

Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables

Secretaría de Ecología
y Medio Ambiente de Quintana Roo

OCTUBRE 2021



MENSAJE DEL C.P. CARLOS JOAQUÍN GONZÁLEZ GOBERNADOR DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

Quintana Roo es una entidad federativa del país con una clara vocación por la sustentabilidad, criterio que ya está inscrito en el artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y que nos mandata la construcción de una interrelación armónica entre la sociedad y la economía con el aseguramiento de la salud y la riqueza de nuestros recursos naturales: mangles y humedales, las costas, los arrecifes y la biodiversidad que los acompaña.

A partir de los años setenta del siglo pasado, se definió para la entidad una ruta económica que ha generado bienestar y prosperidad para los habitantes de la región, a través de la construcción de una infraestructura turística de calidad mundial que ha atraído millones de visitantes nacionales y extranjeros anualmente. En el año 2019, antes de la pandemia por COVID-19, más de 22 millones de personas visitaron y disfrutaron de nuestras bellezas naturales y de la gran hospitalidad de las y los quintanarroenses.

Hacer realidad el criterio de sustentabilidad implica, por tanto, superar los retos que nos ha planteado el modelo de desarrollo económico fincado fundamentalmente a lo largo del hermoso litoral costero, entre los cuales uno de los más sensibles es el de superar la dependencia en la generación de energía basada en combustibles

fósiles, pues hoy más del 90% de la electricidad que consumimos en Quintana Roo proviene de la quema de diésel y combustóleo.

En este contexto, he impulsado dos acciones recientes. La primera fue promover ante la H. XVI Legislatura del Estado, una iniciativa de reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Quintana Roo, con el propósito de transferir la competencia en la promoción de la eficiencia energética y el fomento de las energías renovables a la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente. De este modo, hoy las acciones para el impulso a las energías limpias están en la institución responsable de la adaptación y la mitigación al cambio climático, lo que favorecerá la concertación transversal en este tema que es básico para la sustentabilidad.

La segunda acción ha sido fortalecer la planeación y la construcción de políticas públicas, mismas que se han incorporado como sendas líneas de acción en nuestro Plan Estatal de Desarrollo y el Programa Sectorial de Medio Ambiente y ahora, con la publicación de este **Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables** que ha sido posible con la generosa colaboración de la Iniciativa Climática de México (ICM), estamos sentando las bases para proponer a la sociedad quintanarroense acciones específicas que permitan que nuestro ansiado desarrollo económico nos produzca equidad social y respeto al medio ambiente. En suma, un desarrollo sustentable para Quintana Roo.

MENSAJE DEL LIC. EFRAÍN VILLANUEVA ARCOS SECRETARIO DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

A raíz de que México fue el país anfitrión en 2010 de la versión 16 de la Conferencia de las Partes, mejor conocida como COP-16, y que la misma se realizó en Cancún, Quintana Roo, con la participación de representantes de más de 190 países, el tema de las acciones para adaptación y mitigación al cambio climático se concertaron en los llamados “Acuerdos de Cancún”, cuyo propósito fue establecer un programa de reducción de gases de efecto invernadero legalmente vinculante, que limite el incremento promedio de la temperatura de la superficie de la tierra por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales.

Ese gran evento, llevado a cabo aquí en el Caribe Mexicano, detonó varias acciones en el Estado de Quintana Roo, una de las más relevantes fue la aparición de la Ley de Acción de Cambio Climático del Estado de Quintana Roo aprobada por el H. Congreso del Estado el 15 de marzo de 2012, que fue la primera ley en su tipo en el país en la que ya se establecía en su artículo 1 fracción X, “promover la transición hacia un desarrollo sustentable y de bajas emisiones de carbono”.

Sin lugar a dudas, Quintana Roo ha dado pasos importantes para cumplir con su normatividad ambiental pero, también debemos reconocerlo, aún tenemos grandes retos por cumplir. La deforestación

y la degradación de los suelos, la inadecuada gestión de los residuos, la pérdida de la biodiversidad y la escasa sustentabilidad del sector eléctrico, entre otros, son componentes transversales de la agenda estatal que debemos atender con urgencia.

En este contexto, la aparición del **Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y**

del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables, preparado con la participación y opinión de representantes de la academia, del sector privado, de la sociedad civil y de los tres niveles de gobierno, representa una gran oportunidad para avanzar en los "Acuerdos de Cancún" y en la ruta de la descarbonización de las actividades económicas, principalmente de la producción de energía.

