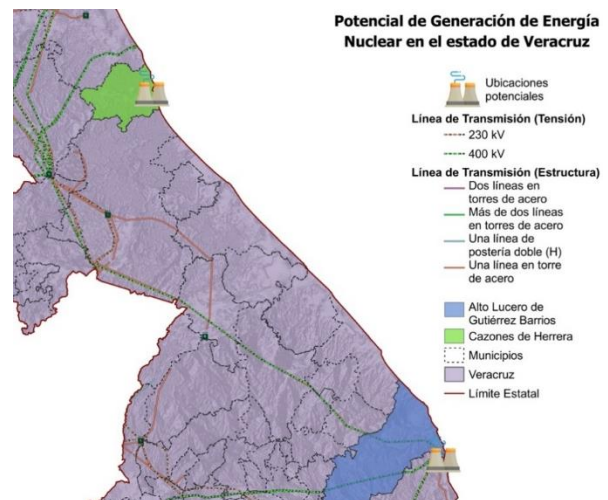


Figura 77. Ubicaciones potenciales para la instalación de nuevas unidades de generación nucleoelectrica. Fuente: Elaboración propia.



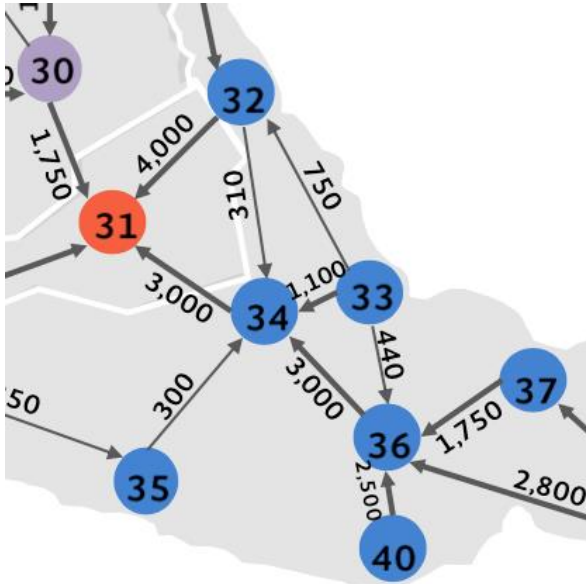


Figura 78. Regiones de transmisión y enlaces próximos al estado de Veracruz. Fuente: PRODESEN 2018 - 2032.

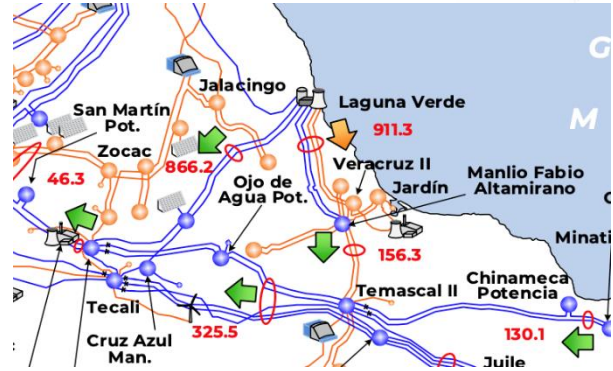


Figura 80. Condiciones operativas pronosticadas para año 2022 en día de máxima demanda a las 23:30. Fuente: PRODESEN 2019 -2033.

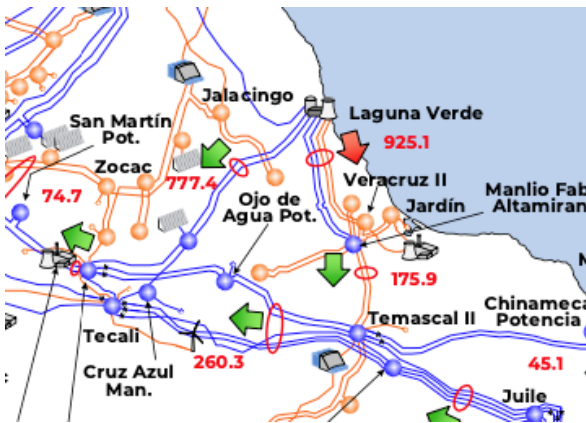


Figura 79. Condiciones operativas pronosticadas para año 2022 en día de máxima demanda a las 16:30. Fuente: PRODESEN 2019 -2033.

En resumen, la adición de capacidad de generación limpia mediante centrales nucleoelectricas es una opción para explorar en el estado de Veracruz para apoyar a cumplir con las metas estatales y nacionales. Además, es importante mencionar que la explotación de la energía nuclear para la producción de electricidad está reservada a la CFE. Estos proyectos requieren más de 5 años para su construcción y puesta en marcha (LAZARD, 2020) y provocan cambios considerables en la infraestructura y operación del sistema, por lo que deben ser considerados cuanto antes en la planeación del sistema eléctrico si se decide que formen parte la transición energética del país.



Medidas de eficiencia energética

La transición energética demanda cambios tanto en la forma de producción como de consumo de energía. Derivado de ello, la eficiencia energética prevalece como una de las medidas más importantes y de menor costo en cuestión de ahorro energético.

La eficiencia energética se entiende como la mejora en la forma de consumo de energía tanto por cambios y/o mejoras en la tecnología utilizada para su consumo, como también, por la modificación de hábitos en el mismo.

La obtención de potenciales de ahorro energético por la implementación de medidas de eficiencia energética es un tanto ambigua cuando se realiza un análisis a nivel general, debido a que, para conocer un estimado preciso es fundamental hacer un diagnóstico individual, es decir, conocer las características únicas del sitio.

Con el fin de generar medidas potenciales de ahorro energético específicas para cada uno de los sectores del estado, se desarrolló el procedimiento descrito a continuación.

En este sentido, el siguiente apartado se encuentra dividido en dos módulos. La primera parte presenta un diagnóstico particular para el estado de Veracruz.

La metodología realizada toma como base el análisis entre las diferentes unidades económicas establecidas en el estado, tanto por rubro de su actividad, o giro, como por el tamaño de las mismas,

considerando el personal de planta contratado y por su ubicación espacial.

Para ello, se realizó el análisis y tratamiento de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2021, elaborado por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

A su vez, se realizó la vinculación de dichas unidades económicas con el impacto de las actividades más importantes, en términos económicos, del Producto Interno Bruto Estatal.

También se consideró la relación del consumo energético sectorizado, de acuerdo con el diagnóstico energético realizado anteriormente para el estado, el cual sirve como fundamento para la segunda sección donde se proponen ahorros potenciales derivados de medidas de eficiencia energética, tanto específicas como generales, para cada uno de los sectores del estado (industrial, residencial, comercial, servicios públicos, transporte y agropecuario).

Finalmente, cabe mencionar que la información y los potenciales de ahorro fueron obtenidos y soportados con investigaciones previas realizadas por diversas instituciones como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), la Secretaría de Energía (SENER) y la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ), por mencionar algunos.



Diagnóstico

En términos económicos, el Producto Interno Bruto del Estado de Veracruz se encuentra dividido de la siguiente forma:

Tabla 22. Producto Interno Bruto de Veracruz 2019. Fuente: (INEGI, 2020)

	Millones de pesos	Participación
PIB Total 2019	1,038,352.3	100%
Actividades primarias	58,296.679	5.61%
Actividades secundarias	335,222.163	32.28%
Actividades terciarias	644,833.46	62.1%

Como se puede apreciar en la Tabla 22 las actividades terciarias son aquellas con mayor impacto en el PIB estatal al concentrar el 62.1% de él.

Por su parte, las actividades secundarias son las segundas con mayor influencia en el mismo, con una aportación del 32.28%. Por último, las actividades primarias tienen la menor aportación al PIB estatal con el 5.61%.

Desagregando cada una de las actividades principales por tipo actividad específica, en la Figura 81 se muestra que 4 de ellas aportan el 57.8% del total. Las actividades relacionadas con el comercio al por mayor y al por menor son aquellas con mayor impacto, teniendo el 20% del PIB; es seguido por las industrias manufactureras que en conjunto alcanzan el 15.3%, los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e inmuebles aportan el

13.3%, mientras que las actividades relacionadas a la construcción tienen una participación del 9.01% (INEGI, 2021).

Principales Actividades en participación del PIB Estatal

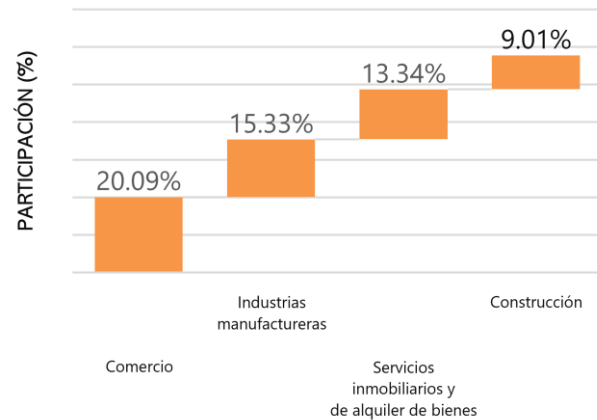


Figura 81. Actividades con mayor aportación al PIB estatal 2019. Fuente: (INEGI, 2020).

Por otra parte, se analizaron las unidades económicas (u.e.)¹² del estado por tipo de actividad, ubicación espacial (por municipio) y por el tamaño de las mismas.

El análisis se realiza con el fin de establecer un vínculo entre las actividades con mayor aportación económica, tipología y ubicación de las u.e. y el consumo energético en cada uno de los sectores.

En este sentido, Veracruz cuenta con 326,291 u.e. (INEGI, 2021) distribuidas de forma heterogénea en los 212 municipios del estado; sin embargo, 20 de ellos concentran el 56.2% de u.e.

¹² Las unidades económicas, de acuerdo con el INEGI, son "establecimientos (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentados en un lugar de

manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios." (INEGI, 2021)



En la Tabla 23 y Figura 82 se observa la distribución de unidades económicas tanto en porcentaje como en cantidad. Los municipios que concentran la mayor cantidad de u.e. son Xalapa (9%), Veracruz (8.97%), Coatzacoalcos (4.96%), Poza Rica de Hidalgo (3.49%), Orizaba (3.19%).

Tabla 23. Distribución de unidades económicas en el estado. Fuente: (INEGI, 2021)

Municipio	Número de U.E.
Xalapa	29,543
Veracruz	29,272
Coatzacoalcos	16,196
Córdoba	13,098
Poza Rica de Hidalgo	11,381
Orizaba	10,418
Boca del Río	8,448
Minatitlán	8,382
Tuxpan	6,297
Martínez de la Torre	5,826
Cosoleacaque	5,276
Perote	5,154
San Andrés Tuxtla	5,033
Papantla	4,836
Coatepec	4,818
Acayucan	4,708
Tierra Blanca	4,648
Álamo Temapache	3,417
Huatusco	3,361
Cosamaloapan de Carpio	3,331
192 municipios restantes	142,848



Presencia de Unidades Económicas por Municipio

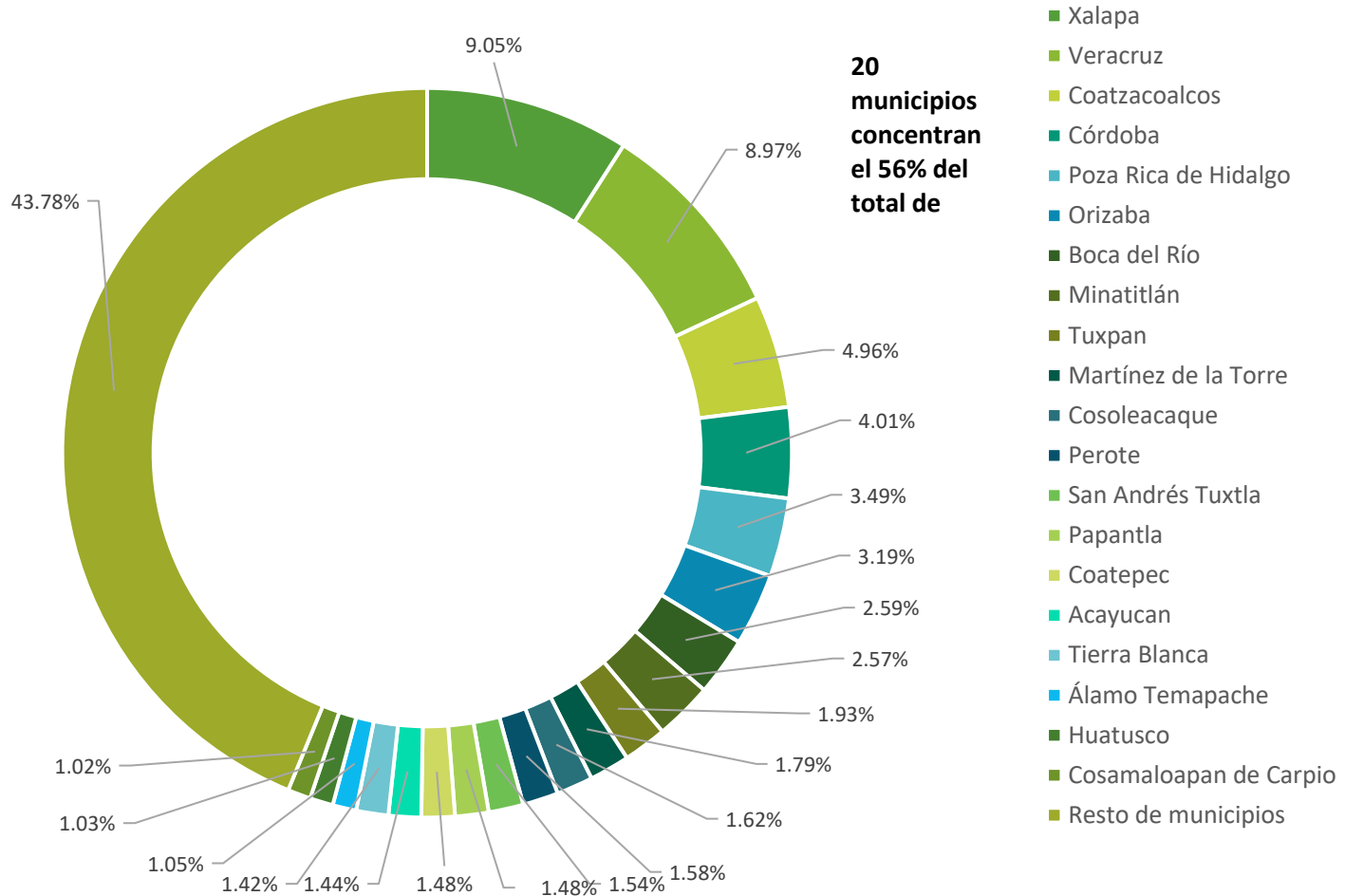


Figura 82. Unidades económicas por municipio en Veracruz 2020. Fuente: (INEGI, 2021)

Dentro de estas u.e. se encuentran 878 tipos de actividades. Las 10 actividades (giros) con mayor presencia en el estado representan el 34.5% del total de u.e. Y 23 de las 878 concentran el 50% de unidades económicas del estado.

En la



Tabla 24 se observa el tipo de actividad referida y el número de u.e. a nivel estatal:

Tabla 24. Los 10 principales tipos de actividad y número de u.e. en el estado. Fuente: (INEGI, DENUE, 2020)

Nombre de Actividad	Número de U.E.
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	40,008
Restaurantes con servicio de preparación de antojitos	13,363
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	11,525
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	7,933
Asociaciones y organizaciones religiosas	7,526
Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	7,505
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	6,641
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	6,225
Comercio al por menor de carnes rojas	5,920
Comercio al por menor de artículos de papelería	5,903

Ahora bien, de acuerdo con los códigos de clasificación de actividades para el SCIAN (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte), se puede desagregar en los siguientes 3 tipos:

Cantidad de u.e. dentro de Veracruz

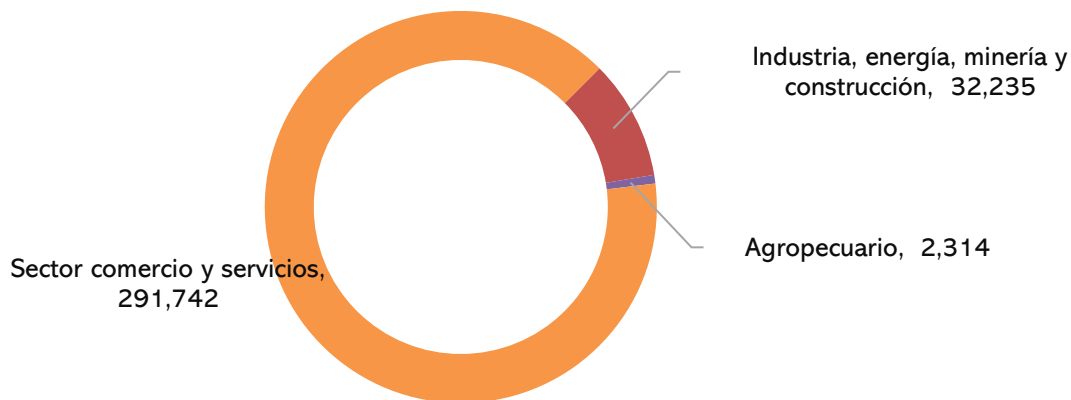


Figura 83. Distribución de u.e. por sector. Fuente: (INEGI, 2021)

El 89% de u.e. se concentran en el sector comercial y servicios, esto es, 291,742 u.e.

repartidas en 560 diferentes actividades. En segundo lugar, el sector industrial,



construcción, minería y generación de energía cuentan con el 10% del total con 32,235 u.e. distribuidas en 304 diferentes actividades.

Por último, el sector agropecuario cuenta con el 1% del total de u.e., es decir, concentra 2,314 u.e. en 14 actividades diferentes.

La recomendación de medidas de eficiencia energética, mencionadas a continuación, permite tener ahorros energéticos, beneficios económicos y una menor afectación al medio ambiente.

Con este fin, se realiza un análisis sectorizado que de forma general puede proporcionar un rango de ahorro energético probable. Cabe mencionar que el mismo dependerá de factores como la tecnología actual utilizada, mejora de prácticas, implementación de nuevos procesos, gestión energética, difusión de información, entre otros.

Recordando la matriz energética del estado, podemos observar en la Figura 84 siguiente que los 3 sectores con mayor consumo energético son:

- Sector transporte → 48.56%
- Sector industrial → 31.94%
- Sector residencial → 17.32%

En menor proporción del consumo se encuentra el sector comercial y servicios, público y agropecuario.

- Sector comercial y servicios → 1.66%
- Sector público → 0.32 %

- Sector agropecuario → 0.19%

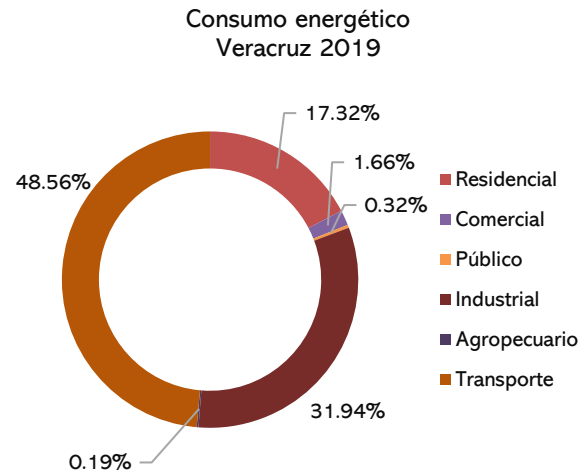


Figura 84. Consumo energético por sector. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE, 2019) (CFE, 2018a) (SENER, 2019 a)

Como podemos observar la proporción de consumo energético en relación con la cantidad de unidades económicas no es proporcional debido a que el consumo de energía y de cada tipo de energético depende, por un lado, del tipo de actividad a desempeñar, los diferentes usos finales de cada sector, y por otro, de lo intensivo que sea su uso de energía, así como del tamaño de la u.e.

Tomando como base el diagnóstico realizado, es posible conocer el número de u.e. probables para la implementación de medidas de eficiencia energética.

Sector industrial

Caracterización de las unidades económicas. Veracruz cuenta con un sector industrial bastante diverso. De acuerdo con la DENUE 2021, se tienen 32,235 unidades económicas inmersas en 304 diferentes giros de industria o fabricación de algún tipo de producto.



En la Figura 85 se puede observar cómo se encuentran distribuidas la u.e. considerando la cantidad de personal contratado.

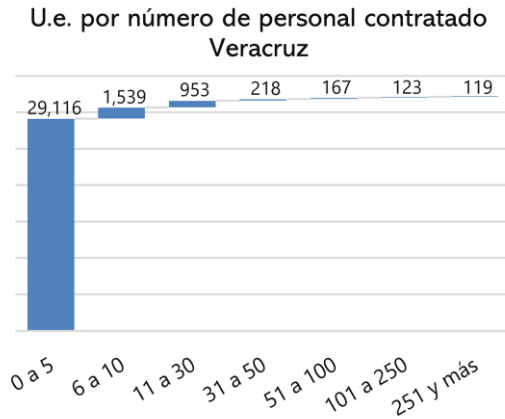


Figura 85. Unidades económicas por número de personal de planta contratado (INEGI, 2021)

Del total de u.e. 10 municipios concentran el 34.6% de las mismas. En Tabla 25 siguiente se puede observar la distribución de las mismas:

Tabla 25. 10 principales municipios con mayor participación del total de u.e. del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Municipio	Total de u.e. Sector Industrial	Participación
Xalapa	2,718	8.4%
Veracruz	1,924	6.0%
Coatzacoalcos	1,270	3.9%
Córdoba	1,045	3.2%
Perote	901	2.8%
Poza Rica de Hidalgo	805	2.5%
Orizaba	685	2.1%
Minatitlán	642	2.0%

Papantla	586	1.8%
Boca del Río	577	1.8%

Cabe mencionar que el consumo energético tanto por tipo de actividad como por el tamaño de la industria permite diferenciar sus usos finales.

Eso es por lo que se realiza un diagnóstico diferenciado considerando la siguiente clasificación (BBVA, 2021):

- Microempresas (hasta 10 personas contratadas)
- Pequeñas empresas (de 11 a 50 personas contratadas)
- Empresas medianas (de 51 a 250 personas contratadas)
- Grandes empresas (251 o más personas contratadas).

Los códigos de actividades obtenidos por el SCIAN (delimita los diferentes tipos de actividades, siendo los correspondientes a industria manufacturera, construcción y generación de energía aquellos comprendidos entre los códigos 211,111 y 399,999.

Microempresas

En este bloque se encuentran 30,655 u.e. alcanzando la mayor participación dentro del sector industrial de Veracruz, con el 87% de u.e. respecto al total.

Dichas u.e. se encuentran localizadas en los 212 municipios del estado. Sin embargo, 10 concentran el 31.9% de las mismas.

Tabla 26. 10 principales municipios con mayor cantidad de microempresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Municipio	Número de U.E. de 0 a 10	Participación respecto a bloque
-----------	--------------------------	---------------------------------



personas contratadas		
Xalapa	2,573	8.4%
Veracruz	1,711	5.6%
Coatzacoalcos	1,143	3.7%
Córdoba	945	3.1%
Perote	870	2.8%
Poza Rica de Hidalgo	740	2.4%
Orizaba	616	2.0%
Minatitlán	610	2.0%
Papantla	571	1.9%
Xalapa	2,573	8.4%

A continuación, se muestran las 10 actividades con mayor presencia de u.e. dentro de esta división, de un total de 271 diferentes tipos.

Estas 10 actividades principales representan el 75% del total de u.e. de este bloque.

Tabla 27. 10 principales actividades con mayor cantidad de microempresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Código actividad	Nombre actividad	Número de u.e.	Participación respecto a bloque
311830	Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	6,207	20%
311812	Panificación tradicional	4,876	16%
332320	Fabricación de productos de herrería	3,650	12%
337120	Fabricación de muebles, excepto cocinas integrales, muebles modulares de baño y muebles de oficina y estantería	2,383	8%
321910	Fabricación de productos de madera para la construcción	1,603	5%
312112	Purificación y embotellado de agua	1,396	5%
315225	Confección de prendas de vestir sobre medida	1,098	4%
323119	Impresión de formas continuas y otros impresos	838	3%

339			
999	Otras industrias manufactureras	515	2%
311			
520	Elaboración de helados y paletas	470	2%

Pequeñas empresas

En este bloque se encuentran 1,171 u.e. distribuidas en 166 tipos de actividades. A pesar de ser la segunda división con mayor cantidad de u.e., la participación de estas es mucho menor en comparación con las microempresas. En este sentido, representan el 3.6% de u.e. respecto al total del sector.

A continuación, se muestran las 10 actividades con mayor cantidad dentro de esta división.

Tabla 28. 10 principales actividades con mayor cantidad de pequeñas empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Código actividad	Nombre actividad	Número de u.e.	Participación respecto a bloque
311812	Panificación tradicional	86	7%
221312	Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público	85	7%
236111	Edificación de vivienda unifamiliar	71	6%
236221	Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la supervisión	64	5%
237312	Construcción de carreteras, puentes y similares	50	4%
315229	Confección en serie de otra ropa exterior de materiales textiles	46	4%
237212	Construcción de obras de urbanización	44	4%
312112	Purificación y embotellado de agua	35	3%
236211	Edificación de naves y plantas industriales, excepto la supervisión	31	3%



33271	Maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general	25	2%
-------	---	----	----

Cabe mencionar que pequeñas empresas solamente existen en 135 de los 212 municipios del estado, y el 56.4% se concentran en 10 municipios, siendo Veracruz el que encabeza la lista con 12.2% del total de pequeñas empresas.

Tabla 29. 10 principales municipios con mayor cantidad de pequeñas empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Municipio	Número de U.E. de 11 a 50 personas contratadas	Participación
Veracruz	143	12.2%
Xalapa	119	10.2%
Coatzacoalcos	88	7.5%
Córdoba	81	6.9%
Boca del Río	49	4.2%
Orizaba	48	4.1%
Poza Rica de Hidalgo	48	4.1%
Altotonga	32	2.7%
Coatepec	27	2.3%
Perote	25	2.1%

Empresas medianas

En este bloque se encuentran 290 u.e. distribuidas en 108 tipos de actividades, representando el 0.9% de u.e. respecto al total del sector.

Las 10 actividades con mayor presencia dentro de esta división representan el 37% en esta sección.

A continuación, se observan las actividades con mayor participación en el bloque, nombre de actividad, cantidad y participación respecto al bloque empresas medianas.

Tabla 30. 10 principales actividades con mayor cantidad de empresas medianas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Nombre actividad	Número de u.e.	Participación
Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público	25	9%
Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la supervisión	14	5%
Construcción de carreteras, puentes y similares	14	5%
Edificación de naves y plantas industriales, excepto la supervisión	12	4%
Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	9	3%
Construcción de obras de urbanización	8	3%
Edificación de vivienda unifamiliar	7	2%
Elaboración de alimentos para animales	7	2%
Minería de sílice	6	2%
Perforación de pozos petroleros y de gas	5	2%

La distribución en los municipios se da de forma heterogénea, solamente existen empresas medianas en 54 municipios. Siendo 10 los que concentran el 61% del total de u.e., siendo los siguientes



aquellos municipios que concentran el 66% de grandes empresas como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 32. Municipios con grandes empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Municipio	Número de U.E. con más de 251 personas contratadas	Participación
Veracruz	20	17%
Coatzacoalcos	11	9%
Orizaba	8	7%
Poza Rica de Hidalgo	8	7%
Xalapa	8	7%
Ixtaczoquitlán	7	6%
Boca del Río	5	4%
Córdoba	5	4%
Tuxpan	4	3%
Coatepec	3	3%

Tabla 31. Municipios con empresas medianas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Municipio	Número de U.E. de 51 a 250 personas contratadas	Participación
Veracruz	50	17.2%
Coatzacoalcos	28	9.7%
Xalapa	18	6.2%
Boca del Río	16	5.5%
Córdoba	14	4.8%
Orizaba	13	4.5%
Coatepec	12	4.1%
Poza Rica de Hidalgo	9	3.1%
San Andrés Tuxtla	9	3.1%
Ixtaczoquitlán	8	2.8%

Grandes empresas

Las grandes empresas son aquellas con más de 251 empleados contratados. Para este caso, existen 119 u.e en Veracruz distribuidas de la siguiente forma, en solamente 38 municipios, siendo 10

Las 10 actividades con mayor representatividad en este bloque corresponden al 51% del total de grandes empresas en este sector.

Tabla 33. 10 principales actividades con mayor cantidad de grandes empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)

Nombre actividad	Número de u.e.	Participación de u.e. en bloque
Elaboración de azúcar de caña	19	16%
Extracción de petróleo y gas natural asociado	8	7%
Fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado	7	6%
Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público	6	5%
Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la supervisión	5	4%
Construcción de carreteras, puentes y similares	5	4%



Edificación de naves y plantas industriales, excepto la supervisión	3	3%
Fabricación de papel a partir de pulpa	3	3%
Fabricación de envases y ampollitas de vidrio	3	3%
Generación de electricidad a partir de combustibles fósiles	2	2%

Como se puede observar, la elaboración de azúcar de caña es aquella que concentra la mayor cantidad de grandes empresas con 19 grandes. Destacan también empresas relacionadas con petroquímica, fabricación de papel y fabricación de vidrio.

CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y USOS FINALES DEL SECTOR.

El sector industrial es el segundo con mayor consumo energético dentro del estado con el 31.9% (129.38 PJ). También, es el principal consumidor de energía eléctrica de la entidad con el 50.65% del total consumido en Veracruz.

Como se puede observar en la *Figura 86* la matriz del consumo de energía en el sector industrial se basa en energéticos convencionales, siendo el 81% proveniente de fuentes fósiles y el 19% de participación de electricidad. Predomina el consumo del gas natural con el 70%.

Dentro del sector, se cuenta con una gran diversidad de actividades en las que el uso de energía tanto eléctrica como térmica es indispensable para el correcto funcionamiento de maquinaria y de procesos.

En este sentido, el desarrollo de estrategias que permitan ahorrar energía dentro del sector es imperativo.

Consumo energético en sector industrial Veracruz 2019

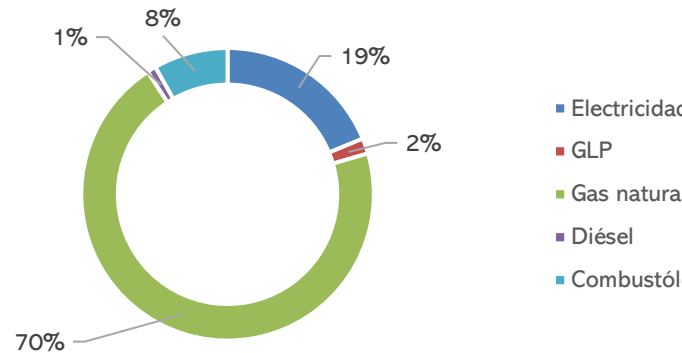


Figura 86. Consumo de energía en el sector industrial de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)

Con el fin de conocer el impacto de las medidas de eficiencia energética propuestas a continuación: primeramente, se realiza el análisis de los usos finales del sector industrial en México tomando como base el artículo denominado *Towards a Low-Carbon Industrial Sector in Mexico* (Islas-Samperio, Birlain-Escalante, & Grande-Acosta, 2020).

Como se puede observar, en la *Figura 87*, los usos finales del sector industrial, de forma general, se encuentran categorizados en dos tipos: generación de calor con el 26% del total y aquellos usos que utilizan electricidad para la realización de sus procesos con el 74%.



Demanda energética del sector industrial

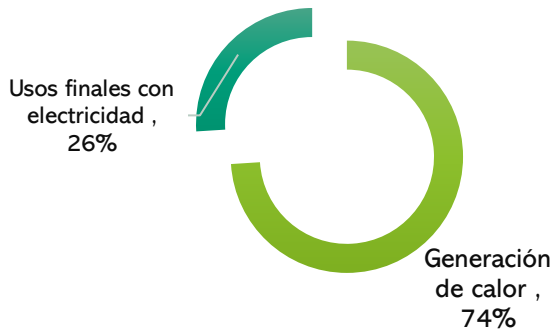


Figura 87. Usos finales de energía del sector industrial. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, Birlain-Escalante, & Grande-Acosta, 2020)

GENERACIÓN DE CALOR

La generación de calor se subdivide por el tipo de energético utilizado ya sea a través de hidrocarburos (90%) o por medios eléctricos (10%).

Generación de calor por tipo de energético

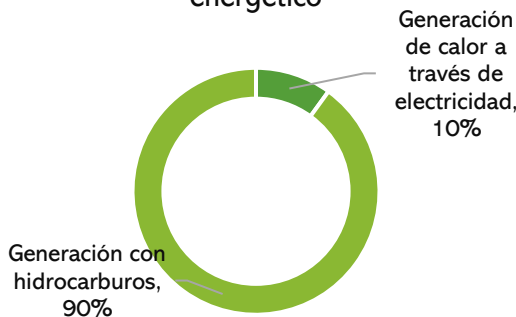


Figura 88. Generación de calor en sector industrial por tipo de energético. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, Birlain-Escalante, & Grande-Acosta, 2020)

También es posible realizar la clasificación por la temperatura en la cual es producido.

Esto es, el calor generado de alta temperatura (>400°C) tiene mayor

participación con el 48%. Es seguido por el calor de baja temperatura con el 30%. Por último, se encuentra el calor generado a temperatura media (de 150°C a 400°C) con el 22%.

La relevancia de esta información se debe a la relación existente con medidas de eficiencia energética aplicada a diversos procesos como, por ejemplo, la recuperación de calor residual en procedimientos.

Generación de calor en sector industrial categorizado por temperatura

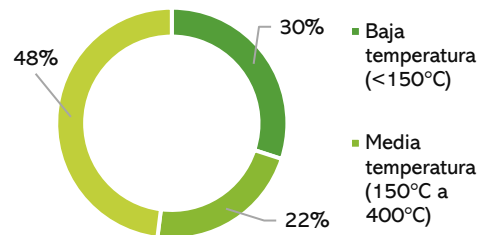


Figura 89. Generación de calor en sector industrial por temperatura. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)



USOS FINALES CON ELECTRICIDAD

En el sector industrial existen, de forma general, tres usos finales identificados derivados del consumo de energía eléctrica. El primero se da por medio del uso de motores eléctricos (70%). El segundo hace referencia a sistemas de iluminación con el 9%, y el tercero, a sistemas de refrigeración con el 5%.

El 16% restante de los usos finales no se tiene identificado de forma particular.

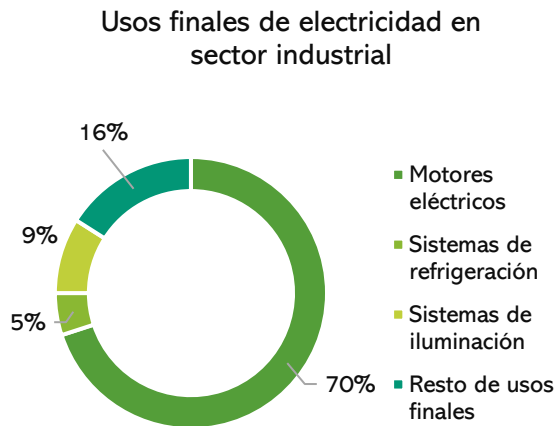


Figura 90. Usos finales de electricidad en el sector industrial mexicano. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)

A continuación, se presenta una serie de medias de eficiencia energética aplicables al sector industrial y a diversas actividades dentro del mismo. Se muestra una breve descripción de las mismas intentando abarcar, de forma general, aquellos procesos/actividades con un uso intensivo de energía tanto eléctrica como térmica o combustibles necesarios en la operación del día a día.

De igual forma, existen medidas descritas en el apartado de sector comercial

aplicables al sector industrial. La serie de medidas descritas no son limitativas, un acercamiento con mayor profundidad requiere del diagnóstico específico de la industria en particular y del levantamiento en sitio. Sin embargo, esta serie de medidas tienen un alcance preciso de su aplicación dentro del sector.

Implementar Sistemas de Gestión de Energía para grandes consumidores de energía

La implementación de los Sistemas de Gestión de Energía permite establecer procesos de mejora en el rendimiento de las operaciones y sistemas dentro de la empresa a través de un enfoque sistemático.

Se obtienen ahorros económicos, disminuyen el consumo energético, y, por ende, reducen la generación tanto de residuos como de emisiones contaminantes.

En este sentido, el apego a estándares globales como la implementación de la norma ISO 50001:2011 permitirá alcanzar dichos objetivos.

A su vez, la implementación de dicha norma se puede integrar con diversos estándares, por ejemplo, de calidad, medio ambiente, seguridad, etcétera.

El Sistema de Gestión de Energía puede llevarse a cabo a través de un grupo especializado dentro de la industria o un grupo externo.



Expandir y actualizar las normas y los sistemas de control sobre eficiencia energética de nuevos productos y sistemas

La expansión y actualización de normas en productos y sistemas permite mantener regulación vigente con los estándares más altos de consumo para poder aprovechar la energía al máximo.

A su vez, la implementación de sistemas de control en procesos dentro de la industria permite conseguir ahorros energéticos por obtener tanto el consumo óptimo de los energéticos como el mejoramiento del proceso y del sistema en general.

Desarrollar programas de apoyo específicos de eficiencia energética en PyMEs.

El desarrollo de programas de apoyo expande mecanismos e instrumentos que permiten la penetración de normas y estándares en el sector privado y su vinculación con el sector público. Su aplicabilidad es dada tanto para energía térmica como eléctrica, yendo de la mano con la rama específica de la producción y/o servicio.

Diseñar e implementar una estrategia para la recuperación y aprovechamiento del calor industrial residual.

La implementación de estrategias de recuperación y aprovechamiento de calor industrial residual está basada en la aplicación de nuevos procesos y sistemas que permitan utilizar el calor generado en algún proceso previo. Por ejemplo: agua caliente sanitaria, generación de electricidad, confort térmico, generación

de vapor, por mencionar algunos. La implementación depende de la cantidad de calor a recuperar y los diversos procedimientos dentro de la actividad cuya aplicabilidad lo hagan factible.

Controles electrónicos de velocidad para motores eléctricos (variadores de frecuencia).

La aplicación de variadores de frecuencia en motores eléctricos permite regular la potencia del motor adaptando la velocidad a lo requerido en el proceso. Los variadores de frecuencia se encuentran ubicados entre la fuente de energía y el motor.

Garantizan que los motores tengan una operación correcta. Mejoran la productividad; aumentan la eficiencia energética del proceso y disminuyen costos y emisiones contaminantes.

Sustitución de motores eléctricos por motores de alta eficiencia.

Con el fin de reducir el consumo energético en diversos procesos, la sustitución de motores eléctricos por motores con los mejores estándares de eficiencia energética es una excelente alternativa.

En este sentido, la inversión del cambio de tecnología permite a la empresa mejorar el consumo energético, atraer beneficios ambientales y económicos, además de actualizar y aumentar el ciclo de vida de la tecnología en uso.

Sustitución de luminarias por tecnología LED

La sustitución de luminarias fluorescentes por tecnología LED disminuye el consumo



energético de los espacios comunes y oficinas dentro del sector. También se puede realizar un cambio de luminarias en espacios de procesos, considerando los lúmenes necesarios para la actividad correspondiente según las normas oficiales. Con dicho cambio se puede tener impacto económico, mejoras en el consumo energético y la mejora en los sitios de trabajo modernizando el espacio y aumentando la productividad del personal empleado.

A su vez, se deben de establecer auditorias para el cumplimiento de regulaciones y normas como, por ejemplo:

- NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.
- NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización).

Limitación de la presión de uso de circuitos de aire comprimido.

El aire comprimido es utilizado en una gran cantidad de procesos en el sector industrial. Sin embargo, existe una variación de la presión utilizada en el sistema, con este fin, se debe establecer una presión promedio en el circuito de aire.

A su vez, el buen diseño del circuito evitará pérdidas y/o la sobrepresión debida a otros procesos.

El rediseño de los circuitos de aire comprimido permite obtener mejoras productivas, energéticas y de costos.

Cogeneración.

La cogeneración produce energía a un menor costo, genera energía térmica y eléctrica simultáneamente. En este sentido, el aprovechamiento del consumo energético mejora sustancialmente.

En su aplicación más amplia aprovecha el calor residual en la producción de energía eléctrica.

Cabe mencionar, que la aplicabilidad de la cogeneración depende de los requerimientos energéticos de la industria en donde se desarrollará.

La cogeneración tiene como principio la maximización de la demanda del calor en los procesos de la industria.

La Figura 91 recopila las medidas potenciales de eficiencia energética para el sector industrial y muestra, debajo de cada una de ellas, el ahorro energético que esta significa para el proceso en el que se implementan. Así, por ejemplo, La sustitución de luminarias por tecnología LED puede ahorrar entre un 70 y un 84% de la energía que consumen las industrias en iluminación.



Medidas Sector Industrial

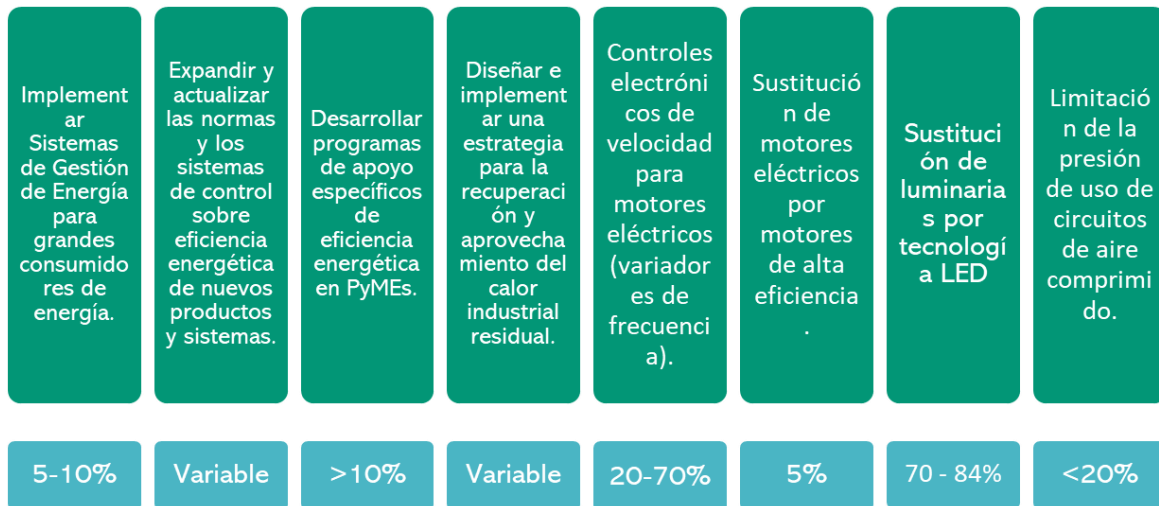


Figura 91. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector industrial y su porcentaje de ahorro energético



Sector Residencial

El sector residencial es el tercer sector con mayor consumo energético dentro del estado con 17.3% (70.15 PJ). Por otra parte, es el segundo con mayor consumo de electricidad, 37.93% (18.2 PJ) del total consumido en la entidad para el año 2019 (47.99 PJ).

A su vez, es el sector con mayor consumo de GLP dentro de la entidad, con el 58% del total del energético.

De forma particular, en la siguiente gráfica se muestra la distribución de energéticos consumidos en el sector.

Se observa que la matriz se compone principalmente de leña con el 57% de consumo estimado, 26% a través de electricidad, 17% de consumo de GLP y, por último, 0.18% de gas seco.

Considerando como base el diagnóstico energético, el cual entrega un panorama amplio del mismo, es posible generar medidas de eficiencia energética con alcance general para el sector.

Sin embargo, es necesario desagregar en los diferentes usos finales para poder obtener valores ponderados de ahorro con base en las medidas propuestas y así establecer un valor más preciso.

Consumo energético residencial Veracruz 2019

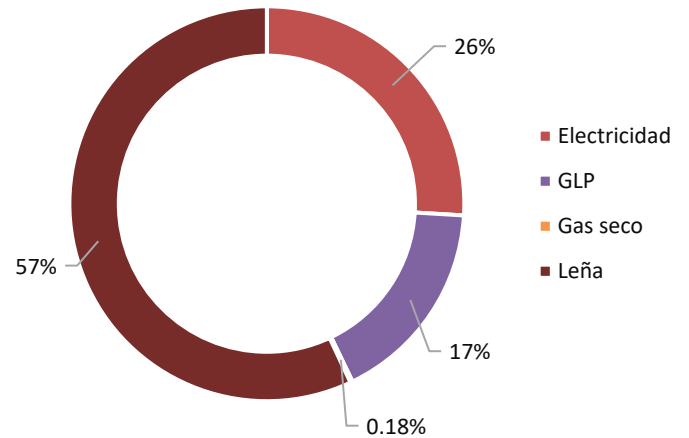


Figura 92. Consumo de energía en el sector residencial Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)

Tomando como base la información proporcionada en el Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética (CEPAL, 2018) la distribución de los usos finales en el sector residencial se encuentra dividida en dos:

1. Usos finales eléctricos
2. Usos finales térmicos

Para cada uno se cuenta con diferentes usos. En el caso de usos finales eléctricos se consideran:

- Iluminación
- Stand by
- Enfriamiento de espacios
- Lavadoras
- Microondas
- Televisión
- Refrigeradores



- Otros

Dentro de los usos finales vinculados con energía térmica, se cuenta con dos:

- Calentamiento de agua
- Cocción de alimentos

En la siguiente gráfica tomada del Informe se puede apreciar la distribución de estos usos finales a nivel nacional.

Debido a la falta de información específica a nivel subnacional, el análisis realizado considera como base los porcentajes dados a los usos finales en el Informe Nacional (CEPAL, 2018).