AGRADECIMIENTOS

El **Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables** fue elaborado por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente en cooperación con el Programa “Apoyo a la Implementación de la Transición Energética en México” (TrEM) de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ por sus siglas en alemán) mediante un *Grant Agreement* por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania con Iniciativa Climática de México A.C. (ICM) como asesor técnico científico y del proceso de planeación.

Agradecemos al Grupo de Trabajo para la elaboración del Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables por su participación en las sesiones de trabajo.

CONTENIDO

Mensaje del C.P. Carlos Joaquín González
Gobernador del Estado de Quintana Roo I

Mensaje del Lic. Efraín Villanueva Arcos
Secretario de Ecología y Medio Ambiente III

Agradecimientos V

Marco jurídico 1
 Ámbito federal 2
 Ámbito estatal 2

Perspectiva de género 7
 Introducción 8
 Diagnóstico de perspectiva de género en el estado
 de Quintana Roo 8
 Diagnóstico institucional 11

Diagnóstico Energético Estatal 13
 Introducción 14
 Características generales y población 15
 Poblaciones indígenas 17
 Resultados 19
 Producción 19
 Transformación – Capacidad de generación 20
 Transformación – Generación eléctrica 21
 Balance del sector eléctrico 21
 Transformación – Generación distribuida 24
 Consumo por energético y por sector 26

Indicadores 30
 Fuentes del consumo energético 31
 ECONOMÍA 32
 Producto Interno Bruto 32
 Intensidad Energética 34
 Energía por vehículo 36
 Energía per cápita 37
 Indicadores Sociales 38
 Pobreza Energética 38

**Potenciales de Aprovechamiento de Energías
Renovables e Implementación de Medidas de
Eficiencia Energética** 40
 **Potencial de aprovechamiento de energías
renovables** 41
 Centrales fotovoltaicas de gran escala 44
 Generación fotovoltaica distribuida 46
 Aprovechamiento térmico 49
 Recurso eólico 51
 Recurso bioenergético 56
 Energías oceánicas 61
 Energía maremotérmica 62
 Medidas de eficiencia energética 63
 Diagnóstico Sustentable 64
 Sector Industrial 69
 Sector Residencial 73
 Sector Comercial 76
 Sector Hotelero 80
 Sector Público 83
 Sector Transporte 86
 Sector Agropecuario 89

Misión, Visión y Objetivos	92
Misión	93
Visión	93
Metodología para definir los objetivos	94
Metodología de Marco Lógico	94
Análisis del problema	94
Árbol de problemas del estado de Quintana Roo	94
Análisis de alternativas de solución	99
Árbol de soluciones del Estado de Quintana Roo	99
Ejes del Plan	102
Objetivos del Plan	104
Metodología SMART	104
Análisis SMART	105
Objetivos del Eje 1 Crear y mantener un sistema estatal de información energética	106
Objetivos del Eje 2 Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética	107
Objetivos del Eje 3 Fomentar la inversión en energías renovables	109
Objetivos del Eje 4 Impulsar la educación y la investigación en materia de transición energética	110
Objetivos del Eje 5 Incrementar el uso del transporte menos contaminante	111
Objetivos del Eje 6 Reducir la pobreza energética	112

Líneas de Acción	113
Anexos	122
Anexo Metodológico del Diagnóstico	123
Producción	123
Transformación	123
Consumo	125
Indicadores	129
Anexo metodológico para la toma de decisiones	134
Alternativas para el Eje 1	135
Alternativas para el Eje 2	135
Alternativas para el Eje 3	136
Alternativas para el Eje 4	137
Alternativas para el Eje 5	137
Alternativas para el Eje 6	138
Referencias	145
Tablas	151
Figuras	153

Marco jurídico



Ámbito federal

El presente Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables 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 de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030, a través de la alineación con el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Quintana Roo.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos funda, en el artículo 4, los derechos a un medio ambiente sano y a la protección de la salud. También, en el artículo 25, 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. Por su parte, la 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

El Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables está alineado al Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022. Además, desde el ámbito estatal, el Plan encuentra fundamento en las leyes según se presenta a continuación.



Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Artículo 4. Derechos al medio ambiente sano y a la protección de la salud. Artículos 2, 25, 27 y 28. Desarrollo nacional integral y sustentable.