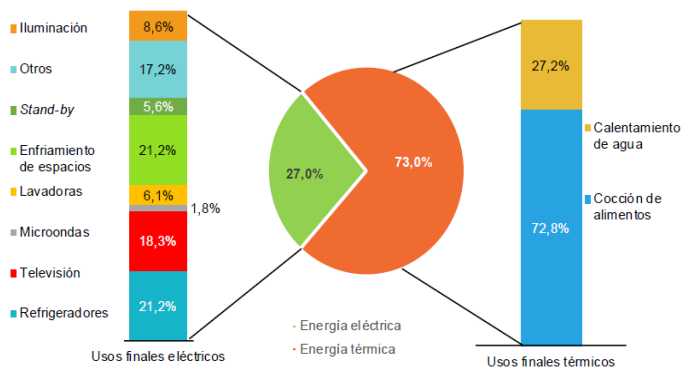


Figura 93. Consumo de energía en el sector residencial. Fuente: (CEPAL, 2018)

Con base en ello, se describen las medidas de eficiencia energética propuestas para el sector residencial dentro de la entidad. Sin embargo, las medidas descritas a continuación no son limitativas.

Por otro lado, cabe mencionar la importancia de la mitigación en el consumo de leña, debido a que se cuentan con afectaciones tanto de salud en los hogares en los que se utiliza, así

como también las afectaciones al medio ambiente.

Sistemas de iluminación eficiente.

La integración de sistemas de iluminación eficiente pretende aumentar la eficiencia energética en el sector residencial. En este sentido, se mejora el consumo energético en el principal uso final de energía eléctrica en el sector, a través de la implementación de programas y regulaciones que permitan la adquisición de luminarias LED de forma masiva y a un precio asequible.

Se debe considerar que las luminarias y los sistemas deben cumplir con la normatividad vigente establecida en:

- NOM-030-ENER-2012. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.
- NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización). Aquellos programas establecidos pueden apoyarse en el cambio de bienes por aquellos que cuentan con certificación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Sello FIDE).

Incorporación de estufas mejoradas de leña.

La incorporación de estufas mejoradas de leña pretende ser un programa focalizado en aquellos grupos vulnerables cuyas viviendas no cuenten con la tecnología adecuada para la cocción de alimentos y la generación de agua caliente.



En este sentido, es posible generar programas que permitan realizar la adaptación tecnológica y/o el cambio de los fogones o estufas ineficientes de leña por aquellas mejoradas con el fin de evitar daños a la salud de los habitantes, ahorrar leña, mejorar la calidad de vida de los ocupantes de la vivienda.

Algunos ejemplos de estufas mejoradas de leña son:

- Estufa Patsari.
- Estufa ONIL¹³

Sustitución por electrodomésticos más eficientes con base a las NOM.

La medida se basa en la inclusión de programas e incentivos para poder realizar el cambio de tecnología, considerando aquellos electrodomésticos que cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, y que, a su vez, presenten el sello FIDE.

La medida debería estar priorizada para grupos con vulnerabilidad económica.

Difusión de información de ahorro de energía para la población.

Las medidas de difusión de información pretenden concientizar a la población en general sobre el impacto ambiental y

económico generado por hábitos de consumo de energía.

Con este fin, se realizan acciones como campañas de difusión y promoción a través de diversos medios de comunicación; talleres y sesiones comunitarias, además de la implementación de dichas medidas en sectores educativos con el fin de ofrecer un efecto dominó.

Confort Térmico – Diseño Bioclimático

La penetración de regulaciones locales sobre diseño bioclimático, permitiendo eficientizar tanto los sistemas de ventilación, iluminación y acondicionamiento de espacios, a través del diseño. El impacto derivado se da en el uso de bienes para el confort térmico como aire acondicionado, ventiladores y calefacción; y el aprovechamiento de la luz natural al máximo.

En este sentido se debe de inspeccionar el cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011 (PDF) Eficiencia energética en edificaciones, Envoltorio de edificios para uso habitacional.

¹³ Ejemplos de estufas de leña mejoradas en:
<https://ecotec.unam.mx/ecoteca/estufas-de-leña-mejoradas>



Medidas Sector Residencial

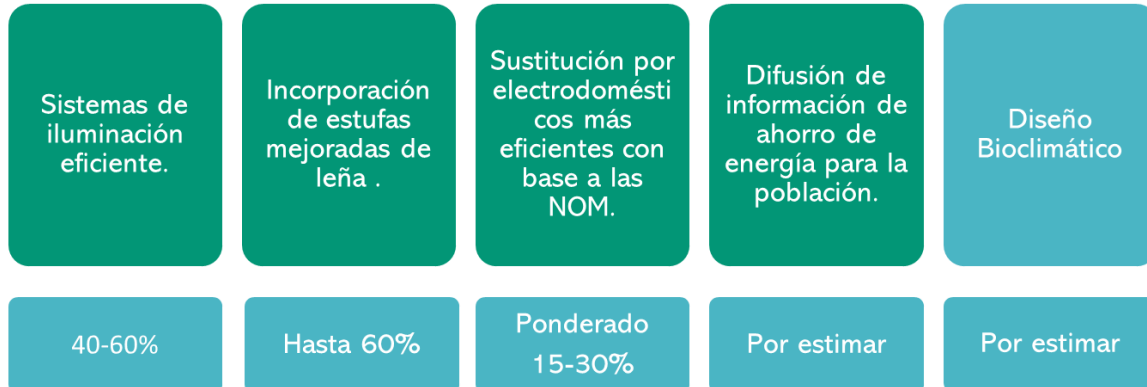


Figura 94. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector residencial y su porcentaje de ahorro energético

Sector Comercial y Servicios

El sector comercial y de servicios¹⁴ es uno de los sectores más atractivos para llevar a cabo la implementación de medidas de eficiencia energética, por un lado, porque dentro del mismo se encuentra la mayor cantidad de unidades económicas, y por otro, por la variedad de energía utilizada para satisfacer los diferentes usos finales.

Distribución de unidades económicas

Existen 303,404 u.e., dentro del sector, correspondientes a 563 diferentes tipos de actividades, siendo de los sectores más diversos respecto a otros estados.

Las 10 actividades con mayor presencia dentro del estado suman un total de 112,549 u.e., lo que corresponde al 37.1% del total estatal. A continuación, se observa el tipo de actividad y el número

de unidades correspondientes a las mismas:

¹⁴ Se nombrará solamente como sector comercial. Hace referencia a ambos.



Tabla 34. Actividades correspondientes a sector comercial y servicios con mayor participación dentro del estado. Fuente: (INEGI, 2021)

Actividad	Número de U.E.	Participación
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	40,008	13.2%
Restaurantes con servicio de preparación de antojitos	13,363	4.4%
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	11,525	3.8%
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	7,933	2.6%
Asociaciones y organizaciones religiosas	7,526	2.5%
Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	7,505	2.5%
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	6,641	2.2%
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	6,225	2.1%
Comercio al por menor de carnes rojas	5,920	2.0%
Comercio al por menor de artículos de papelería	5,903	1.9%

El sector comercial es uno de los sectores más atractivos para llevar a cabo la implementación de medidas de eficiencia energética, por un lado, porque dentro del mismo se encuentra la mayor cantidad de unidades económicas. Por otro lado, permite planear o sugerir políticas públicas para gran cantidad de la población.

Dentro del mismo, existen 128 mil unidades correspondientes a comercio al por menor y 8 mil u.e. de comercio al por mayor.

En este sentido destaca el comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas con 40 mil u.e. A su vez, existen 34.7 mil restaurantes y 9.6 mil escuelas. También se cuenta, con

332 hospitales tanto públicos como privados y existen 1,435 hoteles.

Consumo energético y usos finales dentro del sector

El consumo energético dentro del sector se coloca como el tercer mayor consumidor de electricidad dentro de la entidad con el 7.56% y el segundo mayor consumidor de G.L.P. con el 15% del total.

El sector comercial y servicios cuenta con un consumo energético de 6.73 PJ. Como se observa en la matriz, presentada en la gráfica, dentro de este, el 45% se da a través de gas LP, 54% de electricidad y el 1% de consumo de gas natural (seco).

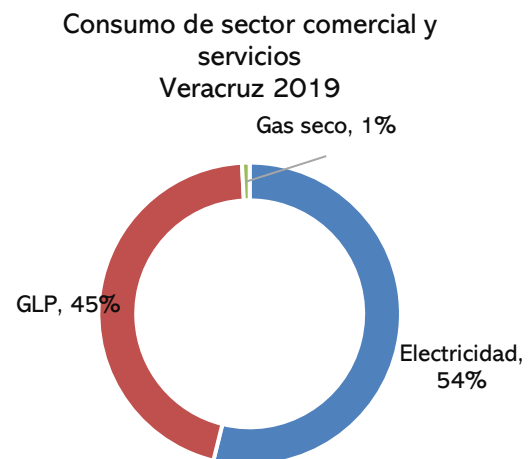


Figura 95. Consumo de energía en el sector comercial y servicios Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la diversidad de procesos y servicios entregados por el sector comercial es heterogénea.

Para obtener la distribución de usos finales dentro del sector, se toma como base la publicación *Retos y oportunidades*



para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicios, elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Morillón, Escobedo, & García-Kerdan, 2015).

En este sentido, los usos finales de acuerdo al giro de la actividad económica son variables, por lo que la distribución de los mismos dentro de las actividades analizadas es heterogénea.

Considerando como base lo anterior, vinculado al diagnóstico energético, la presencia de las unidades económicas y los usos finales de energía en algunos edificios del sector comercial y servicios, se desarrollan una serie de medidas aplicables a diversas u.e.

Con base en (Morillón, Escobedo, & García-Kerdan, 2015) la distribución de usos finales para edificios comerciales y de servicios en clima cálido húmedo se observa en la

Tabla 35.

Tabla 35. Usos finales de energía por tipo de edificio comercial y de servicios en clima cálido húmedo.
Fuente: Elaboración propia con información de (Morillón, et al., 2015).

Edificio	Aire					
	acondicionado	Iluminación	Refrigeración	Motores	Misceláneos	Otros
Hoteles	54%	31%	1%	3%	0%	11%
Oficinas	23%	54%	3%	10%	7%	3%
Escuelas	5%	78%	0%	6%	10%	0%
Hospitales	40%	31%	10%	10%	5%	4%
Restaurantes	19%	38%	40%	0%	0%	4%
Tiendas/ Centros Comerciales	46%	43%	6%	4%	0%	1%

A continuación, se describen las medidas correspondientes al sector y los beneficios traídos consigo. Al final de la descripción se muestra un esquema (Figura 96) con valores de ahorro ponderados para cada tecnología o uso final, obtenidos de diversos estudios, investigaciones y proyectos realizados por diversas instituciones tanto públicas como privadas.

Al igual que en los sectores anteriores, las medidas descritas no son limitativas, sino

dan un enfoque general de medidas aplicables en una gama de comercios con diferente actividad con usos de energéticos y energía eléctrica y térmica, principalmente.

Aislamiento térmico y Aislamiento en Refrigeración.

El aislamiento térmico permite conservar el calor o el frío dentro de un espacio. Por consiguiente, disminuye el uso de aparatos para la climatización de



espacios. Lo cual tiene como efecto directo el ahorro energético y económico.

La generación de regulaciones para el establecimiento de límites mínimos de aislamiento en el sector comercial es una alternativa necesaria.

Para el caso de cámaras frigoríficas o salas de procesos se busca la estanqueidad, es decir, tener la menor pérdida de temperatura para que los procedimientos realizados se lleven de acuerdo con estándares y los productos elaborados no disminuyan su calidad. En estos casos, el uso de materiales aislantes como paneles en las paredes, losas y techo con el grosor necesario permite un aislamiento correcto.

A su vez, para el caso de las envolventes de los edificios, es conveniente realizar auditorías con base en la NOM-008-ENER-2001 en la cual se establecen los parámetros de la ganancia de calor de edificaciones no residenciales a través de su envolvente.

Manejo de condensado de vapor.

El manejo del condensado de vapor se basa en la recuperación de agua y calor de los procesos generadores de vapor del sistema como en sistemas que incluyen calderas o intercambiadores de calor, así como en la distribución del mismo, con el fin de obtener ahorro energético. Es decir, reutilizar el vapor generado para poder tener ahorros del agua de alimentación, así como obtener un ahorro en la generación de vapor al recircular agua a una temperatura superior a la de entrada.

Ajuste de combustión en calderas.

El ajuste en la combustión de calderas permite mantener la relación aire-combustible en un nivel óptimo, a su vez, maximiza el ahorro de combustible, así como la eficiencia de las calderas.

Al conseguir la optimización del uso del combustible es posible obtener ahorros económicos. Por su parte, una buena relación aire-combustible y el ajuste de los quemadores de acuerdo a la carga de operación real se obtienen menos emisiones contaminantes.

Recuperación de gases de calor.

La recuperación de gases de calor tiene dos objetivos principales:

1. Reutilización del calor emitido por los subproductos o productos de un proceso.
2. Reducir la contaminación térmica al disminuir la temperatura del calor residual.

Para llevar a cabo dicho procedimiento se utilizan diversos equipos, siendo los recuperadores de gases de combustión los principales, y que utilizan el calor residual como intercambiador de calor con otro fluido (calentamiento de agua y/o calentamiento de aire). En este sentido se denominan economizadores, recuperadores o calentadores del fluido.

Recuperación de calor de purga en calderas.

La recuperación del calor se obtiene debido al requerimiento para el control del número total de sólidos disueltos en el agua contenida en la caldera. La purga se realiza a través de una válvula permitiendo descargar el agua contenida.



Una vez realizada la descarga se aumenta la eficiencia energética del sistema cuando se coloca un intercambiador de calor destinado a aumentar la temperatura del agua de alimentación.

Colocar quemadores de alta eficiencia en calderas.

El recambio o ajuste de los quemadores, ya sea por el tipo de quemador pasando de quemadores de marchas a quemadores modulantes, o bien, ajustando los controles de aire y gas necesarios en el proceso; como también modificando el energético utilizado, y, por lo tanto, teniendo un cambio de quemadores existentes por los de alta eficiencia. Todo ello supone un ahorro en el combustible utilizado, derivando en la disminución de costos y reduciendo la cantidad de emisiones.

Sistemas de Iluminación eficientes.

Al igual que en la mayoría de los sectores, la instalación de sistemas de iluminación eficiente pretende aumentar la eficiencia energética. En este sentido, la mejora del consumo energético en el principal uso final de energía eléctrica en el sector es posible a través de la implementación de programas y regulaciones que fomenten o impulsen la adquisición de luminarias LED de forma masiva y a un precio asequible.

- NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-028-ENER-2010. Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
- NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.

Cogeneración.

La cogeneración mejora el aprovechamiento de la energía ya que genera energías útiles térmica y eléctrica simultáneamente. En este sentido, el aprovechamiento del consumo energético mejora sustancialmente. En su aplicación más amplia, aprovecha el calor residual en la producción de energía eléctrica.

Cabe mencionar, que la aplicabilidad de la cogeneración depende de los requerimientos energéticos de los procesos en donde se desarrollará.



Medidas en Sector Comercial

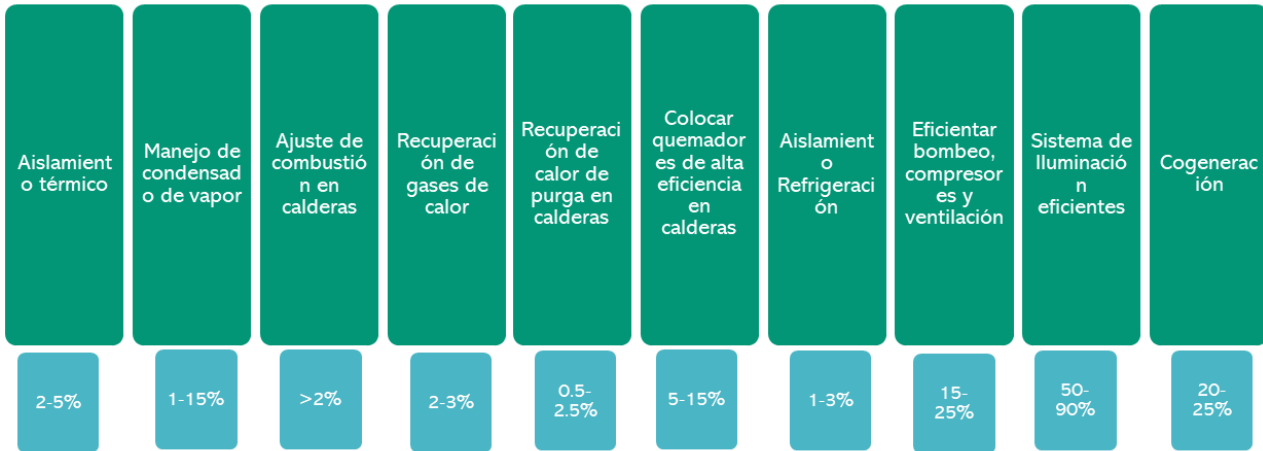


Figura 96. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector comercial y su porcentaje de ahorro energético

Sector Público

El consumo energético en el sector público corresponde al 0.3% del total consumido en la entidad con 1.3 PJ.

Con la información reportada a través de (SENER, Sistema de Información

Energética, 2021) se cuenta con electricidad como energético utilizado. La distribución del mismo se da en dos usos finales:

- Electricidad para alumbrado público;
- Electricidad para bombeo de agua



Consumo energético sector público Veracruz 2019

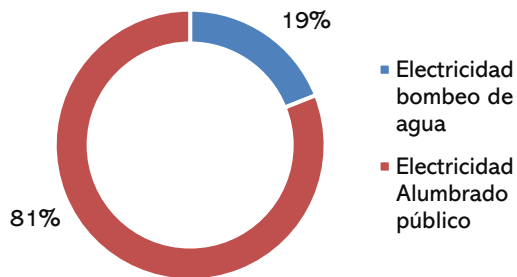


Figura 97. Consumo de energía en el sector público Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)

Sin embargo, se entiende que el alcance del sector puede darse con otros servicios públicos dentro de la entidad.

Con base en esto, las medidas de eficiencia energética descritas a continuación engloban 4 actividades principales desempeñadas dentro del sector público.

La importancia de dichas medidas en el sector radica en tener impactos directos e indirectos con la sociedad, es decir, inciden en el modo de vivir de las personas y mejoran la calidad de vida de las localidades.

Primero, se describe lo relacionado con distribución de productos y recolección de residuos, al poder implementar mejoras tanto en logística, gestión y ahorros derivados de los mismos.

Después se analiza, el sistema de alumbrado público, el cuál trae tanto beneficios energéticos, ahorros

económicos como también impactos sociales.

Como tercera medida se describe la mejora de la eficiencia en la tecnología para el bombeo de agua. Por último, se analiza el cambio por iluminación eficiente en edificios correspondientes a la administración pública.

Estrategias de distribución de productos y recolección de residuos.

Como objetivo se plantea, cumplir con las políticas y normatividad ambiental, con el fin de propiciar una estrategia transversal, tanto para la población en general como para los sectores industrial, comercial y agropecuario.

La generación y aplicación de estas estrategias permite integrar tecnología, fomentar inversión, empleo, y a su vez, generar ahorros tanto energéticos (al efficientizar procesos y traslados) como la disminución de emisiones.

Por otra parte, como objetivo se encuentra concientizar a la población sobre la disposición de residuos; al sector comercial e industrial sobre la forma de gestionar la distribución de productos. De igual forma, conservar los recursos naturales, así como fomentar y mejorar la salud pública.

Sustitución de sistemas de alumbrado público.

La sustitución de sistemas de alumbrado público trae consigo beneficios tanto ambientales, económicos y mejoras en la calidad de vida de las personas,



ofreciendo espacios más iluminados y seguros.

En este sentido, el objetivo planteado es la sustitución del alumbrado actual por tecnología más eficiente siguiendo la normatividad vigente.

La sustitución de estos elementos se debe basar en la NOM-031-ENER-2012 correspondiente Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba.

Mejorar eficiencia de tecnología para bombeo de agua.

Con el fin de mejorar la eficiencia energética en la tecnología de bombeo de agua, se pueden seguir las mejores prácticas, manuales y cambios en procesos o manejo de tecnología para tener un sistema más eficiente. En este sentido, se parte de auditorías en las que se pueda determinar los cuellos de botella del sistema y las principales áreas de mejora como podría ser las pérdidas en el bombeo, pérdidas de carga, fugas o pérdidas eléctricas.

Con este fin, las mejoras en el sistema intervienen tanto en procesos como en la

operación del mismo estimando un ahorro en la factura eléctrica.

Sistemas de iluminación eficiente.

La sustitución de sistemas de iluminación eficiente es aplicable en edificios correspondientes a la administración pública, hospitales, centros de reinserción social, así como en edificios correspondientes al sistema educativo.

Esta medida de mejora en la eficiencia energética trae consigo beneficios económicos, ambientales y la mejora la calidad de los espacios de trabajo de los empleados.

Para ello, al igual que en sector comercial, se debe de tomar en cuenta las siguientes Normas Oficiales:

- NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.
- NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización).



Medidas en Sector Público

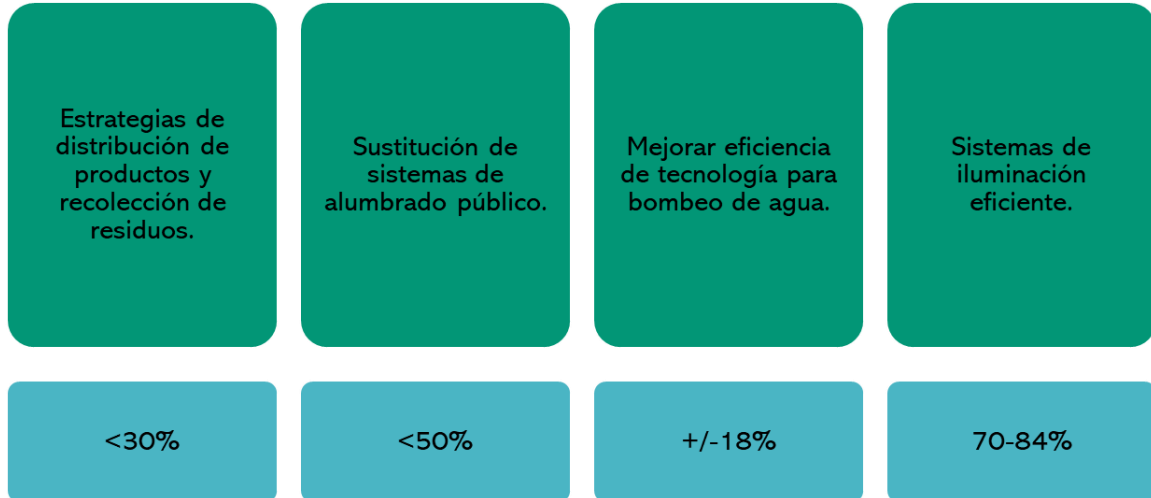


Figura 98. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector público y su porcentaje de ahorro energético

Sector Transporte

El sector transporte es el sector con mayor consumo energético con una participación del 48.6% (196.7 PJ) del total estatal.

Presenta una gran área de oportunidad al tener una matriz compuesta en su totalidad por energéticos fósiles, siendo los principales, gasolina y diésel (92.4% del consumo por energético del sector).

Consumo energético sector transporte Veracruz 2019

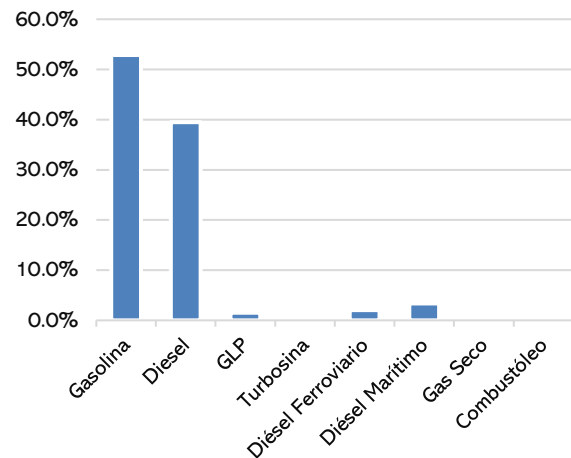


Figura 99. Consumo de energía en el sector transporte Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)



El establecimiento de medidas de eficiencia energética en este sector permite atacar diversos problemas, tanto ambientales como sociales. Además, la importancia de ser el principal consumidor de energía dentro de la entidad hace que el establecimiento de medidas sea una cuestión imperativa.

En la actualidad, con datos de INEGI (INEGIb, 2021) se cuenta con 2.138 millones de vehículos de motor registrados en circulación.

A continuación, se describen medidas que permiten servir de apoyo en la mejora del sector autotransporte, se muestran aspectos como la normatividad y el mejoramiento del sistema de transporte público, así como incentivar el uso del mismo.

Mejorar la normatividad aplicable para eficientar la tecnología en uso promoviendo el uso de vehículos más nuevos y eficientes.

La generación de incentivos para poder tener acceso a tecnología más eficiente y asequible, tanto para uso del sector privado como para el sector de transporte público es necesaria en el sector.

La mejora en la normatividad pretende que el incremento dado en el parque vehicular sea a través de la tecnología más eficiente.

Incentivar el uso compartido del auto

Esta medida explora la modificación de hábitos en el uso de transporte privado, tanto para centros de trabajo como para desplazamientos de la población en general.

Incide en el indicador vehículo-km-pasajero, evitando recorridos de un solo conductor y fomentando el transporte privado compartido de forma segura, trayendo consigo ahorros energéticos y disminuyendo las emisiones de gases contaminantes.

Sustitución de autobuses por transporte público de carril exclusivo.

La medida de sustitución de autobuses (parcial o total) por transporte público articulado genera un sistema de transporte con mayor conexión e integración. Considera la disminución de emisiones al reducir el indicador vehículo-pasajero-km.

Se debe de tener en consideración la orografía del lugar y estudios de movilidad urbana para poder identificar los principales tramos de desplazamiento de la población. Es imperativo analizar la inclusión de las poblaciones vulnerables y marginadas.

Como objetivo se tendrán recorridos en el menor tiempo posible, mejor conectados y más seguros. Con ello, atraer beneficios urbanos, ambientales y sociales.

Realizar periódicamente prácticas de inspección y mantenimiento preventivo en flotillas municipales.

Intensificar las prácticas de inspección y mantenimiento en las flotillas de transporte público colectivo municipal, con el objeto de disminuir el número de automotores con altas emisiones por la mala combustión dentro de los mismos.



Incentivar el uso del transporte público.

El incentivar el uso de transporte público permite cambiar los hábitos de las personas y evitar el aumento del parque vehicular en horas pico, así como disminuir el consumo de energía y la disminución de emisiones.

Sin embargo, dicha implementación va de la mano con otros procesos, como lo son: mejorar el sistema de transporte, optimizar los tiempos de recorrido, promover el sistema de transporte público seguro y confiable; así como la asequibilidad del mismo para toda la población.

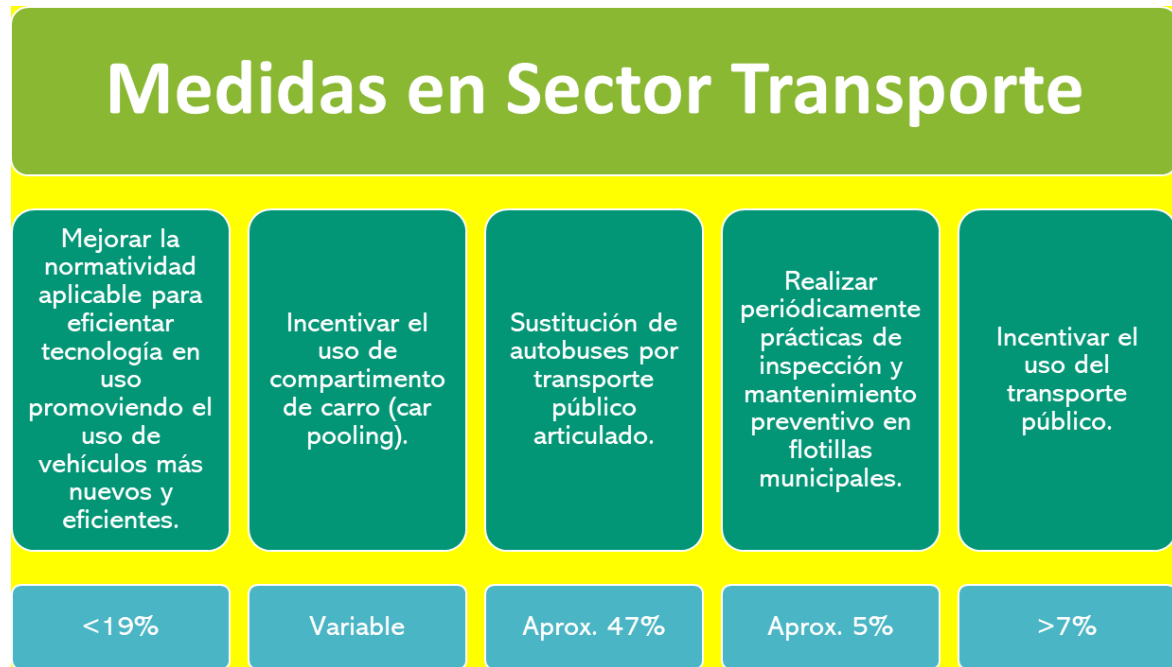


Figura 100. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector transporte y su porcentaje de ahorro energético

Sector Agropecuario

El sector agropecuario es el sector con menor consumo energético dentro de la entidad. Sin embargo, su importancia radica en evitar el estancamiento del mismo y poder generar mejores y más productos con menor consumo energético.

Con un total de 0.78 PJ consumidos en el año 2019, el 29% corresponde a consumo de gas L.P y el 71% se da en consumo de energía eléctrica.



Consumo sector agropecuario
Veracruz 2019

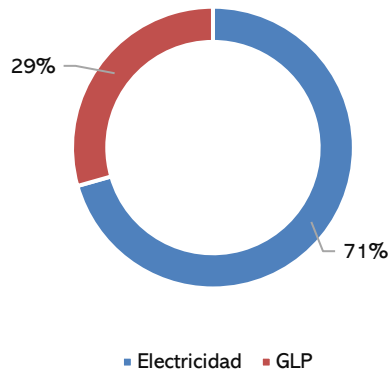


Figura 101. Consumo de energía por tipo de energético en sector agropecuario. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)
A pesar de no tener un impacto tan grande en ahorro de energía, es fundamental no dejar de lado la importancia del sector frente al consumo de alimentos dentro de la entidad. Además de mejorar la calidad de vida de población trabajadora en el sector.

Dentro del sector existen 2,314 u.e. repartidas en 14 tipos diferentes de actividades, siendo la pesca y captura de

peces, crustáceos, moluscos y otros; en conjunto con la pesca de camarón las 2 principales actividades el estado, abarcando el 90% del total de u.e. dentro de la entidad, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 36. Actividades correspondientes a sector agropecuario con mayor participación dentro del estado. Fuente: (INEGI, 2021)

Nombre de actividad	Número de U.E.	Participación de U.E.
Pesca y captura de otros peces, crustáceos, moluscos y otras especies	1863	80.51%
Pesca de camarón	217	9.38%
Piscicultura y otra acuicultura, excepto camaronicultura	136	5.88%
Beneficio de productos agrícolas	64	2.77%
Pesca de túnidos	9	0.39%
Servicios relacionados con la cría y explotación de animales	7	0.30%
Servicios de fumigación agrícola	6	0.26%
Otros servicios relacionados con la agricultura	4	0.17%
Camaronicultura	2	0.09%



U.E. en sector agropecuario

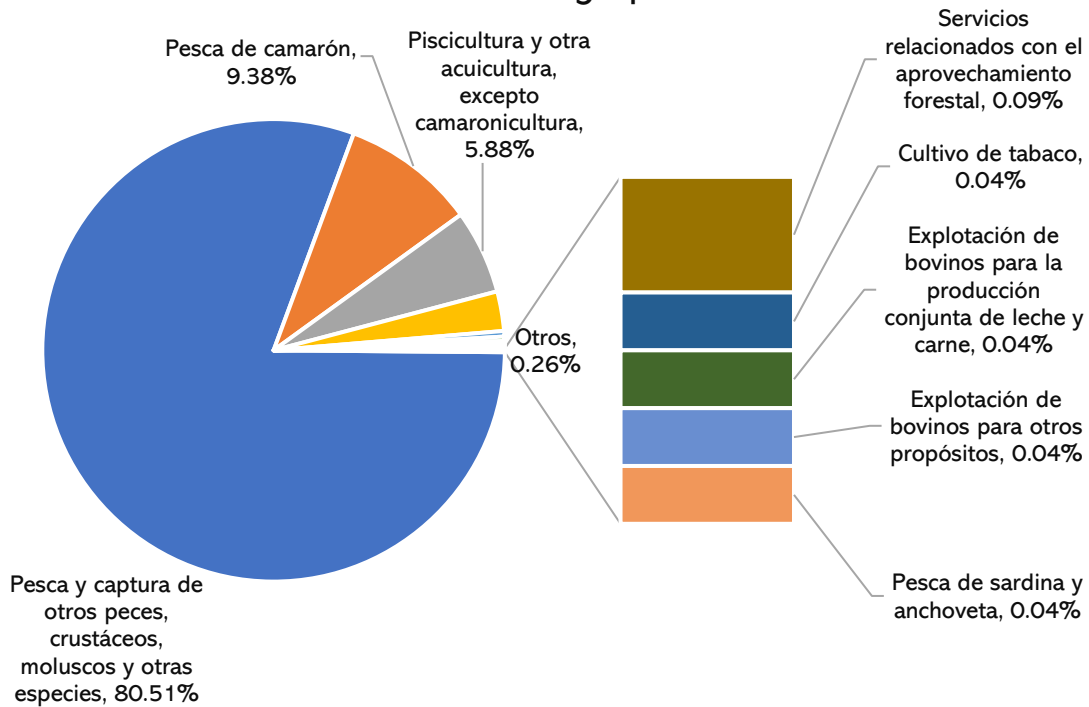


Figura 102. Actividades del sector agropecuario en Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (INEGI, 2021)

Para la descripción de las medidas se considera la pesca como eje rector. En este sentido, se busca generar valor al sector y tener un mayor impacto en la economía de la entidad.

A continuación, se describen las medidas correspondientes.

Mejorar Eficiencia en procesos de pesca.

En cuanto a mejorar el sistema de pesca existen diversas medidas posibles, entre ellas se encuentran las siguientes:

- ➔ Auditar el diseño del sistema:

La verificación del diseño del sistema permite conocer la cantidad y calidad de los recursos disponibles; el tamaño de las componentes y especificaciones óptimas para el sistema. A su vez, permite identificar si el diseño del sistema es adecuado y si la tecnología y componentes se encuentran en las mejores condiciones posibles.

Los ahorros energéticos se centran en eficientar el sistema tecnológico, y, por ende, trabajar en tiempo y forma óptima, lo cual traerá consigo beneficios en el consumo de energéticos; económicos y también ambientales, al evitar el desperdicio de recursos.





→ Tiempos de pesca necesarios

El identificar el tiempo de pesca con el cuál se está llevando a cabo el proceso permite adaptarlo de acuerdo a la necesidad. Con esta aplicación se mejora la eficiencia del sistema al evitar tiempo de pesca y desperdicio de recursos.

→ Capacitación a recurso humano

La capacitación y actualización del recurso humano encargado de llevar a cabo los diferentes procesos permite mejorar hábitos e implementar las mejores prácticas posibles en el sector.

Las capacitaciones permiten efficientar los procedimientos dentro del sistema y el proceso en general, trayendo consigo ahorros en tiempo, energéticos y evitando desperdicios.

Sustitución de maquinaria, tractores y camiones con mayor eficiencia energética.

La tecnificación del sector agropecuario tiene, entre sus ventajas, evitar el estancamiento. La modernización tanto de maquinaria, tractores y camiones permite obtener mayor rendimiento el uso del combustible, emitir menor cantidad de contaminantes y mejorar los procedimientos realizados en el día a día. A su vez, permite empoderar al recurso humano dentro del sector.

Mejora en eficiencia de generación de calor y funcionamiento de calderas.

La mejora en la eficiencia en generación de calor y funcionamiento de calderas se puede realizar a través de diversos métodos, entre ellos, se encuentra el cambio del energético utilizado, el cambio de la tecnología o, como se mencionó en

sectores anteriores, la utilización de intercambiadores de calor para poder aprovechar el calor residual, así como su aplicación en otros procesos.

Por otra parte, la regulación de la temperatura y calor en algunas actividades, como los invernaderos, es fundamental. El control sobre la cantidad necesaria de dichos parámetros es fundamental para efficientar el uso de energía dentro de los mismos. Un uso óptimo de climatización permitirá mejorar el proceso de cultivo y/o crianza de animales, así como aprovechar al máximo los recursos energéticos.

Sistemas de iluminación eficiente.

Los sistemas de iluminación son de gran importancia en el sector. La utilización de los mismos es de uso variado. Por una parte, puede usarse para el criadero; por otra, para horticultura. O bien, para procesos en general e iluminación de espacios.

De acuerdo al uso final dado es posible encontrar áreas de mejora. En la actualidad existen alternativas como sistemas de iluminación LED, los cuales traen consigo ahorros energéticos considerables.

Se debe de tomar en cuenta, el tiempo de exposición requerido, el espectro lumínico necesario, el espacio en el que se encuentran y la adaptación de tecnología para la automatización y control de los sistemas.

La mejora en los sistemas de iluminación trae consigo la mejora en el producto final, y a su vez, beneficios en el consumo de energía.





Medidas en Sector Agropecuario

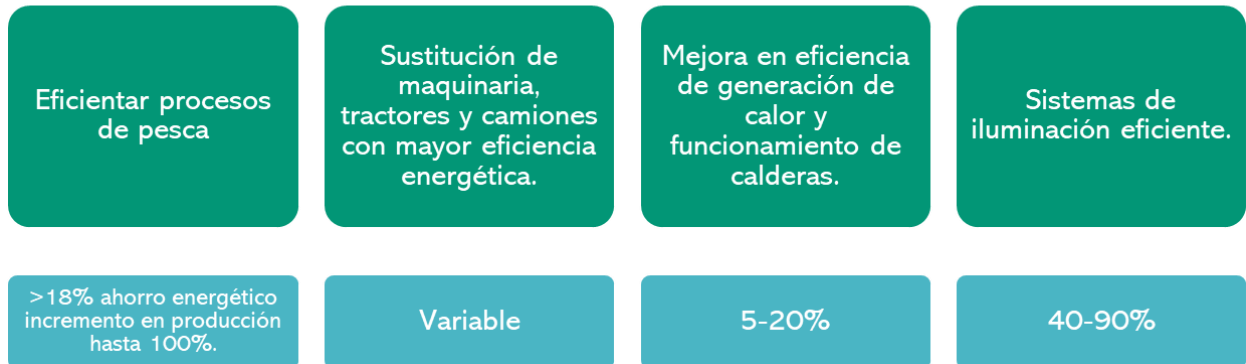


Figura 103. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector agropecuario y su porcentaje de ahorro energético





VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



AEEV
AGENCIA ESTATAL DE ENERGÍA
VERACRUZ



Perspectiva de género



La perspectiva de género es un elemento fundamental para la Estrategia de Transición energética del Estado de Veracruz, y es un eje transversal en el que se alinean y definen las líneas de acción de este documento.

En consecuencia, se ha realizado un estudio consistente en 2 etapas para asegurar que la Estrategia que las líneas de acción plasmadas no afectarán de forma negativa la equidad entre hombres y mujeres, reconociendo de antemano la brecha sistémica que existe entre ambos géneros.

La primera etapa consiste en el diagnóstico en materia de perspectiva de género para el estado de Veracruz, con un

enfoque holístico, pero en torno al sistema energético del Estado. La segunda etapa consiste en la revisión de las líneas de acción establecidas en la sección anterior de este documento, desde una perspectiva de género, para indicar recomendaciones y puntos clave a seguir en la ejecución de dichas líneas de acción. A continuación se presentan los resultados para el diagnóstico en materia de género para el estado de Veracruz, el cual se basa por una parte, en la participación de las mujeres en las actividades académicas y económicas relacionadas con el sector energético; y por otra, en la estructura institucional que apoya a reducir la desigualdad de género.

Diagnóstico de perspectiva de género en el estado de Veracruz

¿Por qué es fundamental incluir una perspectiva de género e igualdad sustantiva en una planeación energética?

Es un hecho que el sector energético es fundamentalmente masculino:

“Con relación al sector de electricidad, agua y gas, del total de población ocupada, solo dos de cada diez personas ocupadas son mujeres, es decir, el sector de

energía y agua es un ámbito poblado sobre todo por hombres (ver Figura 104). La apropiación masculina del sector energético ha propiciado que las actividades que se desarrollan en el sector energético mexicano estén sobrerrepresentadas por hombres y primordialmente matizadas con expectativas masculinas.” (CEPAL, 2020)



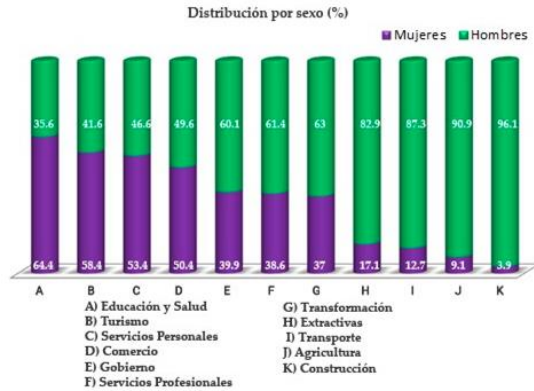


Figura 104. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020. Fuente: tomada de (STPS, 2020))

Como se ha documentado ampliamente en las últimas décadas, la construcción de sociedades más justas y equitativas pasa necesariamente por mejorar la calidad de vida de niñas, adolescentes y mujeres, que constituyen el 49.5% de la población mundial, lo cual incluye la eliminación de todas las formas de violencia contra ellas, y la construcción social de condiciones para superar las brechas, las desigualdades en el acceso a recursos y oportunidades y la inclusión de asuntos y temáticas asociados al bienestar de la sociedad en su conjunto.

Una perspectiva de género y de igualdad sustantiva, que garantice el pleno disfrute de los derechos humanos y proporcione la igualdad de oportunidades mediante la garantía de la igualdad de los resultados, debe construir medidas efectivas y aprovechar el ordenamiento jurídico, institucional y social para construir el disfrute efectivo de los derechos, en este caso, para niñas, adolescentes y mujeres.

Para proponer y pensar la transición energética desde una perspectiva de

género y de igualdad sustantiva, se analizan las siguientes tres dimensiones:

1. La brecha en la participación de las actividades laborales y educativas y especialmente en la cadena energética, esto es, la participación laboral de hombres y mujeres, y la participación de hombres y mujeres en carreras afines al sector energético.
2. Los consumos energéticos diferenciales entre hombres y mujeres, esto es, si existe información disponible de cómo las mujeres y los hombres consumen diferentes tipos de energía de acuerdo con las actividades asociadas a los roles.
3. La economía del cuidado, asociada a la planeación estatal y como una responsabilidad pública, alude a la adecuación de los sistemas públicos de cuidado: salud, educación básica, saneamiento, cuidado de personas enfermas, cuidado de la primera infancia, ocio y esparcimiento en espacios públicos y eliminación de las formas de violencia contra niñas, adolescentes y mujeres.

Datos sobre la participación de mujeres en el ámbito académico, laboral, posición en la estructura organizativa y nivel de remuneraciones

Veracruz tiene 8.062.579 habitantes, de los cuales 4,190,805 (51%) son mujeres y 3,871,774 (49%) son hombres. Es el cuarto estado del país, con el mayor número de habitantes y su densidad



poblacional es de 122 por kilómetro cuadrado.

Habitantes por edad y sexo

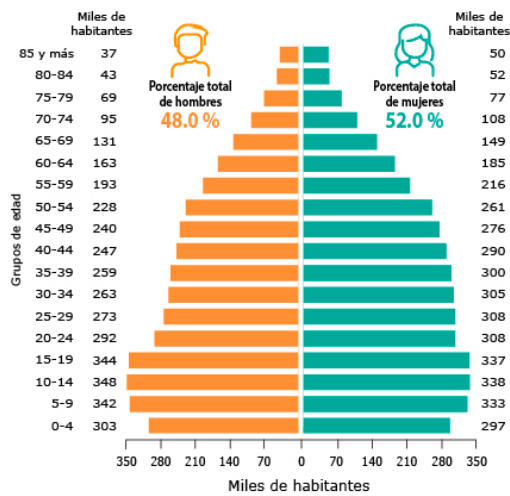


Figura 105. Habitantes por rangos de edad y sexo en la Veracruz. Fuente: INEGI, 2020

Veracruz ocupa el 5° lugar con el menor grado de escolarización, en la población de 15 con un promedio de 8.7 años de escolaridad. Por otra parte, de cada 100 personas de 15 años en adelante, 8 no tienen ningún grado de escolaridad, 52 tienen la educación básica terminada, 22 finalizaron la educación media superior y 18 concluyeron la educación superior. Podemos observar que en general, la asistencia escolar, en todos los rangos de edad, es mayor en las mujeres (INEGI, 2020).

Asistencia escolar por grupos de edad y sexo 2020

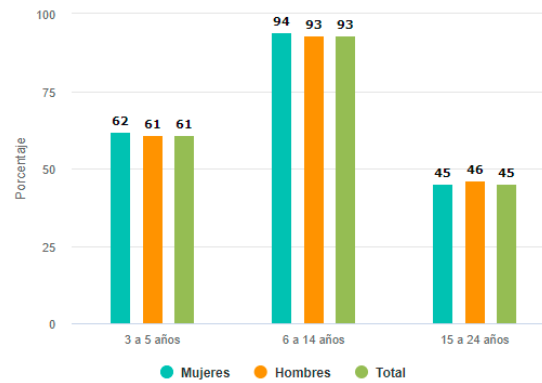


Figura 106. Asistencia escolar en la Veracruz por grupos de edad y sexo 2020. Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2020

Para el censo del 2020 la población de Veracruz en 62% vive en localidades urbanas. A pesar de esto, en el estado hay 19.500 localidades rurales y solo 345 localidades urbanas.