Ley de Planeación

Desarrollo equitativo, incluyente, integral, sustentable y sostenible, y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas.

Ley de Transición Energética

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

TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO

Ley para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables en el Estado de Quintana Roo

Artículos 1, 5, 7, 8, 15, 18, 31, 32 y 33. Impulso y fomento al aprovechamiento de la eficiencia energética y las energías renovables, incluyendo la planeación en la materia.

Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo

Artículos 1, 19 y 20. Preservar el derecho a un medio ambiente sano. Acciones para la mitigación y adaptación del cambio climático. Medidas de eficiencia energética y aprovechamiento de energías renovables.

Ley de Desarrollo Económico y Competitividad para el Estado de Quintana Roo

Artículos 5 y 37. Energía como instrumento del desarrollo sustentable. Energías renovables como factor de competitividad. Instrumentos de apoyo y promoción a la utilización de energías renovables y eficiencia energética para minimizar o eliminar la contaminación de procesos generadores. SEMA con atribuciones del sector energético (reforma al Art. 37).

Ley de Turismo del Estado de Quintana Roo

Artículo 3. Mecanismos para la conservación, mejoramiento, protección y aprovechamiento de los recursos turísticos preservando el equilibrio ecológico. Criterios de beneficio social, sustentabilidad y competitividad.

Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de Residuos del Estado de Quintana Roo

Artículos 3, 7, 10 y 31. Valorización y aprovechamiento energético de los residuos. Aprovechamiento sostenible de los residuos. Fomento a la economía circular. Mitigar gases con efecto invernadero y evitar daños a la salud humana y a los ecosistemas.

Ley de Movilidad del Estado de Quintana Roo

Artículos 3, 7, 10 y 31. Desplazamiento de las personas en condiciones de seguridad, calidad, igualdad y sustentabilidad. Políticas con principios de sustentabilidad y bajo carbono. Fomento de vehículos limpios, tecnologías sustentables. Planeación en la materia con criterios de sustentabilidad y eficiencia.

Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo

Artículos 28 y 40. Se dará preferencia a la utilización de fuentes de energía limpias o renovables en la red de distribución de energía eléctrica de las obras de infraestructura urbana de los fraccionamientos y conjuntos urbanos. El uso de energías eficientes y alternativas se considera infraestructura verde.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO QUINTANA ROO 2016-2022

En los Programas 2, 27, 28 y 30 se incluye la promoción del uso e implementación de energías renovables, tecnologías limpias y eficiencia energética que ayuden a mitigar el cambio climático.

Figura 1. Marco jurídico del Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables.

Ley para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables en el Estado de Quintana Roo

- **Artículo 1.** Promoción a la planeación en materia de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.
- **Artículos 5, 15 y 18.** Sobre el Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables.
- **Artículos 5, 7, 8 y 15.** Sobre el impulso, investigación, innovación, capacitación y difusión de los beneficios de la eficiencia energética y las energías renovables.
- **Artículos 31 a 33.** Aprovechamiento de la radiación solar, energía del viento y la energía de los bioenergéticos.

Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo

- **Artículo 1.** Preservar el derecho a un medio ambiente adecuado. Promover la transición hacia un desarrollo sustentable y de bajas emisiones.
- **Artículo 19.** El Gobierno del Estado y los Municipios, impulsarán el ahorro y la eficiencia energética, promoverán el uso de energía de origen renovable, desarrollarán planes de eficiencia energética y de utilización de las energías renovables.
- **Artículo 20.** Las Autoridades Estatales y Municipales velarán porque se integren medidas que impulsen el ahorro y la eficiencia energética, así como la utilización de fuentes de energía menos intensivas en carbono.

Ley de Desarrollo Económico y Competitividad para el Estado de Quintana Roo

- **Artículo 5.** Promover la utilización de tecnología limpia que reduzca, minimice o elimine el grado de peligrosidad y contaminación de procesos generadores. Establecer instrumentos de apoyo para la eficiencia energética y el desarrollo tecnológico para el uso de energías renovables como el factor de competitividad.
- **Artículo 37.** (Reformado el 16/07/21) La Secretaría de Ecología y Medio Ambiente coordinará la promoción inversiones para generar energía basadas en fuentes primarias renovables, promover el uso eficiente de la energía, incorporar la variable energética como instrumento de desarrollo sustentable, promover el desarrollo tecnológico para la generación de energía con fuentes renovables vinculándolo con las instituciones de investigación y fomentar la generación y consumo de energía que contribuyan a evitar el calentamiento global del planeta. Además, se contará con la Comisión de Energía del Estado de Quintana Roo como órgano consultivo).

Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Quintana Roo

- Del decreto 133 por el cual se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones normativas de carácter administrativo del Estado de Quintana Roo publicado en fecha 16 de julio del 2021 en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo.
- **Artículo 36.** Facultad de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo, para conducir y evaluar las políticas y programas estatales en materia del uso eficiente de energía y el fomento del aprovechamiento de energías renovables.

Ley del Turismo del Estado de Quintana Roo

- **Artículo 3.** Dictar bajo criterios de beneficio social, sustentabilidad, competitividad y desarrollo equilibrado del Estado y de los Municipios, a corto, mediano y largo plazo, las bases para la política, planeación y programación de la actividad turística en Quintana Roo.

Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de Residuos del Estado de Quintana Roo

- **Artículo 3.** Implementación de esquemas e inversiones que tengan por objeto la valorización y el aprovechamiento energético de los residuos y la recuperación de materia y energía, con el fin de garantizar un aprovechamiento sustentable con el fin de proteger la salud humana y del medio ambiente.
- **Artículo 7.** Fomentar aprovechamiento energético de residuos y la inversión para la implementación de tecnología sostenible, energías renovables y energías limpias que permitan la valorización y aprovechamiento energético de los residuos.
- **Artículo 10.** La Secretaría de Ecología y Medio Ambiente es responsable de responder a proyectos que permitan impulsar el aprovechamiento energético o cualquier otro tipo de valorización de los residuos sólidos urbanos, biorresiduos y de manejo especial.
- **Artículo 31.** La planeación y programación de la política pública adoptará criterios de promoción del uso de tecnologías para aprovechamiento energético y valorización de los residuos, con el objeto de prevenir daños, mitigar gases con efecto invernadero y evitar daños a salud humana y los ecosistemas.

Ley de Movilidad del Estado de Quintana Roo

- **Artículo 3.** Garantizar la promoción, el respeto, la protección y la garantía del derecho humano a la movilidad, establecer las bases y directrices para planificar, regular y gestionar la movilidad de las personas y del transporte de bienes, así como garantizar el poder de elección que permita el efectivo desplazamiento de las personas en condiciones de seguridad, calidad, igualdad y sustentabilidad, que satisfaga las necesidades de las personas y el desarrollo de la sociedad en su conjunto.
- **Artículo 9.** Principios de sustentabilidad y bajo carbono: Solucionar los desplazamientos de personas y sus bienes, con los mínimos efectos negativos sobre la calidad de vida y el medio ambiente, al incentivar el uso de transporte público y no motorizado, así como impulsar el uso de tecnologías sustentables en los medios de transporte.
- **Artículo 14.** El Instituto promoverá, impulsará y fomentará el uso de vehículos limpios, no motorizados y/o eficientes, sistemas con tecnologías sustentables, así como el uso de otros medios de transporte amigables con el medio ambiente, utilizando los avances científicos y tecnológicos, en el ámbito de sus competencias.
- **Artículo 43.** La planeación de la movilidad y de la seguridad vial en el Estado de Quintana Roo, observará criterios para garantizar que la movilidad fomente el desarrollo urbano sustentable y la funcionalidad de la vía pública.

Ley de Acciones Urbanísticas del Estado de Quintana Roo

- **Artículo 28.** Las obras de infraestructura urbana de los fraccionamientos y conjuntos urbanos comprenderán, entre otras, redes de distribución de energía eléctrica con preferencia a la utilización de fuentes de energía limpias o renovables.
- **Artículo 40.** La infraestructura verde contempla dentro de su clasificación, a la categoría del uso de energías eficientes y alternativas tales como los sistemas ahorradores de energía, la generación de energía alternativa a la de combustibles fósiles y todo aquello que permita la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como de la huella ecológica y de carbón.

Perspectiva de género



Introducción

Un componente ineludible y de vital importancia para el gobierno del estado de Quintana Roo es la perspectiva de género. Dentro del marco del Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables, la perspectiva de género se integra como un eje transversal para definir los objetivos y líneas de acción.

En consecuencia, se ha realizado un estudio consistente en 2 etapas para asegurar que el Plan contemple la perspectiva de género y 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 Quintana Roo, 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.