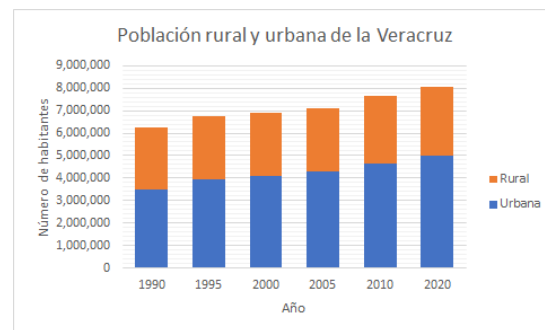


Figura 107. Población rural y urbana de Veracruz. Fuente: SEMARNAT, 2010; INEGI, 2020

Para el año 2020 en el estado la población en condición de pobreza extrema disminuyó significativamente. Según la Medición Multidimensional de la Pobreza en México (Coneval, 2020) del año 2018 al 2020 la pobreza disminuyó del 60.2% al 58.2% y la pobreza extrema bajó del 16.1% al 13.9% (CONEVAL, 2020).

Por su parte, existe un alto porcentaje de mujeres con edad para trabajar, pero muy pocas de ellas son económicamente activas o están ocupadas. Por el contrario,



a pesar de haber menos hombres con edad para trabajar, la mayoría se encuentran ocupados o económicamente activos (INEGI, 2020).

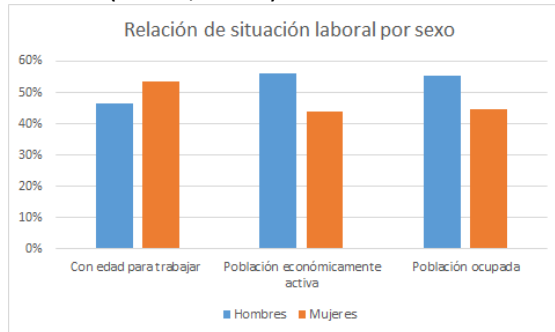


Figura 108. Situación laboral por sexo en Veracruz. Fuente: (INEGI,2020)

En cuanto a la participación educativa de las mujeres en los campos de electricidad y generación de energía, de acuerdo con Ley y Centeno (CEPAL, 2020), por cada 7.6 hombres matriculados, se matricula 1 mujer; por cada 9.5 hombres egresados, egresa 1 mujer y por cada 8.6 hombres titulados, se titula 1 mujer. Esto indica un aumento de la brecha en la participación de las mujeres en la educación relacionada con el sector energético.

A partir del ordenamiento y análisis de datos e indicadores secundarios consultados en los sistemas de cuentas nacionales y de relevancia para la posición que ocupan las mujeres respecto a los hombres en ámbitos públicos y privados, tales como situación laboral, niveles de ingresos en el sector y en los hogares, niveles educativos, entre otros, se puede presentar una aproximación del grado de igualdad que se presenta en la entidad federativa en estos rubros. La información presentada emplea datos obtenidos del INEGI en la Encuesta de Ingreso y Gasto de los Hogares 2018, el Censo Económico 2019 y el Censo de Población y Vivienda 2020.

En cuanto al ámbito laboral, los datos más desagregados por sexo son el subsector 221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final, situación que impide acotar en las unidades económicas que se dedican a la energía exclusivamente. Sin embargo, y como se puede observar en las gráficas de la fig, la brecha de género en la participación laboral en el sector energético es mayor en Veracruz con respecto a los indicadores nacionales; en especial en el personal ocupado total, mujeres que obtienen paga y contratadas por honorarios, comisiones o sin salario fijo.

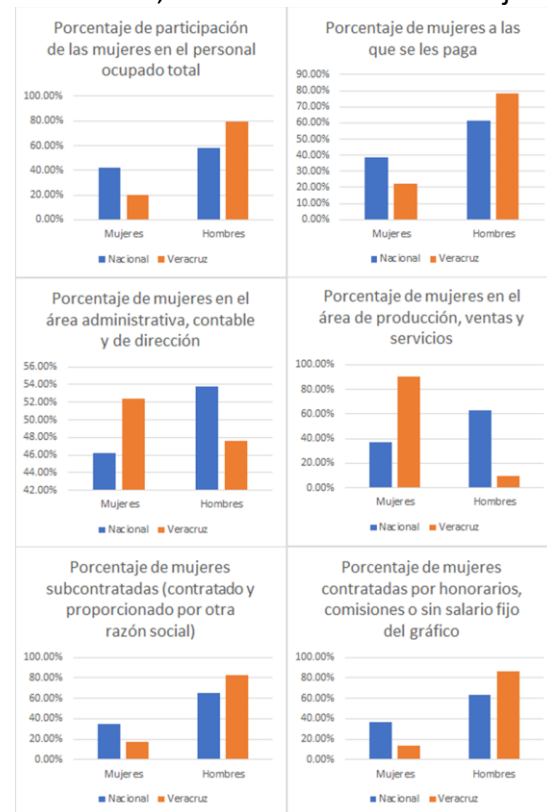


Figura 109. Participación de las mujeres en el subsector 221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final. Fuente:



elaboración propia con base en INEGI, Censo Económico, 2019

La brecha de ingreso trimestral entre hombres y mujeres en todos los niveles de escolaridad presenta niveles significativos en los datos observados. Se advierte que para todos los niveles de escolaridad los ingresos de los hombres superan a los de las mujeres, especialmente cuando se incrementa el nivel de escolaridad, lo cual tiene implicaciones importantes en el sector energético, donde el trabajo requiere crecientes niveles de profesionalización y especialización, acrecentando la brecha salarial entre hombres y mujeres y exacerbando el problema de desigualdad y la brecha de acceso y participación laboral de las mujeres en el sector.

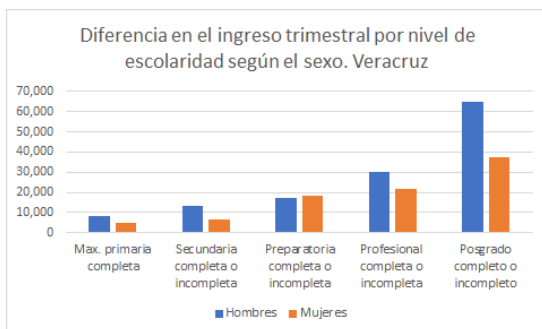


Figura 110. Diferencias en el salario según el sexo y la escolaridad en Veracruz. Fuente: elaboración propia con base en ENIGH, 2018

Diagnóstico institucional en materia de género

Este ejercicio consta en traducir la información cualitativa sobre el grado en el que las instituciones facilitan, promueven o vigilan acciones concretas en torno a la generación de estrategias que aumenten los niveles de igualdad sustantiva en el sector energético, a través de 3 rubros:

- la aplicación del marco jurídico para la igualdad entre mujeres y hombres y el acceso de las mujeres a una vida libre de violencia en el sector energético;
- los mecanismos de vigilancia y alerta para el sector, y
- los mecanismos de transparencia aplicables en el contexto del caso a las instituciones, la organización comunitaria y la empresa.

Marco jurídico en materia de género

El marco jurídico en materia de género, a nivel internacional y federal aplicable al estado de Veracruz es el siguiente:

- Objetivos de Desarrollo Sostenible Organización de las Naciones Unidas. A través de los objetivos 1 (fin de la pobreza), 5 (igualdad de género), 7 (energía asequible y no contaminante), 8 (trabajo decente y crecimiento económico), 10 (reducción de las desigualdades), 13 (acción por el clima), 16 (paz, justicia e instituciones sólidas) y 17 (alianzas para lograr los objetivos).
- Las áreas de trabajo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe: Área 1 “Asuntos de género” y área 6 “Desarrollo sostenible y asentamientos humanos”.
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 “No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera”, en los ejes 1, 2 y 3.
- El capítulo IV - De la Igualdad entre Mujeres y Hombres, del Título Tercero – De los lineamientos generales para el Ejercicio Fiscal; y el inciso XV del capítulo II – De las



erogaciones, del Título Primero De las asignaciones del Presupuesto de Egresos de la Federación, del Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2021.

A nivel estatal, se encuentra el Instituto Veracruzano de las Mujeres, además de la Ley para la Igualdad entre Mujeres Y Hombres para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave y la Ley de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

Además, se encuentran los siguientes programas:

- Programa Anual de Trabajo para la Igualdad y No Violencia de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA)
- Programa Anual de Trabajo para la Igualdad y No Violencia de la Secretaría de Educación de Veracruz

- Programa Anual de Trabajo para la Igualdad y No Violencia de la Unidad y No Violencia de la Unidad de Género
- Programa Anual de Trabajo para la Igualdad y No Violencia de la Comisión del Agua
- Programa Anual de Trabajo para la Igualdad y No Violencia de la Secretaría de Salud

Finalmente, a nivel de iniciativas, se encuentran las siguientes:

- Unidad de Género de la AEEV
- Pronunciamiento de cero tolerancia al hostigamiento sexual y al acoso sexual en la Agencia Estatal de energía de Veracruz
- Primer Proyecto con perspectiva de género de electrificación rural en Zongolica, Veracruz por parte de la Comisión Federal de Electricidad
- Unidad de género del Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico





VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



AEEV
AGENCIA ESTATAL DE ENERGÍA
VERACRUZ



Metodología para definir los objetivos de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz



Los ejes de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz son los pilares fundamentales en el que se basan todas las acciones integradas en ella. Es por esta razón por la que su definición se valió de la metodología de marco lógico con la finalidad de asegurar que la Estrategia aporte valor al desarrollo del estado.

A continuación, se describe brevemente el proceso para la definición de los objetivos ejecutado en el presente proyecto.

Metodología de Marco Lógico

Esta herramienta analítica de planeación para la facilitación del proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos tiene un enfoque orientado hacia los objetivos, los beneficiarios y la participación y comunicación de los actores involucrados

(Practical Concepts Incorporated (PCI), 1979).

Como se detalla en el manual preparado por la CEPAL (Ortegón, 2005), el proceso del Marco Lógico parte del análisis de involucrados, es decir del estudio de quiénes serán los beneficiarios del proyecto y quiénes tendrán algún involucramiento. Después, se debe analizar el problema en el que se desea intervenir. Para ello, se cuenta con la herramienta del árbol de problemas que se explicará más adelante. Posteriormente se analizan las posibles soluciones, transformando el árbol de problemas en el árbol de objetivos o de soluciones. Finalmente, a partir del árbol de soluciones se pueden definir los objetivos del proyecto y las acciones que de ellos se derivan.

Análisis del problema

Para definir los objetivos de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz, es necesario estudiar la situación del estado, identificando el problema principal que se atenderá, sus causas y sus efectos.

De acuerdo con la metodología del marco lógico, el problema es aquella situación en la que el proyecto intervendrá, buscando generar un cambio positivo. A su vez, este problema tiene sus causas, las cuales son hechos o situaciones propias que deben identificarse para así ser modificadas. De la misma forma, el problema es causante de otras situaciones, conocidas como efectos, los cuales serán modificados de

forma indirecta al atender el problema y sus causas.

Se recomienda que el análisis del problema, sus causas y efectos se realice con la participación de diversos actores involucrados que proporcionen una visión holística.

El resultado del análisis puede concentrarse en un mapa conceptual en el que el centro es el problema y arriba se colocan los efectos y abajo las causas, asemejando así un árbol, razón por la cual a este diagrama se le denomina árbol de problemas.

Árbol de problemas del Estado de Veracruz





Figura 111. Árbol de problemas del sector energético en el estado de Veracruz.

Análisis de alternativas de solución

Una vez estudiado el problema y representado en el árbol de problemas, se obtienen las posibles soluciones. Para ello, en primera instancia, se transforman los elementos del árbol de problemas, que son esencialmente negativos, en elementos positivos que conforman el árbol de soluciones. Se analiza si la transformación de elementos “negativos” a “positivos” es suficientemente clara y

específica o si es necesario cambiar el enunciado.

Así, lo que se tenía como problema (el tronco del árbol de problemas) se transforma en el objetivo principal. Las raíces, que eran las causas del problema, se transforman en los medios para lograr el objetivo principal. Las ramas, que son los efectos negativos se transforman en los efectos positivos.



Árbol de soluciones del Estado de Veracruz



Figura 112. Árbol de soluciones hacia una transición energética para el estado de Veracruz.



Ejes de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz

A partir de las raíces y ramas del árbol de soluciones realizado a través de actividades participativas con el Grupo de Trabajo del Estado de Veracruz (medios y efectos), se definen los ejes que originan y dan soporte a todos los objetivos de este Programa. Estos 3

ejes nacen de las posibilidades de acción identificadas al relacionar los distintos medios y objetivos del árbol de soluciones, como se detalla a continuación.

E1. Impulso transversal
de la transición
energética

E2. Incentivar medidas
para el incremento de la
eficiencia energética

E3. Fomentar la inversión
en energías limpias y
renovables

Figura 113. Ejes de la Programa de Fomento y Aprovechamiento Sustentable de la Energía para el Estado de Veracruz



E1. Impulso transversal de la transición energética

Para asegurar el correcto avance de la transición energética en el estado de Veracruz, es necesario que se implementen líneas de acción desde varios frentes. El Eje 1 de esta Estrategia busca influir en temas académicos, informáticos, de difusión y de transporte.

El pilar principal del eje está considerado como la creación y actualización constante de un sistema de información energética para el estado, que permita concentrar los datos relativos a: la generación, transformación y consumo de energía. Además, exponer indicadores clave para la toma de decisión en el sector.

Esto contribuirá con: el establecimiento de políticas públicas firmes para la transición energética y entradas políticas y económicas y cambios ideológicos para el uso de recursos renovables, así como la investigación sobre los recursos y tecnologías disponibles para la generación de energía limpia en el estado; que a su vez permitan la consecución de los efectos: acciones coordinadas entre sectores económicos y niveles de gobierno para mejora de sector energético; mínima emisión de contaminantes y Gases de Efecto Invernadero; infraestructura suficiente para llevar energía a comunidades aisladas.

E2. Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética

A través la implementación de sistemas que incentiven el incremento de la eficiencia energética, estratégicamente en los sectores con mayor margen de mejora, se puede incidir directamente sobre el consumo final de energía térmica y eléctrica.

Esto impulsará un alto interés en la implementación de medidas de eficiencia energética en la industria; diversos incentivos económicos, fiscales y de mercado para el aprovechamiento de energías renovables y medidas de eficiencia energética; establecimiento de políticas públicas firmes para la transición energética; y cambios en usos y costumbres de consumo de energía. También contribuirá con la consecución de los efectos: mitigación de Cambio Climático; alta eficiencia en diversos sectores; alta competitividad y productividad de sectores económicos estatales; y mejora en el atractivo económico de la entidad.

E3. Fomentar la inversión en energías limpias y renovables

Impulsar mecanismos financieros y/o políticas públicas para el fomento de la inversión en tecnologías para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía a pequeña y gran escala con la finalidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles y sus consecuencias medioambientales.

Esto contribuirá con los medios: contar Diversos incentivos económicos, fiscales y de mercado para el aprovechamiento de



energías renovables y medidas de eficiencia energética; Impulso de políticas públicas que impidan el uso de combustibles fósiles; disponibilidad y asequibilidad de tecnologías limpias; y aumentar la entradas políticas y económicas y cambios ideológicos para el uso de recursos renovables. También contribuirá con la consecución de los

efectos: alto aprovechamiento de recursos renovables de la entidad; mitigación de Cambio Climático; Infraestructura suficiente para llevar energía a comunidades aisladas; estabilidad de precio de la energía; y consecuentemente, la mejora en el atractivo económico de la entidad.



Líneas de Acción



En la presente sección se detallan las Líneas de Acción a través de las cuales se impulsará, acelerará y fomentará la Transición Energética en el Estado de Veracruz.

Cabe señalar que la definición de las Líneas de Acción se realizó a través de un método de toma de decisiones multicriterio, conocido como Vector de Posición de Mínimo Arrepentimiento (VPMA, ver Anexo), en el que, de forma participativa, diversos actores de la administración pública estatal, sociedad civil, academia e iniciativa privada, priorizaron las Líneas de Acción según la evaluación que se obtuvo en los siguientes criterios:

- **Reducción de emisiones:** Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y compuestos contaminantes locales (Contaminantes criterio).
- **Costo de implementación:** Evalúa el nivel de inversión necesario para llevar a cabo la Línea de Acción.
- **Realismo:** Evalúa la presencia de recursos técnicos, humanos y económicos para implementar la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- **Tiempo de implementación:** Evalúa los requerimientos temporales de implementar la línea de acción, siguiendo parámetros de corto, mediano y largo plazo.
- **Oposición:** Evalúa la capacidad de la Línea de Acción de generar rechazo por parte de actores involucrados al llevar a cabo su implementación.
- **Atribuciones:** Evalúa la capacidad jurídica de la Agencia de Energía del Estado de Veracruz para llevar a cabo la implementación de la Línea de Acción.



Eje 1. Impulso transversal de la Transición Energética

Línea de acción 1.1.

Crear un sistema de información energética estatal de acceso público alojado en la página de la AEEV con información sobre el balance estatal de energía y los potenciales del estado en cuanto a generación renovable y eficiencia energética, así como vinculación de proyectos entre la AEEV, la iniciativa privada y la academia.

Línea de acción 1.2.

Llevar a cabo estudios enfocados a la evaluación del potencial, viabilidad y rentabilidad de cada tipo de energético renovable (solar, eólico, bioenergéticos y aprovechamiento de residuos, geotermia e hidroenergía) para su publicación en el sistema de información energética estatal.

Línea de acción 1.3.

Crear un catálogo de proyectos de eficiencia energética y energías renovables realizados dentro del estado tanto por la iniciativa privada como por la administración pública, para su monitoreo.

Línea de acción 1.4.

Crear una definición de pobreza energética para el estado y contar con información sobre la evolución de indicadores de pobreza energética.

Línea de acción 1.5.

Realizar campañas de comunicación de la importancia y beneficios de la eficiencia energética y el uso de energías renovables.



Eje 1. Impulso transversal de la Transición Energética

Línea de acción 1.6.

Vincular la investigación académica de licenciatura, maestría y doctorado con proyectos de eficiencia energética y energías renovables a través de un minisitio en el Sistema de Información Energética Estatal.

Línea de acción 1.7.

Proponer modificaciones a los planes de estudio de la educación media superior y superior para incluir educación ambiental en materia de cambio climático, sostenibilidad y transición energética.

Línea de acción 1.8.

Difundir, promover y fomentar el transporte privado de bajas emisiones (combustibles alternativos, bicicletas, motores eléctricos e híbridos).

Línea de acción 1.9.

Aumentar la iluminación y seguridad de las paradas y paraderos de taxis y transporte colectivo. Fomentar el transporte público mejorando la seguridad de las paradas y paraderos de taxis y transporte público y la iluminación con tecnología LED más eficiente.



Eje 2. Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia

Línea de acción 2.1.

Diseñar e implementar una estrategia para la recuperación y aprovechamiento del calor residual en el sector industrial del estado.

Línea de acción 2.2.

Desarrollar estrategias sectoriales sobre la implementación de sistemas de iluminación eficiente.

Línea de acción 2.3.

Desarrollar un esquema voluntario de cumplimiento para desarrolladores inmobiliarios que promueva la instalación de calentadores solares en nuevos proyectos residenciales.

Línea de acción 2.4

Desarrollar un esquema voluntario de cumplimiento de medidas de eficiencia energética en los sectores comercial e industrial, en el que se impulse el reacondicionamiento de equipos obsoletos para que cumplan con los nuevos estándares.

Línea de acción 2.5

Implementar estrategias de mantenimiento, reacondicionamiento y repotenciación de los sistemas de bombeo de agua del sistema público estatal para que cuenten con una mejor eficiencia energética.



Eje 3. Fomentar la inversión en energías renovables

Línea de acción 3.1.

Crear un sistema de soporte técnico y/o financiero para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de fuentes renovables a pequeña o gran escala, de tal forma que se ofrezcan apoyos enfocados en los siguientes rubros: gobernanza y concertación social.

Línea de acción 3.2.

Mejorar asequibilidad de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida para MiPyMEs a través de la vinculación entre proveedores y fuentes de financiamiento.

Línea de acción 3.3.

Realizar un proyecto en el que el estado apoye a un ejido para instalación de un sistema fotovoltaico de generación distribuida para beneficios propios.

Línea de acción 3.4.

Agrupar las cargas de la administración pública estatal para que sean servidas con energía limpia.

Línea de acción 3.5.

Incentivar la producción de Bioetanol de segunda generación (a partir de residuos) dentro del estado, así como su consumo en el parque vehicular.

Línea de acción 3.6.

Impulsar la regularización jurídica de combustibles alternos (Hidrógeno, gas natural y biocombustibles) y motores eléctricos para unidades actuales de transporte público.



Anexos



Anexo metodológico del Diagnóstico

Producción

La producción de energéticos primarios se divide en tres rubros: petróleo y gas natural, energéticos renovables y leña.

La producción de petróleo se estima a partir de la información de la Base de Datos Institucional de PEMEX (PEMEX, 2021) en su apartado *Pemex Exploración y Producción*, tabla *Producción de petróleo crudo y gas natural por entidad federativa*. La producción de gas natural se toma de la misma tabla.

La producción de energéticos renovables se estima a partir de la información generada para el análisis de la transformación de energéticos en centrales eléctricas (incluyendo las de generación distribuida). Se asume que, por ejemplo, 1 PJ de energía eléctrica generado por una central fotovoltaica requiere de la captación de 1 PJ de energía solar.

En el caso de la leña se tiene una situación similar a la de los energéticos renovables. Se asume que cada PJ consumido es un PJ producido.

Transformación

Las transformaciones de energéticos primarios a secundarios (o de secundarios a secundarios) dentro de la cadena energética estudiada son la refinación de petróleo, el procesamiento de gas natural y la generación de energía eléctrica tanto a gran escala como en generación distribuida.

Para los casos de la refinación de petróleo y el procesamiento de gas, se parte de la infraestructura existente en el país la cual se consultó en el portal de Petróleos Mexicanos (PEMEX, 2015) y en las prospectivas del sector energético correspondientes (SENER, 2018b) y (SENER, 2018 d). La producción de petrolíferos en la refinería de Tula, “Miguel Hidalgo”, se obtuvo del Sistema de Información Energética (SENER, Sistema de Información Energética, 2021). El valor de petróleo crudo ingresado se extrae del apartado *Petróleo crudo y petrolíferos*, tabla *Proceso de petróleo crudo por refinería*; de forma anual y para el total de crudo sin importar su tipo, en miles de barriles diarios mbd. El valor de los productos derivados de la refinación se obtuvo del mismo apartado (*Petróleo crudo y petrolíferos*) pero de la tabla *Elaboración de productos petrolíferos por refinería, vigente a partir de 2000*; también de forma anual, en mbd.

La transformación de unidades de mbd a PJ se realizó utilizando el poder calorífico superior de la CONUEE (CONUEE, 2019).

Centrales Eléctricas

La estimación de la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica parte de los permisos para la generación de energía eléctrica emitidos por la CRE para cada central. De estos documentos, se recopilan los siguientes datos:



- Fecha de entrada en operación
- Ubicación
- Capacidad (MW)
- Generación energética anual permitida (GWh)
- Tecnología
- Combustible empleado

Posteriormente, se revisan los documentos PRODESEN 2017-2031 (SENER, 2018) y PRODESEN 2018-2032 (SENER, 2019) y se extraen los datos de generación anual real en gigawatts-hora (GWh), los cuales se encuentran reportados para los años 2016 y 2017, para todas las centrales operativas. Debido a que en los documentos PRODESEN 2019-2033 (SENER, 2020) y PRODESEN 2020-2034 (SENER, 2021) no se publica esta información detallada por central, la generación de cada central durante 2018 y 2019 es aproximada a través de la evolución de la generación anual a nivel nacional para cada tecnología (CENACE, 2021) y el cálculo de la tasa de crecimiento anual (TCA) de generación de cada tecnología, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$TCA_{2018} = \frac{E_{2018}[GWh] - E_{2017}[GWh]}{E_{2017}[GWh]}$$

$$TCA_{2019} = \frac{E_{2019}[GWh] - E_{2018}[GWh]}{E_{2018}[GWh]}$$

La tasa de crecimiento anual de cada tecnología a nivel nacional es después aplicada a la generación de cada central de dicha tecnología.

El proceso previamente descrito es aplicado para todas las tecnologías, a excepción de las tecnologías eólica y solar fotovoltaica. La generación de centrales con estas tecnologías durante 2018 y 2019 es calculada a partir de la capacidad instalada (P) en Megawatts y del factor de planta (FP) reportado por Atlas de Zonas con alto potencial de Energías Limpias (SENER, 2018 a) a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{ELEC} \left[\frac{GWh}{año} \right] = FP \cdot P[MW] \cdot 8760 \left[\frac{h}{año} \right] \cdot \frac{1 GWh}{1000 MWh}$$

Por otra parte, el consumo de energéticos primarios (combustibles) de las centrales térmicas es calculado a partir del Régimen Térmico (GJ/MWh) de cada central, reportados en el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) de 2018, a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{TERM}[PJ] = E_{ELEC}[MWh] \cdot RT \left[\frac{GJ}{MWh} \right] \cdot \frac{1[PJ]}{10^6 [GJ]}$$

Donde:

E_{TERM} : Energía térmica empleada.

E_{ELEC} : Energía eléctrica obtenida.

RT : Régimen térmico de la central.

Por último, la energía porcentual invertida en usos propios es extraída nuevamente del PIIRCE 2018 para cada central.



Tabla 37. Capacidad instalada por tecnología y combustible que utiliza. Fuente: (CRE, 2020)

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD (MW)	Combustible
Turbina de Vapor	3786	Gas Natural, Bagazo de Caña, Combustóleo.
Turbina de Gas	350	Gas Natural
Combustión Interna	51	Gas Natural, Diésel
Ciclo Combinado	4577	Gas Natural
Nucleoeléctrica	1634	Uranio
Turbina hidráulica	146	NA

Tabla 38. Capacidad de generación por tipo de permiso a 2019

TIPO DE PERMISO	CAPACIDAD (MW)
CFE	6509
PIE	2143
Autoabastecimiento	288
Generación	446
Cogeneración	1042
Usos Propios Continuos	125

Tabla 39. Generación eléctrica por tecnología (GWh). Fuente: (CRE, 2020)

TECNOLOGÍA	2016	2017	2018	2019
Ciclo Combinado	19780.6	20770.8	21630.2	23262.9
Turbina de Gas	717.3	1031.5	1010.8	1148.5
Turbina de Vapor	7492.0	6196.9	5692.2	5491.4
Combustión Interna	87.0	123.1	135.4	167.3
Turbina Hidráulica	571.8	682.3	693.9	508.6
Nucleoeléctrica	10567.2	13198.8	10879.2	10862.9
Fotovoltaica	0.00	0.00	0.00	1.40

Generación distribuida

Para estimar la energía eléctrica producida por los sistemas de generación distribuida se parte de la información proporcionada por la CRE (CRE, 2021a) en la que se tienen registrados todos los sistemas conectados, indicando su capacidad instalada en kW, la tecnología de generación y el estado y municipio en donde se encuentran. Así, se procede a agregar la capacidad instalada en todo el estado. Cabe señalar que todos los sistemas de generación distribuida son fotovoltaicos. Después, se multiplica la capacidad instalada en el estado por las 8760 horas de un año y por el factor de planta, el cual indica cuántas horas en realidad puede operar un sistema fotovoltaico a plena potencia dadas las horas de luz solar. El dato del factor de planta se obtiene del Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (SENER, 2018 a), abriendo el apartado “Zonas disponibles con alto potencial”,



subapartado “Solar”, opción “Zonas”, “Solar fijo” y descargando el “Escenario 3” en formato Excel.

Consumo

Electricidad

Con el fin de obtener los datos de consumo eléctrico, tanto por tipo de tarifa como por sector a nivel estatal, se realizó el siguiente procedimiento:

- La recopilación de datos se obtiene a través del portal de Datos Abiertos de la Comisión Federal de Electricidad. Los documentos llevan por nombre: “Usuarios y consumo de electricidad por municipio (2010-2017)” (CFE, 2018a) y “Usuarios y consumo de electricidad por municipio (A partir de 2018)” (CFE, 2019).
- En ambos documentos se encuentra contenida la información sobre el consumo de electricidad por tipo de tarifa, desglosada para cada uno de los municipios de los estados. En dicha documentación se halla el siguiente esquema tarifario:

Tarifas localizadas para cada municipio 2010-2017			
1	1E	DIST	HSL
2	1F	DIT	HSLF
3	5A	GDBT	HT
5	9CU	GDMTH	HTF
6	9M	GDMTO	HTL
7	9N	HM	HTLF
9	APBT	HMC	OM
1A	APMT	HMCF	OMF
1B	DAC	HMF	PDBT
1C	DB1	HS	RABT
1D	DB2	HSF	RAMT

Tabla 41. Tarifas 2018-2019. Fuente: (CFE, 2019).

Tarifas localizadas para cada municipio 2018-2019	
1	DAC
1A	DB1
1B	DB2
1C	DIST
1D	DIT
1E	GDBT
1F	GDMTH
9CU	GDMTO
9N	PDBT
APBT	RABT
APMT	RAMT

- Se realiza tratamiento de datos para poder obtener el consumo anualizado a nivel estatal para cada una de las tarifas. Basta con sumar el consumo reportado para cada tarifa, sumando todos los municipios del estado.
- Una vez obtenido el total del consumo eléctrico por tarifa, para cada año, se agrupan las tarifas correspondientes a cada uno de los sectores: residencial, comercial y servicios, industrial, público y agrícola; quedando de la siguiente manera:

Tabla 40. Tarifas 2010-2017. Fuente: (CFE, 2019).



Tabla 42. Tarifas sector residencial. Fuente: (CFE, 2019)

Tarifas correspondientes a Sector Residencial	
Tarifa	Descripción
1	Doméstico
1A	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25°C
1B	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28°C
1C	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30°C
1D	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31°C
1E	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32°C
1F	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33°C
DAC	Doméstico Alto Consumo
DB1	Doméstico baja tensión hasta 150 kWh-mes
DB2	Doméstico baja tensión mayor a 150 kWh-mes

Tabla 43. Tarifas sector comercial y de servicios. Fuente: (CFE, 2019)

Tarifas correspondientes a Sector Comercial y de Servicios	
Tarifa	Descripción
PDBT	Pequeña demanda baja tensión hasta 25 kW-mes
GDBT	Gran demanda baja tensión mayor a 25 kW-mes

Tabla 44. Tarifas sector industrial. Fuente: (CFE, 2019)

Tarifas correspondientes a Sector Industrial	
Tarifa	Descripción

DIST	Demanda industrial en subtransmisión
DIT	Demanda industrial en transmisión
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria
GDMTO	Gran demanda en media tensión ordinaria

Tabla 45. Tarifas sector público. Fuente: (CFE, 2019)

Tarifas correspondientes a Sector Público	
Tarifa	Descripción
APBT	Alumbrado público en baja tensión
APMT	Alumbrado público en media tensión

Tabla 46. Tarifas sector agropecuario. Fuente: (CFE, 2019)

Tarifas correspondientes a Sector Agropecuario	
Tarifa	Descripción
RABT	Riego agrícola en baja tensión
RAMT	Riego agrícola en media tensión
9CU	Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único
9N	Tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola

- Con dicha información se realiza el concentrado de consumos de energía en kWh por sector para el periodo 2010 a 2018.
- A su vez, se obtiene el porcentaje de la participación del consumo energético de cada sector respecto al consumo total anual.



- Con el fin de estandarizar los resultados con los valores obtenidos en el resto del documento, se realiza el cambio de unidades correspondientes para pasar de kWh a PJ.
- Debido a que la información contenida no abarca el año 2019, se realiza una previsión basada en la tendencia estacional de los datos anteriores, utilizando la herramienta de precisión incluida en Excel. Se obtienen así, tanto el consumo de energía en kWh y PJ, como la participación (en porcentaje) de cada uno de los sectores respecto al total consumido.
- Una vez obtenido el valor del total consumido para cada uno de los sectores, se obtiene el consumo de energía eléctrica por tipo de tarifa.
- En este sentido, se calcula el porcentaje de participación de cada tarifa respecto a su sector, utilizando como base los datos del año 2018. Con la información de los porcentajes se realiza el desglose tarifario con los consumos estimados para cada sector en el año 2019.

Combustibles fósiles

La estimación del consumo de combustibles fósiles se realizó a través del Sistema de Información Energética (SENER, Sistema de Información Energética, 2021), con datos desglosados por entidad federativa y con agregación mensual.

El tratamiento de datos se realizó, primeramente, completando los datos de los meses de 2019 por medio de previsiones, considerando el histórico reportado desde enero 2016 hasta

septiembre de 2019. Nuevamente se utiliza la herramienta de Excel para realizar los pronósticos basados en la tendencia estacional.

Una vez completados los datos, se realizó la homogeneización de unidades transformando las unidades reportadas por el SIE a PJ. Las transformaciones son de miles de barriles diarios (mbd) a Petajoules (PJ) para diésel, combustóleo, gasolinas, turbosina, gas licuado de petróleo; y de millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) a Petajoules para el caso del gas seco.

Para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{barriles (bl)} = \text{Días del mes (30 o 31)} * 10^3$$

$$\text{pies cúbicos (pc)} \\ = \text{Días del mes (30 o 31)} * 10^6$$

$$PJ \\ = (\text{bl ó pc}) * \text{Poder calorífico del energético} * 10^{-9}$$

El poder calorífico utilizado se obtuvo de datos reportados por la Comisión Nacional de Uso Eficiente de Energía (CONUEE, 2020).

Una vez homologadas las unidades, se realizó el concentrado para cada año. Los valores de los concentrados por sector se utilizaron considerando el desglose sectorial del Sistema de Información Energética. Para el caso de energéticos cuya sectorización no era proporcionada (gas licuado de petróleo y combustóleo) se utilizaron las perspectivas nacionales correspondientes (SENER, 2018b) (SENER, 2018c), replicando la participación



sectorial reportada en ellas a nivel nacional.

Leña

Las estimaciones de leña fueron realizadas utilizando el *Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal de México* (Maserá, et.al., 2010) elaborado por el Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La modelación propuesta en el estudio realiza la estimación de usuarios mixtos y usuarios exclusivos de leña (siendo mixtos aquellos cuyo uso de leña es combinado con el de otro energético, como el gas LP; y siendo usuarios exclusivos aquellos cuya utilización es únicamente de un energético, leña en este caso), se realiza la identificación de dichos usuarios utilizando una variable de saturación de usuarios de leña por municipio generada en el propio modelo, la tasa de crecimiento poblacional, y se hace el ajuste del consumo de leña per cápita tomando en cuenta las macro-regiones ecológicas en México y el tipo de vegetación existente. Por último, se generaron resultados para estimaciones de los años 1990, 2000, 2005, 2010, 2020 y 2024. (Maserá, et.al., 2010)

Utilizando los resultados obtenidos por dicho estudio, se formaron líneas de tendencia a través de un ajuste exponencial con el fin de recabar los datos intermedios. Debido a la temporalidad utilizada en el modelo, para el diagnóstico se generaron los datos continuos en el

periodo 2010 a 2020, utilizando como base el periodo 1990-2010.

Indicadores

Fuente del consumo energético

En este apartado se realiza el cálculo de 3 indicadores interrelacionados. El primero de ellos es el porcentaje de energías renovables usado en la matriz energética que satisface el consumo energético del estado (energías renovables como porcentaje del consumo final). Le sigue el porcentaje de energías basadas en fuentes fósiles que satisfacen el consumo final y al que también se le llama dependencia del estado de Veracruz a los combustibles fósiles. Por último, se encuentra el uso de leña como porcentaje del consumo final. Estos indicadores se calculan como se establece en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Consumo final} = \sum_e \text{consumo}_e (PJ)$$

Donde *e* es el tipo de energético: solar, eólico, hidroeléctrica, geotérmica, leña, gasolinas, diésel, querosenos, carbón, combustóleo, gas natural (seco) y gas L.P.

Tabla 47. Consumo total de energía anual periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (SENER, 2019 a).

Año	Total
2016	62.70
2017	100.74
2018	106.93
2019	107.235

Tabla 48. Consumo sectorial y su participación relativa para 2019. Fuente: (SENER, 2019 a).

Sector	PJ	Participación (%) 2019
Residencial	12.53	11.7%



Comercial	5.13	4.8%
Público	0.47	0.4%
Industrial	14.09	13.1%
Agropecuaria	0.11	0.1%
Transporte	74.90	69.8%
Totales	107.23	100.0%

Tabla 49. Consumo de energía eléctrica por sector periodo 2016 -2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a).

Sector	2016	2017	2018	2019	Cont. (%) 2019
Residencial	4.82	5.19	5.69	6.16	32.65%
Comercial	1.04	1.08	1.09	4.23	22.40%
Público	0.43	0.43	0.46	0.47	2.48%
Industrial	10.83	10.67	10.77	7.99	42.32%
Agropecuario	0.02	0.02	0.03	0.03	0.15%

Tabla 50. Consumo de energéticos en el sector residencial periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Año	Electricidad	GLP	Leña	Total
2016	4.82	3.61	2.66	11.10

2017	5.19	3.54	2.67	11.41
2018	5.69	3.52	2.69	11.90
2019	6.16	3.67	2.70	12.53
Participación (%) 2019	49%	29%	22%	

Tabla 51. Consumo de energéticos en el sector agropecuario periodo 2016- 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a)

Año	Electricidad	GLP	Total
2016	0.02	0.07	0.09
2017	0.02	0.09	0.11
2018	0.03	0.07	0.10
2019	0.03	0.08	0.11
Participación (%) 2019	25%	75%	

Tabla 52. Consumo de energéticos en el sector comercial periodo 2016 -2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Año	Electricidad	GLP	Total
2016	4.08	0.95	5.03
2017	4.06	0.92	4.99
2018	4.10	0.90	5.01
2019	4.23	0.90	5.13
Participación (%) 2019	82%	18%	

Tabla 53. Consumo de energéticos en el sector transporte periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Año	Gasolina	Turbosina	Diésel
2016	27.69	-	8.00
2017	29.20	35.41	8.35
2018	29.52	36.20	8.36



2019	28.68	36.56	8.91
Participación (%) 2019	38%	49%	12%
Año	GLP	Gas Seco	Total
2016	0.88	-	36.57
2017	0.90	-	73.86
2018	0.90	-	74.98
2019	0.76	-	74.90
Participación (%) 2019	1.01%	0%	

Tabla 54. Consumo de energéticos en el sector industrial periodo 2016 -2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Año	Electricidad	GLP	Diésel	Total
2016	7.80	0.67	1	9.47
2017	7.69	0.65	1.61	9.94
2018	7.75	0.66	6.08	14.49
2019	7.99	0.60	5.5	14.09
Part. (%) 2019	56.7%	4.3 %	39.0%	

Tabla 55. Consumo de energéticos en el sector público periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) (SENER, 2019 a).

Año	Electricidad alumbrado público	Electricidad bombeo de agua	Total
2016	0.37	0.06	0.43
2017	0.37	0.06	0.43
2018	0.40	0.06	0.46
2019	0.41	0.06	0.47

Part. (%) 2019	88%	12%	
----------------	-----	-----	--

Tabla 56. Participación (%) por energético en el consumo total 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Electricidad	GLP	Diésel	Leña
17.6%	5.6%	13.4%	2.5%
Turbosina	Gasolina	Combustóleo	Total
34.09%	26.7%	0.0%	100.0%

$$\left[\begin{array}{l} \text{Energías} \\ \text{renovables} \\ \text{como} \\ \text{porcentaje} \\ \text{del consumo} \\ \text{final} \end{array} \right] = \frac{\text{consumo renovable (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} * 100\%$$

Donde *consumo renovable* es la suma del consumo de solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica.

$$\left[\begin{array}{l} \text{Dependencia de} \\ \text{Veracruz} \\ \text{a los combustibles} \\ \text{fósiles} \end{array} \right]$$

$$= \frac{\text{consumo fósil (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} * 100\%$$

Donde *consumo fósil* es la suma del consumo de gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo, carbón, gas seco y gas L.P.

$$\left[\begin{array}{l} \text{Uso de leña} \\ \text{como porcentaje} \\ \text{del consumo final} \end{array} \right]$$

$$= \frac{\text{consumo leña (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} * 100\%$$

PIB

El Producto Interno Bruto “es el valor monetario de los bienes y servicios finales



producidos por una economía en un período determinado” (INEGI, 2021a).

El PIB se obtiene a nivel estatal a través de los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021b). Dentro del mismo, se encuentra la desagregación en actividades terciarias, secundarias y primarias con sus respectivas actividades con datos anuales. Se condensaron los datos para el periodo 2016 a 2019.

Intensidad energética

La intensidad energética es un indicador de eficiencia energética. Indica la cantidad de energía necesaria para producir una unidad monetaria. Es decir, una intensidad energética alta considera que la actividad demanda mucha energía para producir la unidad monetaria, considerándola menos eficiente. Por otro lado, al tener una intensidad energética baja se puede decir que la actividad tiene mayor eficiencia energética pues consume menos energía para producir la misma unidad monetaria. Se calcula como la relación entre el consumo de energía de la región entre su PIB.

Para este estudio se calcularon intensidades energéticas sectoriales, desagregándolas en: actividades primarias, secundarias y terciarias, relacionándolas con sector agropecuario, industrial y comercial, respectivamente. Para el caso de las actividades terciarias no se consideran las actividades 48-49 *Transportes, correos y almacenamiento* y la actividad 93- *Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales*.

Para la obtención de la información se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Intensidad Energética: } \frac{\text{Consumo energético del sector (PJ)}}{\text{PIB actividad}} \quad (\text{Millones de MXN})$$

Tabla 57. Sectores y tipo de actividades

Sector (Energía consumida por el sector en PJ)	Actividad considerada (PIB en MXN)
Agropecuario	PIB actividades primarias
Industrial	PIB actividades secundarias
Comercial y servicios	PIB actividades terciarias

económicas consideradas.

Sociales

De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Rigoberto García-Ochoa (García Ochoa & Graizbord, 2016), se plantea la metodología de satisfacción de Necesidades Absolutas de Energía (NAE) considerando que a nivel hogar debe de contarse con un número de bienes necesarios (satisfactores) que permitan el cumplimiento de dichas necesidades. En ese sentido, la metodología consiste en vincular los usos finales de energía (cocción de alimentos, refrigeración, entretenimiento, iluminación, calentamiento de agua y aire acondicionado) con los bienes económicos utilizados para la satisfacción de necesidades absolutas (estufa, refrigerador, luminarias, etc.).

Las necesidades absolutas son consideradas como aquellas necesidades inherentes a cualquier persona, y cuya



satisfacción permite el desenvolvimiento de una vida digna.

Para los estados localizados en clima templado no se considera el confort térmico como un indicador. Mientras que, para aquellos localizados en climas cálidos, si se considera. En cualquier caso, al contar con el bien económico, el indicador para la necesidad absoluta obtiene un valor de uno, mientras que la carencia de dicho bien arroja un valor de cero.

Posteriormente se obtiene el cociente entre el conteo del total de los indicadores respecto al número de estos. Es decir, para clima templado la se promedia entre 5.

La carencia de un bien económico arrojaría un valor en el cociente menor a 1, considerando al hogar en pobreza energética. Por su parte, al cumplir con todos los bienes económicos se considera que el hogar se encuentra fuera de la pobreza energética.

El AZEL otorga acceso público a información geo-referenciada relacionada al estudio de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) para la identificación y cuantificación de la población indígena. Esta metodología se construyó con el siguiente criterio: SE considera como población indígena a la población de los

hogares indígenas entendiéndose a estos como los hogares donde el jefe y/o el cónyuge y/o padre o madre del jefe y/o suegro o suegra del jefe hablan una lengua indígena y también aquellos que declararon pertenecer a un grupo indígena.

Esta información se encuentra repartida en dos archivos: El primero cuenta con la información por municipio, mientras que el segundo lo hace a nivel localidad (Centros de población con 40% y más del total de habitantes identificado como indígena).

Además, estos archivos incorporan información sobre el grado de marginación establecido por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2010. Para la elaboración de los mapas temáticos, los archivos mencionados anteriormente se clasificaron por tipo de municipio por población indígena y según el tamaño de la población indígena en la localidad, respectivamente. Asimismo, se analizó la localización geográfica de las poblaciones indígenas y el número de habitantes indígenas promedio de una localidad.

Además, se contabilizó el total de localidades, identificando cuales eran identificadas con grados de marginación, muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Tabla 58. Número de contratos y capacidad total por rangos de capacidad del SFVGD

Rango de potencia (kW)	Usuarios	Capacidad total (kW)
<2.5	39	36.19
2.5 a 5	1,007	3,199.21



5 a 15	1,096	7,094.26
15 a 30	46	747.40
30 a 50	17	675.19
50 a 100	3	194.50
100 a 250	3	503.86
250 a 500	3	894.00

Tabla 59. Número y capacidad promedio de contratos por sector.

Sector	Usuarios	Capacidad promedio (kW/contrato)
Residencial	2,142	4.82
Comercial	66	24.50
Industrial	6	232.98



Anexo metodológico para la toma de decisiones

A partir del diagnóstico energético, los potenciales de aprovechamiento de energías renovables y eficiencia energética y de los ejes y objetivos se planteó un listado de posibles líneas de acción que el estado de Veracruz podría implementar. Sin embargo, era necesario que cada una de estas líneas de acción posibles (o alternativas de líneas de acción) fuese revisada de tal forma que se pudiera asegurar la factibilidad de implementación.

Si bien cada alternativa de línea de acción pudo haber sido revisada independientemente, el proceso pudo no haber sido claro ni equitativo para todas ellas, resultando en una valoración errónea de qué líneas de acción sí y qué líneas no deberían haberse establecido en el Plan. Por lo tanto, se utilizó un método que permitiera valorarlas a todas bajo un mismo marco de referencia, proponiéndose para tal caso alguno de los múltiples *métodos de toma de decisión multicriterio*.