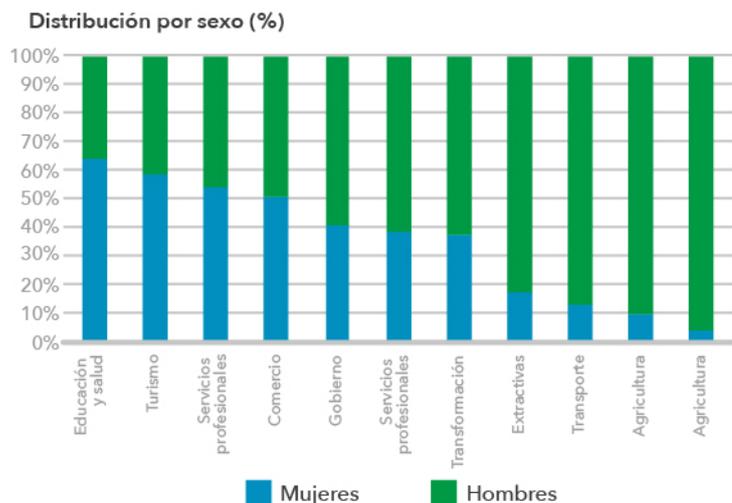
Diagnóstico de perspectiva de género en el estado de Quintana Roo

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

Partimos del hecho de 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 2). 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 2. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020.

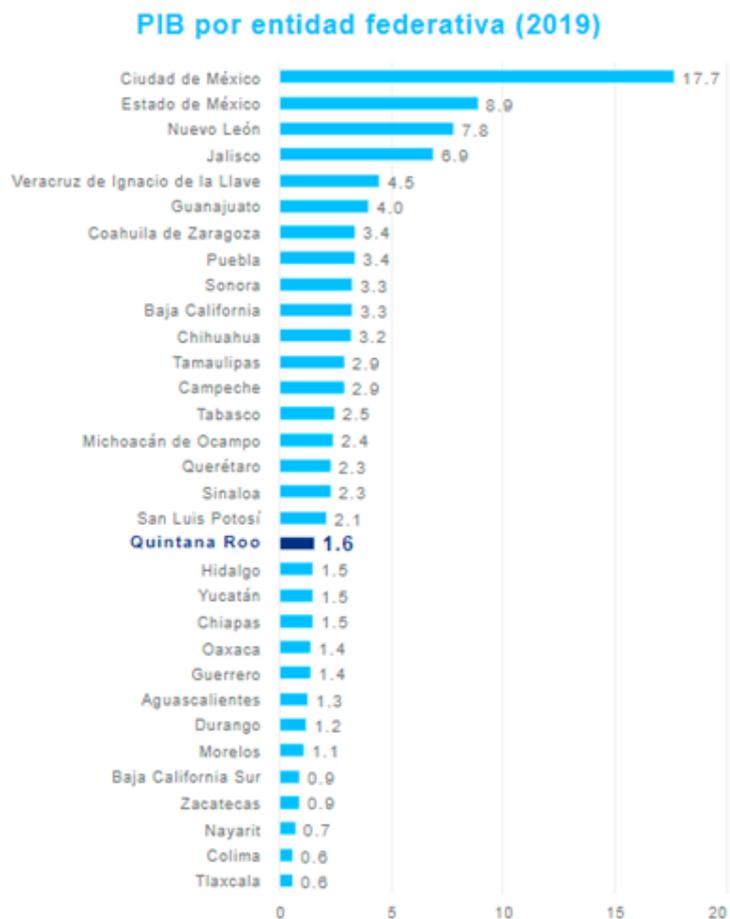


Fuente: Tomada de STPS, 2020.

Datos

Para el año 2019 el PIB de Quintana Roo fue del 1.6% del nacional, siendo así el décimo noveno estado con mayor aportación al PIB del país. Entre las actividades primarias, secundarias y terciarias, el estado de Quintana Roo no está como principal aportador al PIB del país. Las actividades terciarias aportan en un 86.5% a su PIB, seguido de 12.8% de las secundarias y por último el 0.7% de las primarias. (INEGI, 2020a).

Figura 3. Producto interno bruto por entidad federativa en 2019.