Por lo general, la toma de decisión multicriterio se utiliza para seleccionar una alternativa de entre un conjunto de ellas, evaluándolas todas y cada una de ellas bajo los mismos criterios. Para el caso de este Plan, no es necesario elegir una única alternativa, sin embargo, varios métodos de decisión multicriterio, como parte de su proceso, organiza a todas las alternativas, desde la mejor de todas hasta la menos apta. Esta característica, aunada a la propia evaluación multicriterio de las alternativas es lo que permite estudiar a las alternativas de

líneas de acción para seleccionar las más adecuadas al Plan.

El método de decisión multicriterio que se utilizó fue el conocido como **vector de posición de mínimo arrepentimiento** (VPMA) debido a que permite la comparación de las alternativas bajo criterios que pueden ser tanto cualitativos como cualitativos.

El VPMA parte de la idea de que cualquier alternativa, por muy buena que sea, siempre tiene un arrepentimiento ya que habrá rubros en los que no sea la mejor. Sin embargo, la mejor de las alternativas será la que tenga, de forma global pero diferenciada un menor arrepentimiento, es decir, la que sea la más próxima a la alternativa ideal o perfecta.

Todas y cada una de las alternativas son evaluadas bajo un mismo grupo de criterios. Estos criterios conforman un espacio vectorial. Por ejemplo, si se tuviesen solo 2 criterios, las alternativas se podrían situar en un espacio vectorial de 2 dimensiones, es decir, en un clásico plano cartesiano de 2 ejes como lo muestra la Figura 114 donde las alternativas 1 y 2 están localizadas en un punto según sean evaluadas en los criterios 1 y 2. Cabe señalar que la alternativa ideal sería aquella con un arrepentimiento cero en todos sus criterios, por lo que se encontraría en el origen del plano (coordenadas 0,0). Así, la mejor alternativa en este ejemplo es la 2, puesto que se encuentra más cerca del origen y se puede observar con la longitud de la flecha que une ambos puntos



(conocida matemáticamente como vector de posición).

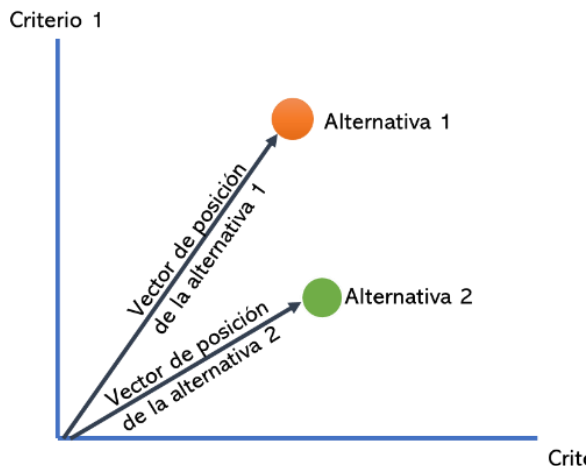


Figura 114. Representación gráfica del vector de posición de mínimo arrepentimiento

En resumen, el método del VPMA consiste en evaluar todas las alternativas bajo un cierto número de criterios. Después, esa evaluación se trata matemáticamente de tal forma que se normalizan, es decir, se califican del 0 al 1, siendo 0 el mejor caso y 1 el peor. En seguida se calcula el módulo (la distancia) del vector de posición de cada alternativa. Las mejores alternativas tendrán un módulo cercano a 0 y las peores cercano a 1.

A continuación, las alternativas de líneas de acción se enumeran.

Alternativas para el Eje 1

A.1.1 Crear un sistema de información energética estatal de acceso público alojado en la página de la AEEV con información sobre el balance de energía y los potenciales del estado, así como vinculación de proyectos entre la AEEV, la iniciativa privada y la academia.

A.1.2 Llevar a cabo estudios enfocados a la evaluación del potencial, viabilidad y

rentabilidad de cada tipo de energético renovable (solar, eólico, bioenergéticos y aprovechamiento de residuos, geotermia e hidroenergía) para su publicación en el sistema de información energética estatal

A.1.3 Crear un catálogo de proyectos de eficiencia energética y energías renovables realizados dentro del estado tanto por la iniciativa privada como por la administración pública, para su monitoreo.

A.1.4 Crear una definición de pobreza energética para el estado y contar con información sobre la evolución de indicadores de pobreza energética.

A.1.5 Realizar campañas de comunicación de la importancia y beneficios de la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

Alternativas para el Eje 2

A.2.1.1 Implementar Sistemas de Gestión de Energía para grandes consumidores de energía

A.2.1.2 Expandir y actualizar las normas y los sistemas de control sobre eficiencia energética de nuevos productos y sistemas

A.2.1.3 Diseñar e implementar una estrategia para la recuperación y aprovechamiento del calor industrial residual

A.2.2.1 Incorporar programa para implementación de sistemas de iluminación eficiente

A.2.2.2 Desarrollar programa para la instalación de calentadores solares

A.2.2.3 Generar un programa de estufas eficientes de gas o eléctricas



A.2.2.4 Creación de programa para sustitución de refrigeradores por refrigeradores eficientes

A.2.2.5 Sustitución por electrodomésticos más eficientes con base a las NOM

A.2.3.1 Incentivar cambio de tecnología en sector comercial

A.2.3.2 Creación de normas para cumplir con sistemas de iluminación eficiente.

A.2.3.3 Establecer normatividad regulatoria para incentivar procesos con cogeneración

A.2.4.1 Generar un plan estratégico de distribución de productos y recolección de residuos

A.2.4.2 Crear un programa de sustitución de sistemas de alumbrado público por sistemas de iluminación eficiente

A.2.4.3 Implementación de programa para mejorar eficiencia de tecnología para bombeo de agua

A.2.4.4 Implementación de sistemas de iluminación eficiente y calentadores solares en edificios públicos y hospitales

A.2.5.1 Eficientar sistemas de riego y bombeo agrícola

A.2.5.2 Sustitución de maquinaria, tractores y camiones con mayor eficiencia energética

A.2.5.3 Sistemas de iluminación eficiente

A.2.5.4 Mejora en eficiencia de generación de calor y funcionamiento de calderas

A.2.6.1 Realizar periódicamente prácticas de inspección y mantenimiento preventivo

A.2.6.2 Mejorar la normatividad aplicable para eficientar tecnología en uso promoviendo el uso de vehículos más nuevos y eficientes

A.2.7.1 Realizar un programa para cambiar refrigeradores con cierta antigüedad por nuevos

A.2.7.2 Realizar un programa para cambiar focos antiguos por nuevos focos LED

A.2.7.3 Cambiar las luminarias de las principales avenidas y/o centros de los municipios por luminarias de bajo consumo o de tecnología LED

A.2.7.4 Cumplir con el código de red en las instalaciones eléctricas de la administración pública estatal

A.2.7.5 Lanzar una campaña de promoción dirigida a la industria para el cumplimiento del código de red

A.2.7.6 Modificar los lineamientos de construcción de residencias y fraccionamientos para que sea obligatoria la integración de luminarias de bajo consumo o de tecnología LED

A.2.7.7 Realizar campañas de facilitamiento del desarrollo de proyectos en las que los proyectos en áreas de eficiencia energética, incluyendo cursos y capacitaciones reciban apoyos enfocados en los siguientes rubros: gobernanza y concertación social; etc.

Alternativas para el Eje 3

A.3.1 Modificar los lineamientos de construcción de residencias y fraccionamientos para que sea obligatoria la integración de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida y calentadores solares para 4 personas

A.3.2 Crear un Fideicomiso para el Desarrollo Energético Sustentable del Estado con la finalidad de dar apoyo económico a proyectos de inversión de transición energética



A.3.3 Crear un sistema de soporte técnico y/o financiero para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de fuentes renovables a pequeña o gran escala, de tal forma que reciban apoyos enfocados en los siguientes rubros: gobernanza y concertación social

A.3.4 Agrupar las cargas más significativas del gobierno del estado para que sean servidas por un suministrador calificado asegurando que al menos el 80% de la energía provenga de fuentes renovables

A.3.5 Realizar un proyecto en el que el estado firme un PPA con un ejido para que éste instale un sistema fotovoltaico de generación distribuida de venta total a través de un suministrador calificado

A.3.6 Facilitar el financiamiento de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida para MiPyMEs a través de la vinculación entre proveedores y fuentes de financiamiento

A.3.7 Implementar esquemas de aprovechamiento energético de la fracción orgánica de los RSU y RME en donde los estudios indiquen su potencia, viabilidad y factibilidad

A.3.8 Implementar esquemas de aprovechamiento energético de la fracción orgánica de las descargas residuales en las corrientes o cuerpos de agua que presentan mayor contaminación biológica en el Estado, de acuerdo con el potencial, viabilidad y factibilidad

A.3.9 Implementar esquemas de aprovechamiento energético de los residuos sólidos plásticos mediante pirólisis (selectiva y no selectiva).

Alternativas para el Eje 4

A.4.1 Vincular la investigación académica de licenciatura, maestría y doctorado con proyectos de eficiencia energética y energías renovables

A.4.2 Modificar los planes de estudio de la educación básica y media superior para incluir educación ambiental en materia de cambio climático, sostenibilidad y transición energética

A.4.3 Crear un sistema de soporte técnico y/o financiero para el desarrollo de proyectos de cursos y capacitaciones en materia de transición energética y energías renovables, de tal forma que reciban apoyos enfocados en los siguientes rubros: gobernanza y concertación social; vinculación con instituciones y proveedores; búsqueda de financiamiento, etc.

Alternativas para el Eje 5

A.5.1.1 Lanzar una campaña publicitaria que resalte los beneficios de utilizar el sistema de transporte público estatal y municipal

A.5.1.2 Implementar un programa de reforzamiento de los sistemas de seguridad y cámaras de videovigilancia.

A.5.1.3 Incentivar la mejora de las rutas, sus tiempos y administración con la finalidad de reducir los tiempos de espera y optimizar el servicio

A.5.1.4 Rediseñar paradas y paraderos para taxis y transporte colectivo

A.5.1.5 Aumentar la iluminación y seguridad de las paradas y paraderos de taxis y transporte colectivo

A.5.2.1 Llevar a cabo planes de modernización de las flotas de taxis y transporte colectivo por vehículos menos contaminantes



A.5.2.2 Optimización de rutas de transporte público

A.5.2.3 Rediseño del espacio vial que priorice al transporte colectivo (bahías para paradas, carriles específicos, entre otros)

A.5.3.1 Crear incentivos fiscales para mayor asequibilidad de autos con mayor eficiencia, híbridos y eléctricos

A.5.3.2 Construir de estaciones de recarga para automóviles eléctricos

A.5.3.3 Difundir, promover y fomentar el transporte privado cero emisiones

A.5.3.4 Generar accesos, conexiones y estacionamientos para transporte cero emisiones (Ej. Bicicletas, patines eléctricos)

A.5.3.5 Implementar medios de integración entre el transporte privado y el transporte público

A.5.3.6 Impulsar conciencia y educación vial

A.5.3.7 Fomento del auto compartido (carpooling) inter e intraurbano y en estacionamientos

A.5.3.8 Crear zonas de cero emisiones con restricciones a vehículos de combustión interna

La Tabla 60 muestra la escala con la cual cada criterio fue calificado de forma cualitativa.

Tabla 60. Escala de calificación para criterios de evaluación de Líneas de Acción.

5	Muy bueno
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Muy malo

De acuerdo con lo anterior, dentro del **Eje 1: Crear y mantener un sistema de información energética.**

De esta manera, la Figura 115, muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 1.

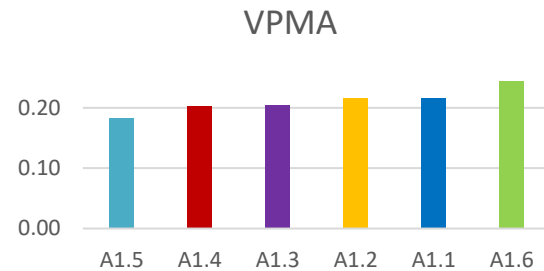


Figura 115. Priorización de Líneas de Acción Eje 1

Con respecto al **Eje 2: Incentivar medidas de eficiencia energética**, la Línea de Acción mejor calificada fue 2.2.3 *Generar un programa de estufas eficientes de gas o eléctricas*; mientras que 2.5.1 *Eficientar sistemas de riego y bombeo agrícola* fue la de menor calificación.

La siguiente figura, muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 2.

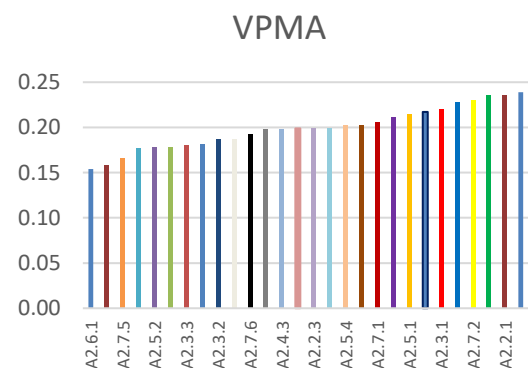


Figura 116 Priorización de Líneas de Acción Eje 2



Para el **Eje 3: Fomentar la inversión en energías renovables.**

La priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 3, se muestra en la Figura 118.

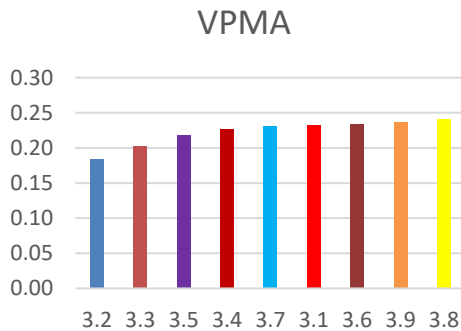


Figura 117 Priorización de Líneas de Acción Eje 3

Dentro del **Eje 4: Impulsar la educación e investigación de la transición energética.**

De esta manera, la Figura 118 muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 4.

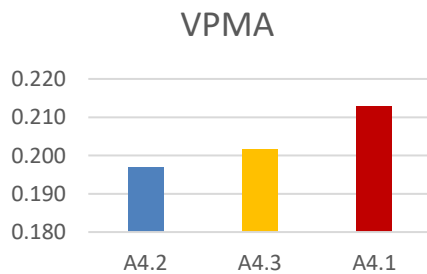


Figura 118 Priorización de Líneas de Acción Eje 4

Para el **Eje 5: Impulsar el uso del transporte menos contaminante.**

La priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 5, se muestra en la siguiente Figura.

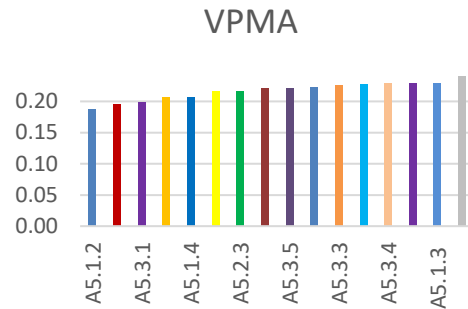


Figura 119 Priorización de Líneas de Acción Eje 5

Finalmente, con respecto al **Eje 6: Reducir la pobreza energética**, la Línea de Acción mejor calificada fue **6.2 Implementar programas de generación distribuida en zonas sin acceso a la electricidad**; mientras que **6.3 Implementar programas de sustitución de estufas de leña por estufas eficientes** fue la de menor calificación.

La siguiente figura, muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 6.

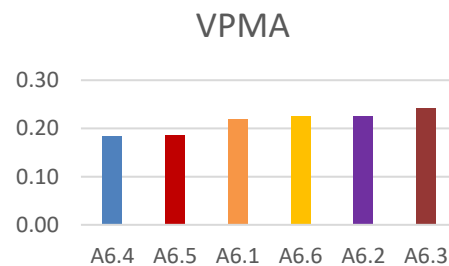


Figura 120. Priorización de Líneas de Acción Eje 6



Referencias

- BBVA. (2021). *Descubre cuál es la clasificación de las pymes en México e identifica en qué rango cae tu empresa*. Obtenido de <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/clasificacion-de-las-pymes.html>
- BENLESA. (2010). *CCA*. Recuperado el 12 de 05 de 2021
- CENACE. (2021). *Liquidaciones*. Obtenido de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Liquidaciones.aspx>
- CENACE. (29 de Septiembre de 2021). *Nodos P*. Obtenido de Catálogo de Nodos P: [https://www.cenace.gob.mx/Docs/01_MECP/CatalogoNodosP/2021/Cata%CC%81logo%20NodosP%20Sistema%20El%CC%81ctrico%20Nacional%20\(v2021-09-29\)_v2.xlsx](https://www.cenace.gob.mx/Docs/01_MECP/CatalogoNodosP/2021/Cata%CC%81logo%20NodosP%20Sistema%20El%CC%81ctrico%20Nacional%20(v2021-09-29)_v2.xlsx)
- CEPAL. (2018). *Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética*.
- CEPAL, (. L. (2020). *Mujeres y energía*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45377/4/S2000277_es.pdf
- CFE. (2018). *COPAR*.
- CFE. (2018). *Usuarios y consumo de electricidad por municipio (A partir de 2018)*. Recuperado el mayo de 2021
- CFE. (2018a). *Datos abiertos. Usuarios y consumo de electricidad por municipio (2010-2017)*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-2010-2017>
- CFE. (2019). *Usuarios y consumo de electricidad (A partir de 2018)*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-a-partir-de-2018/resource/38b7a514-78c2-4355-9ed0-d6ac72722952>
- CFE. (2021). *Esquema tarifario vigente Hogar*. Recuperado el mayo de 2021, de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Casa.aspx>
- CONEVAL. (2018). *Medición de Pobreza 2018, Puebla*. Recuperado el 2021, de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Puebla/PublishingImages/Pobreza_2018/Pobreza2018.jpg
- CONEVAL. (2020). *Veracruz*. Recuperado el 2021, de *Medición de Pobreza 2020*: https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Veracruz/PublishingImages/Pobreza_2020/Pobreza_2018-2020_VER.jpg
- CONUEE. (2019). *Consumo de electricidad de edificios no residenciales en México: La importancia del sector servicios*. Ciudad de México: CONUEE.
- CONUEE. (17 de enero de 2019). *Lista de combustibles 2019 que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428334/Lista_de_combustibles_2019.pdf



- CONUEE. (2020). *LISTA DE COMBUSTIBLES 2020 QUE SE CONSIDERARÁN PARA IDENTIFICAR A LOS USUARIOS*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de https://conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SITE/LISTA_DE_COMBUSTIBLES_2020.pdf
- CRE. (2015). *Título de Permiso de Autoabastecimiento de energía Eléctrica - E/1396/AUT/2015*. Comisión Reguladora de Energía.
- CRE. (2020). Permisos de generación eléctrica.
- CRE. (2021a). *Generación distribuida. Sección 6 del micrositio: Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.gob.mx/cre/articulos/generacion-distribuida-102284>
- CRE. (2021b). *Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. Recuperado el mayo de 2021, de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/centrales-electricas-de-generacion-distribuida>
- CRE. (2021c). *Memorias de calculo de tarifas de suministro básico 2020*. Recuperado el mayo de 2021, de <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/memorias-de-calculo-de-tarifas-de-suministro-basico>
- Doran, G. T. (1981). *There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives*. Recuperado el 2021, de <https://community.mis.temple.edu/mis0855002fall2015/files/2015/10/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf>
- DTU, W. B. (2021). *Global Wind Atlas*. Obtenido de <https://globalwindatlas.info/>
- García Ochoa, & Graizbord. (2016). *Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional*. Economía, sociedad y territorio, 16(51), 289-337. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-84212016000200289&lng=es&nrm=iso
- García, J. F. (Mayo de 2021). *El Universo*. Obtenido de Alta eficiencia vs. inverter, ¿cuál es la tecnología de aire acondicionado más eficiente?: <https://www.eluniverso.com/larevista/tecnologia/alta-eficiencia-vs-inverter-cual-es-la-tecnologia-de-aire-acondicionado-mas-eficiente-nota/>
- GIZ. (2018). *Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos*. GIZ México.
- GIZ. (2020). *Monitor de Información Comercial e Índice de Precios de Generación Solar Distribuida en México*.
- Haughey, D. (2014). *A Brief History of SMART Goals*. Recuperado el 2021, de <https://www.projectsmaart.co.uk/brief-history-of-smart-goals.php>
- Hernández-Fontes, J. V., Felix, A., Mendoza, E., Rodríguez Cueto, Y., & Silva, R. (2019). *On the Marine Energy Resources of México*.
- Hotel Energy Solutions. (2011). *Fostering innovation to fight climate change*. En H. E. Solutions. Vienna: Hotel Energy Solutions project publications.
- IMTA. (2017). *Energía limpia del agua sucia: aprovechamiento de lodos residuales*. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/energia-limpia/files/assets/common/downloads/publication.pdf



- INEGI. (2018). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 2021, de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/>
- INEGI. (2019b). *Censos Económicos 2019*. Recuperado el 2021, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- INEGI. (2019c). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de Conjuntos de datos vectoriales de información topográfica escala 1:250 000 Veracruz Serie VI: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463776840>
- INEGI. (2020). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares*. Ciudad de México: INEGI. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/>
- INEGI. (2020). *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa*. Ciudad de México.
- INEGI. (2020a). *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2019*. Recuperado el 2021, de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/PIBEntFed2019.pdf>
- INEGI. (2020c). *DENUE*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2021 b). *Información pro entidad Veracruz*. Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de Territorio - Clima: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30>
- INEGI. (2021). *DENUE*. Ciudad de México: INEGI. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
- INEGI. (2021). *Información por entidad*. Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de Veracruz: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/default.aspx?tema=me&e=30>
- INEGI. (2021a). *Por actividad económica - INEGI*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>
- INEGI. (2021b). *PIB por Entidad Federativa (PIBE). Base 2013*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/>
- INEGIb. (2021). *Vehículos de motor registrados en circulación*. Ciudad de México.
- IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*.
- Islas-Samperio, J. M., Birlain-Escalante, M. O., & Grande-Acosta, G. K. (2020). Toward a Low-Carbon Industrial Sector in Mexico. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 545-571. doi:10.1080/15567249.2020.1753855
- Juan Carlos Alcérreca-Huerta, J. I.-S.-J.-T. (2019). Energy Yield Assessment from Ocean Currents in the Insular Shelf of Cozumel Island.
- LAZARD. (2020). *Levelized Cost of Energy Analysis*.
- Letcher, T. M. (2017). *Wind Energy Engineering. A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. Academic Press.



- Masera, O. A. (2010). *Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- MGM, I. (2018). Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética. En B. d. Latina (Ed.). Lima.
- Morillón, D., Escobedo, A., & García-Kerdan, I. (2015). *Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicio*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería - UNAM. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/320267246_Retos_y_oportunidades_para_la_sustentabilidad_energetica_en_edificios_de_Mexico_Consumo_y_uso_final_de_energia_en_edificios_residenciales_comerciales_y_de_servicio
- Nieto, A. (Mayo de 2021). (M. HVAC&R, Editor) Obtenido de Beneficios de los equipos de alta eficiencia: <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/09/beneficios-de-los-equipos-de-alta-eficiencia/>
- NREL. (2020). *2020 Annual Technology Baseline*.
- Ortegon, P. y. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. (CEPAL, Ed.) Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5607/S057518_es.pdf
- OSM. (2021). *OpenStreetMaps*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de overpass-turbo.eu/
- PEMEX. (2015). *PEMEX Mapa de Instalaciones*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/infraestructura/Paginas/default.aspx>
- PEMEX. (2021). *Base de Datos Institucional (BDI)*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=EPROEF>
- Peñaloza, J. D. (2019). *Tesis de Maestría. Pobreza Energética. Caso de estudio: México*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2019/diciembre/0798929/Index.htmlTexto completo>
- PNUD. (2015). Beneficios de uso de calentadores solares de agua en los Hoteles. En P. México. Ciudad de México. Obtenido de http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/MedioAmbiente/Proyectos/CalentadoresSolares/Factsheet_CSAs%20en%20hoteles%20y%20beneficios%20fiscales.pdf
- Practical Concepts Incorporated (PCI). (1979). *The Logical Framework A Managers Guide to a Scientific Approach to Design & Evaluation*. Obtenido de <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/The-Logical-Framework-A-Managers-Guide.pdf>
- SAT. (2021). Artículo 34. Ciudad de México. Obtenido de



- <https://www.sat.gob.mx/articulo/61054/articulo-34>
- SENER. (2015). Estudio de Eficiencia Energética en Hoteles. En A. Centro Interdisciplinario para la Prevención de la Contaminación, & SENER (Ed.).
- SENER. (2018 a). AZEL. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://dgel.energia.gob.mx/azel/>
- SENER. (2018 d). *Prospectiva de Gas Natural 2018-2032*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PNG_18_32_F.pdf
- SENER. (2018). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017 – 2031*.
- SENER. (2018a). *Inventario Nacional de Energías Limpias*. Obtenido de <https://dgel.energia.gob.mx/inel/index.html>
- SENER. (2018b). *Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2018-2032*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP_2018_2032_F.pdf
- SENER. (2018c). *Prospectiva de Gas L.P. 2018-2032*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de http://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGLP_18_32_F.pdf
- SENER. (2019 a). *Sistema de Información Energética (SIE). Balance Nacional de Energía: Consumo final de energía en el sector industrial*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <http://sie.energia.gob.mx/>
- SENER. (2019). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018 – 2032*.
- SENER. (2020). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2019-2033-221654?tab=>
- SENER. (2021). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2034*. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>
- SENER. (2021). *Sistema de Información Energética*. Recuperado el Abril de 2021, de <http://sie.energia.gob.mx/>
- SIMEPRODE. (2021). Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://www.nl.gob.mx/simeprode>
- STPS. (2020). *Ocupación por sectores económicos Cuarto trimestre 2020*. Obtenido de https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Ocupacion_sectores.html



Índice de figuras

Figura 1. Marco jurídico de la Estrategia de Transición Energética del Estado de Veracruz	13
Figura 2. Ubicación del estado de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI	17
Figura 3. Producción de energéticos primarios Veracruz en 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020), (CRE, 2021a) y (Masera, 2010)	19
Figura 4. Evolución de la producción de Gas Natural en Veracruz. Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).	19
Figura 5. Evolución de la producción de productos petrolíferos en la refinería Minatitlán (PJ). Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).	20
Figura 6. Evolución de la producción de productos petrolíferos en la refinería Minatitlán (%). Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).	20
Figura 7. Producción de petrolíferos en la refinería Madero durante el año 2020 (%). Fuente: Sistema de Información Energética (SIE).	21
Figura 8. Diagrama de Sankey simplificado de los productos de refinación en Minatitlán en el año 2020. Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (SIE).	21
Figura 9. Procesamiento de gas húmedo en Poza Rica y Matapionche. Fuente: SIE (SENER).	22
Figura 10. Capacidad instalada por tipo de tecnología a 2020 partir de datos de la (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020) y (CRE, 2021a).	24
Figura 11. Capacidad instalada por tipo de permiso a 2019 a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019).	24
Figura 12. Evolución de la generación anual por tecnología periodo 2016 – 2019.	25
Figura 13. Diagrama de Sankey del sector eléctrico en el estado para el año 2019. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 14. Zonas de Carga en el Estado de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de (CENACE, 2021), (OSM, 2021) e (INEGI, 2019c).	27
Figura 15. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Coatzacoalcos. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	28
Figura 16. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Córdoba. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	28
Figura 17. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Huejutla. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	28
Figura 18. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Los Tuxtlas. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	28
Figura 19. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Orizaba. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	29
Figura 20. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Poza Rica. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	29
Figura 21. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Tampico. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	29
Figura 22. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Teziutlán. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	29



Figura 23. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Veracruz. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	30
Figura 24. Demanda horaria promedio en Zona de Carga Xalapa. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.	30
Figura 25. Precio promedio de tarifas residenciales de CFE SSB durante el año 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de CFE.	31
Figura 26. Precio promedio de tarifas no residenciales de CFE SSB durante el año 2020 en división Centro Oriente. Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.	31
Figura 27. Precio promedio de tarifas no residenciales durante el año 2020 en División Golfo Centro. Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.	32
Figura 28. Precio promedio de tarifas no residenciales durante el año 2020 en División Oriente. Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.	32
Figura 29. Precio Marginal Local horario promedio por Zona de Carga durante el año 2018. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx -CENACE.	32
Figura 30. Precio Marginal Local horario promedio por Zona de Carga durante el año 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx -CENACE.	33
Figura 31. Precio Marginal Local horario promedio por Zona de Carga durante el año 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx -CENACE.	33
Figura 32. Capacidad de generación distribuida por municipio a 2019. Fuente: CRE.	34
Figura 33. Generación distribuida por municipio en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE.	35
Figura 34. Consumo de energía por sector y energético	38
Figura 35. Participación en el PIB estatal de las principales actividades económicas en el estado.	41
Figura 36. Contribución de Veracruz al PIB nacional periodo 2016 - 2019)	41
Figura 37. PIB por actividad económica en Veracruz 2016 - 2019.	41
Figura 38. Participación en PIB por tipo de actividad económica sin actividades 48-49 y 93 periodo 2016 - 2019.	42
Figura 39. Intensidad energética por sectores respecto a cuenta Nacional 2019. Fuente: (INEGI, 2020c).....	44
Figura 40. Intensidad energética respecto a cuenta Nacional 2016-2019. Fuente: (INEGI, 2020c)	44
Figura 41. Comparativa de consumo energético por vehículo, periodo 2019.	45
Figura 42. Comparativa de consumo de energía per cápita en sector residencial, 2019.	46
Figura 43. Hogares con privación de bienes económicos. Elaborado con información de (García Ochoa & Graizbord, 2016).	47
Figura 44. Índice de pobreza en el estado de Veracruz. Elaboración propia con información de (García Ochoa & Graizbord, 2016)	48
Figura 45. Presencia de poblaciones indígenas en municipios. Elaborado con información de AZEL	48
Figura 46. Localidades indígenas en territorio estatal de Veracruz. Elaborado con información del AZEL.	49
Figura 47. Infraestructura de transmisión eléctrica en el estado de Veracruz y alrededores. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2019) y OSM (2021).	51



Figura 48. Mapa de Irradiación Directa Normal promedio (Wh/m ² /día) con una resolución espacial de 4 km ² . Fuente: Elaboración propia con datos de INEL (SENER, 2018a).....	53
Figura 49. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia con información de AZEL y OpenStreetMaps.....	54
Figura 50. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con información de AZEL.....	54
Figura 51. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con información de AZEL.....	54
Figura 52. Evolución de la capacidad instalada de SFVGD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021b)	55
Figura 53. Comparativa de Capacidad SFVGD instalada per cápita. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021b)	56
Figura 54. Evolución del uso de calentadores solares de agua en sector residencial. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2020).....	59
Figura 55. Tecnología de calentamiento de agua en residencias del estado de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2020).....	59
Figura 56. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 120 metros de altura. Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL).....	60
Figura 57. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura. Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL).	61
Figura 58. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura. Fuente: Global Wind Atlas.	61
Figura 59. Localización de puntos con alto valor de potencial de generación eólica, según el Escenarios 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2018 a)	62
Figura 60. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación A. Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida de MERRA-2.	62
Figura 61. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación B. Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida de MERRA-2.	62
Figura 62. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación C. Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida de MERRA-2.	62
Figura 63. Líneas de transmisión y polígonos con elevado potencial eólico según Escenario 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AZEL.....	63
Figura 64. Factor de Planta estimado para parques eólicos ubicados en los polígonos del Escenario 3 de AZEL. Fuente: elaboración propia a partir de datos de AZEL.....	63
Figura 65. Potencial energético por biomasa de cultivos especializados en Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).	64
Figura 66. Potencial energético de biomasa proveniente de tala sustentable en Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).	65
Figura 67. Potencial energético de residuos agrícolas y forestales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).	66
Figura 68. Potencial energético de predios en el escenario 3 del AZEL energético de residuos forestales y agrícolas en Veracruz. Elaboración propia con fuente de AZEL (SENER, 2018 a).....	66



Figura 69. Potencial energético de residuos urbanos municipales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).	67
Figura 70. Centros almacenamiento de residuos urbanos y su potencial energético anual. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).	68
Figura 71. Clasificación de centros pecuarios por potencial de aprovechamiento energético. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).	69
Figura 72. Localización de centros con residuos industriales altamente aprovechables para generación energética. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).	69
Figura 73. Aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento “El Ahogado”. Fuente: (GIZ, 2018).....	70
Figura 74. Aprovechamiento energético de biogás proveniente de un relleno sanitario (BENLESA, Nuevo León). Fuente: (BENLESA, 2010)	71
Figura 75. Generación neta anual de la central nucleoelectrica Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx -CENACE.....	73
Figura 76. Generación horaria de la central nucleoelectrica Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia con datos de OBTRENMx – CENACE.....	73
Figura 77. Ubicaciones potenciales para la instalación de nuevas unidades de generación nucleoelectrica. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 78. Regiones de transmisión y enlaces próximos al estado de Veracruz. Fuente: PRODESEN 2018 – 2032.....	75
Figura 79. Condiciones operativas pronosticadas para año 2022 en día de máxima demanda a las 16:30. Fuente: PRODESEN 2019 -2033.....	75
Figura 80. Condiciones operativas pronosticadas para año 2022 en día de máxima demanda a las 23:30. Fuente: PRODESEN 2019 -2033.....	75
Figura 81. Actividades con mayor aportación al PIB estatal 2019. Fuente: (INEGI, 2020).	77
Figura 82. Unidades económicas por municipio en Veracruz 2020. Fuente: (INEGI, 2021)	79
Figura 83. Distribución de u.e. por sector. Fuente: (INEGI, 2021)	80
Figura 84. Consumo energético por sector. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE, 2019) (CFE, 2018a) (SENER, 2019 a).....	81
Figura 85. Unidades económicas por número de personal de planta contratado (INEGI, 2021)	81
Figura 86. Consumo de energía en el sector industrial de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENR, 2019 a) (CFE, 2018)	86
Figura 87. Usos finales de energía del sector industrial. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, Birlain-Escalante, & Grande-Acosta, 2020)	86
Figura 88. Generación de calor en sector industrial por tipo de energético. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, Birlain-Escalante, & Grande-Acosta, 2020).....	87
Figura 89. Generación de calor en sector industrial por temperatura. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020).....	87
Figura 90. Usos finales de electricidad en el sector industrial mexicano. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020).....	88
Figura 91. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector industrial y su porcentaje de ahorro energético	91



Figura 92. Consumo de energía en el sector residencial Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018).....	92
Figura 93. Consumo de energía en el sector residencial. Fuente: (CEPAL, 2018).....	93
Figura 94. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector residencial y su porcentaje de ahorro energético	95
Figura 95. Consumo de energía en el sector comercial y servicios Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)	96
Figura 96. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector comercial y su porcentaje de ahorro energético	100
<i>Figura 97. Consumo de energía en el sector público Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)</i>	<i>101</i>
Figura 98. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector público y su porcentaje de ahorro energético	103
<i>Figura 99. Consumo de energía en el sector transporte Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)</i>	<i>103</i>
Figura 100. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector transporte y su porcentaje de ahorro energético	105
Figura 101. Consumo de energía por tipo de energético en sector agropecuario. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021).....	106
Figura 102. Actividades del sector agropecuario en Veracruz. Fuente: Elaboración propia con información de: (INEGI, 2021).....	107
Figura 103. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector agropecuario y su porcentaje de ahorro energético	109
Figura 104. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020. Fuente: tomada de (STPS, 2020)).....	112
Figura 105. Habitantes por rangos de edad y sexo en la Veracruz. Fuente: INEGI, 2020.....	113
Figura 106. Asistencia escolar en la Veracruz por grupos de edad y sexo 2020. Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2020	113
Figura 107. Población rural y urbana de Veracruz. Fuente: SEMARNAT, 2010; INEGI, 2020	113
Figura 108. Situación laboral por sexo en Veracruz. Fuente: (INEGI,2020)	114
Figura 109. Participación de las mujeres en el subsector 221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final. Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censo Económico, 2019	114
Figura 110. Diferencias en el salario según el sexo y la escolaridad en Veracruz. Fuente: elaboración propia con base en ENIGH, 2018.....	115
Figura 111. Árbol de problemas del sector energético en el estado de Veracruz.....	119
Figura 112. Árbol de soluciones hacia una transición energética para el estado de Veracruz.....	120
Figura 113. Ejes de la Programa de Fomento y Aprovechamiento Sustentable de la Energía para el Estado de Veracruz.....	121
Figura 114. Representación gráfica del vector de posición de mínimo arrepentimiento	144
Figura 115. Priorización de Líneas de Acción Eje 1	147
Figura 116 Priorización de Líneas de Acción Eje 2	147
Figura 117 Priorización de Líneas de Acción Eje 3	148



Figura 118 Priorización de Líneas de Acción Eje 4	148
Figura 119 Priorización de Líneas de Acción Eje 5	148
Figura 120. Priorización de Líneas de Acción Eje 6	148



Índice de tablas

<i>Tabla 1. Energéticos y consumo, sector transporte. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019)</i>	36
<i>Tabla 2. Energéticos y consumo, sector industrial. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019)</i>	36
<i>Tabla 3. Energéticos y consumo, sector residencial. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019).</i>	37
<i>Tabla 4. Energéticos y consumo, sector comercial. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019).</i>	37
<i>Tabla 5. Energéticos y consumo, sector público. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019).</i>	37
<i>Tabla 6. Energéticos y consumo, sector agropecuario. Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2019 a) y (CFE, 2019)</i>	38
<i>Tabla 9. Actividades con mayor aportación al PIB de Veracruz, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)</i>	41
<i>Tabla 10. Actividades terciarias y act. 48-49 y 93, 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)</i>	42
<i>Tabla 9. Comparativa de costos nivelados de las tecnologías renovables y el ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia con datos de Fuente: Elaboración propia con datos de (IRENA, 2020), (NREL, 2020), (LAZARD, 2020) y (CFE, 2018).</i>	51
<i>Tabla 10 Irradiación Directa Normal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar. Fuente: SOLARGIS.</i>	53
<i>Tabla 11. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021c) y (CFE, 2021).....</i>	56
<i>Tabla 12. Número de usuarios por tarifa. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2019).</i>	57
<i>Tabla 13. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado. Fuente: Elaboración propia.</i>	57
<i>Tabla 14. Potencial de generación distribuida por sector. Fuente: Elaboración propia.</i>	57
<i>Tabla 15. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias del estado de Veracruz. Fuente: (INEGI, 2020)</i>	59
<i>Tabla 16. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreados.</i>	62
<i>Tabla 17. Predios con alto potencial de aprovechamiento de residuos forestales. Fuente: AZEL (SENER, 2018 a).....</i>	67
<i>Tabla 18. Potencial energético de centros con residuos sólidos en municipios de Veracruz. Fuente: AZEL (SENER, 2018 a).</i>	68
<i>Tabla 19. Potencial energético de residuos provenientes de actividades pecuarias e industriales. Fuente: INEL (SENER, 2018a).</i>	69
<i>Tabla 20. Potencial energético por digestión anaerobia de residuos pecuarios porcinos en el estado. Fuente: AZEL (SENER, 2018 a).....</i>	69
<i>Tabla 21. Potencial de aprovechamiento energético de desechos industriales en el estado. Elaboración propia con información de AZEL (SENER, 2018 a).</i>	70
<i>Tabla 22. Producto Interno Bruto de Veracruz 2019. Fuente: (INEGI, 2020).....</i>	77
<i>Tabla 23. Distribución de unidades económicas en el estado. Fuente: (INEGI, 2021)</i>	78

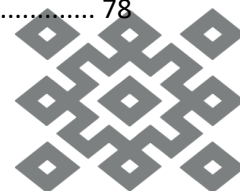


Tabla 24. Los 10 principales tipos de actividad y número de u.e. en el estado. Fuente: (INEGI, DENUE, 2020)	80
Tabla 25. 10 principales municipios con mayor participación del total de u.e. del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	82
Tabla 26. 10 principales municipios con mayor cantidad de microempresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	82
Tabla 27. 10 principales actividades con mayor cantidad de microempresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	83
Tabla 28. 10 principales actividades con mayor cantidad de pequeñas empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	83
Tabla 29. 10 principales municipios con mayor cantidad de pequeñas empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	84
Tabla 30. 10 principales actividades con mayor cantidad de empresas medianas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	84
Tabla 31. Municipios con empresas medianas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	85
Tabla 32. Municipios con grandes empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	85
Tabla 33. 10 principales actividades con mayor cantidad de grandes empresas del sector industrial. Fuente: (INEGI, 2021)	85
Tabla 34. Actividades correspondientes a sector comercial y servicios con mayor participación dentro del estado. Fuente: (INEGI, 2021)	96
Tabla 35. Usos finales de energía por tipo de edificio comercial y de servicios en clima cálido húmedo. Fuente: Elaboración propia con información de (Morillón, et al., 2015)	97
Tabla 36. Actividades correspondientes a sector agropecuario con mayor participación dentro del estado. Fuente: (INEGI, 2021)	106
Tabla 37. Capacidad instalada por tecnología y combustible que utiliza. Fuente: (CRE, 2020)	133
Tabla 38. Capacidad de generación por tipo de permiso a 2019	133
Tabla 39. Generación eléctrica por tecnología (GWh). Fuente: (CRE, 2020)	133
Tabla 40. Tarifas 2010-2017. Fuente: (CFE, 2019)	134
Tabla 41. Tarifas 2018-2019. Fuente: (CFE, 2019)	134
Tabla 42. Tarifas sector residencial. Fuente: (CFE, 2019)	135
Tabla 43. Tarifas sector comercial y de servicios. Fuente: (CFE, 2019)	135
Tabla 44. Tarifas sector industrial. Fuente: (CFE, 2019)	135
Tabla 45. Tarifas sector público. Fuente: (CFE, 2019)	135
Tabla 46. Tarifas sector agropecuario. Fuente: (CFE, 2019)	135
Tabla 49. Consumo total de energía anual periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (SENER, 2019 a)	137
Tabla 48. Consumo sectorial y su participación relativa para 2019. Fuente: (SENER, 2019 a)	137
Tabla 49. Consumo de energía eléctrica por sector periodo 2016 -2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) ..	138
Tabla 50. Consumo de energéticos en el sector residencial periodo 2016 – 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a)	138
Tabla 51. Consumo de energéticos en el sector agropecuario periodo 2016- 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a)	138
Tabla 52. Consumo de energéticos en el sector comercial periodo 2016 -2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a)	138



Tabla 53. Consumo de energéticos en el sector transporte periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).	138
Tabla 54. Consumo de energéticos en el sector industrial periodo 2016 -2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).	139
Tabla 55. Consumo de energéticos en el sector público periodo 2016 - 2019 (PJ). Fuente: (CFE, 2018a) (SENER, 2019 a).	139
Tabla 56. Participación (%) por energético en el consumo total 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).	139
Tabla 57. Sectores y tipo de actividades económicas consideradas.....	140
Tabla 58. Número de contratos y capacidad total por rangos de capacidad del SFVGD.....	141
Tabla 59. Número y capacidad promedio de contratos por sector.	142
Tabla 60. Escala de calificación para criterios de evaluación de Líneas de Acción.	147



Glosario

APBT	Tarifa eléctrica para Alumbrado Público en Baja Tensión
APMT	Tarifa eléctrica para Alumbrado Público en Media Tensión
AZEL	Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias
CEL	Certificado de Energía Limpia
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CFE	Comisión Federal de Energía
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DAC	Tarifa eléctrica para Domicilio de Alto Consumo
DIST	Demanda Industrial en Sub-Transmisión
DIT	Demanda Industrial en Transmisión
GDBT	Tarifa eléctrica para Gran Demanda Baja Tensión
GDMTH	Tarifa eléctrica para Gran Demanda Media Tensión Horaria
GDMTO	Tarifa eléctrica para Gran Demanda Media Tensión Ordinaria
GJ	Giga Joule (unidad de energía) equivalente a mil millones de Joules
GLP	Gas licuado de petróleo
GWh	Gigawatt-hora (unidad de energía) equivalente a mil millones de watts durante 1 hora o a 3600 miles de millones de Joules
IE	Intensidad energética
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INEL	Inventario Nacional de Energías Limpias de la SENER
kW	Kilowatt (unidad de potencia o energía por unidad de tiempo) equivalente a mil watts o a un millón de Joules por segundo
LCOE	Costo nivelado de la energía, por sus siglas en inglés
MW	Megawatt (unidad de potencia o energía por unidad de tiempo) equivalente a un millón de watts o a un millón de Joules por segundo
MWh	Megawatt-hora (unidad de energía) equivalente a un millón de watts durante 1 hora o a 3600 millones de Joules
MXN	Peso mexicano
NOM	Norma Oficial Mexicana
PDBT	Tarifa eléctrica para Pequeña Demanda Baja Tensión
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PIBE	Producto Interno Bruto Estatal



PJ	Peta Joule (unidad de energía) equivalente a mil billones de Joules
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
RABT	Tarifa eléctrica para Riego Agrícola en Baja Tensión
RAMT	Tarifa eléctrica para Riego Agrícola en Media Tensión
RGD	Redes Generales de Distribución
RNT	Red Nacional de Transmisión
SCJN	Suprema Corte de Justicia de la Nación
SEMA	Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del estado de Quintana Roo
SENER	Secretaría de Energía
SFVGD	Sistema fotovoltaico de generación distribuida
SIE	Sistema de información energética de la SENER
SMART	Acrónimo en inglés para los rubros que debe abarcar un objetivo: Específico, medible, alcanzable, relevante y en tiempo
STPS	Secretaría del trabajo y Previsión Social
TJ	Tera Joule (unidad de energía) equivalente a un billón de Joules
u.e.	Unidad económica
USD	Dólar estadounidense
VPMA	Vector de posición de mínimo arrepentimiento