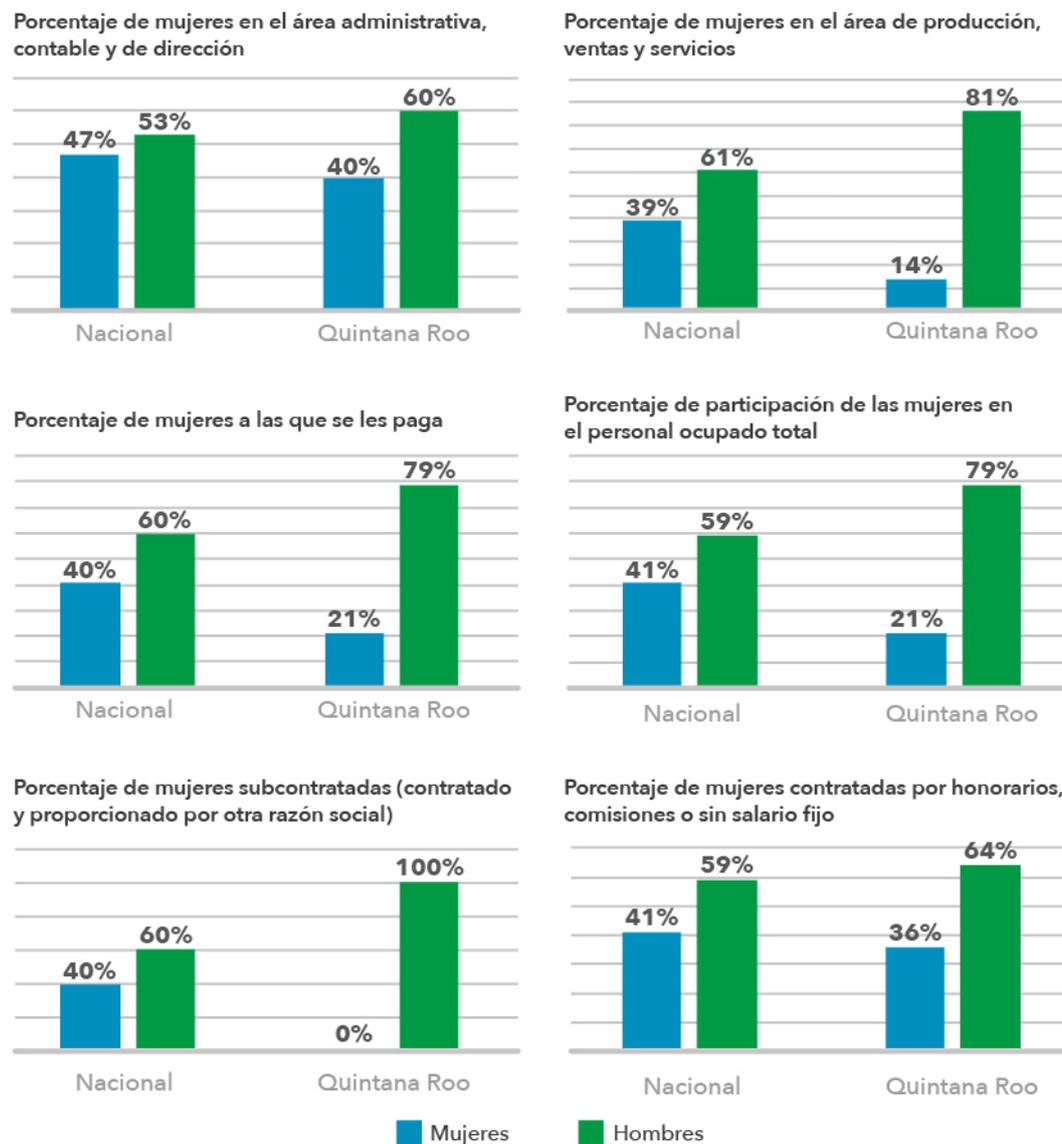
Fuente: Tomada de INEGI, 2019a.

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

A partir del ordenamiento y análisis de datos e indicadores secundarios consultados en los sistemas de cuentas nacionales y relevantes a 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 (ver por ejemplo la Figura 4) La información mostrada emplea datos obtenidos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) en la Encuesta de Ingreso y Gasto de los Hogares 2018, el Censo Económico 2019 y el Censo de Población y Vivienda 2020, principalmente.

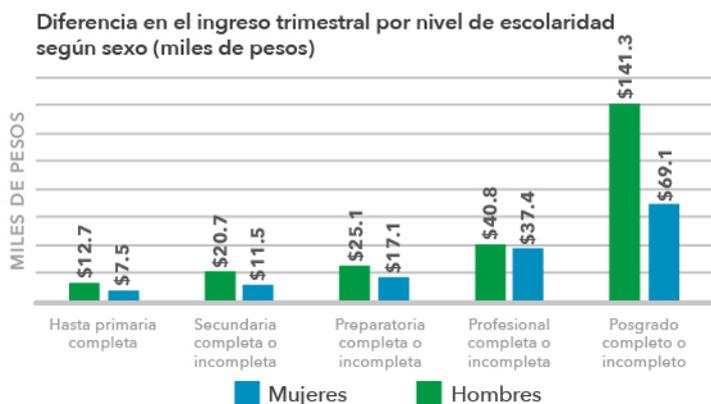
Los datos consultados en el Censo Económico (INEGI, 2019b), sobre la participación de mujeres en el ámbito laboral, posición en la estructura organizativa y nivel de remuneraciones presenta datos hasta nivel subsector (subsector 221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía 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 generación y comercialización de energía eléctrica (rama 2211 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica), limitando el panorama del nivel de perspectiva de género en esta actividad económica al compartir datos con las actividades destinadas al suministro de agua y gas. De esta forma, se identifica la necesidad de un estudio para que se pueda acotar la disposición de estos datos al sector energético como resultado de investigaciones de campo posteriores o con la actualización en los datos del Censo.

Figura 4. Participación de las mujeres en el sector 221 de las cuentas nacionales.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL, 2018.

Figura 5. Diferencias en el salario según el sexo y la escolaridad en el estado de Quintana Roo.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2018.

Diagnóstico institucional

El presente diagnóstico consiste en un ejercicio simple de traducción de la información cualitativa obtenida en términos cuantitativos que permita ilustrar 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 perspectiva de género en el sector energético:

- La aplicación del marco legal 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.

Tabla 1. Presupuesto para las instituciones y programas de mujeres en Quintana Roo.

Quintana Roo		
Total presupuestario 2021 (pesos)	Instituto Quintanarroense de la Mujer (pesos)	Porcentaje del presupuesto 2021
33,860,864,890.00	43,703,463.00	0.13 %

Tabla 2. Marco jurídico en materia de mujeres, género y/o perspectiva de género.

Institución o Ley	Ley	Publicación	Reforma
Institución	Instituto Quintanarroense de la Mujer		20-jun-08
Ley	Ley del Instituto Quintarroense de las Mujeres		20-jun-08
Ley	Ley para la Igualdad entre Mujeres y Hombres del Estado de Quintana Roo	27 de octubre 2009	18-dic-20
Reglamento	Reglamento de Operación de la Ley para la Igualdad entre Mujeres y Hombres del Estado de Quintana Roo	05 de marzo 2010	
Ley	Ley de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia para el Estado de Quintana Roo	mayo de 2008	6-abril-2021
Reglamento	Reglamento Interior del Instituto Quintarroense de las Mujeres	31 de octubre 2011	
PLANES Y PROGRAMAS			
Tipo	Periodo	Periodo	Eje estratégico
Plan	Eje 1. Desarrollo y diversificación económica con oportunidades para todos	2016–2022	PROGRAMA 1. EMPLEO Y JUSTICIA LABORAL 1.1.3 Promover la igualdad de oportunidades laborales para mujeres, jóvenes, adultos mayores, personas con discapacidad y grupos indígenas
Plan	Eje 4. Desarrollo social y combate a la desigualdad	2016–2022	Programa 26: Igualdad de género. 4.26.1 Elaborar el Programa Estatal para la Igualdad entre Mujer y Hombres
Programa	Programa Igualdad de Género (Plan Estatal de Desarrollo)	25 de enero de 2017	
Plan	Fortalecimiento del Programa Estatal para Prevenir, Atender, Sancionar y Erradicar la Violencia contra las Mujeres de Quintana Roo, con un enfoque de Gestión por Resultados de Desarrollo (GPRD), en el marco de la declaratoria de alerta de violencia de género.	2018–2022	

Se han realizado entrevistas a distintas instituciones para conocer el contexto actual en el que las entidades y dependencias del gobierno del estado de Quintana Roo han diseñado y/o implementado acciones o medidas en materia de género, con especial enfoque a aquellas relacionadas al sector energético o el uso de energía. A continuación se presenta, a manera de resumen, las notas obtenidas en dichas entrevistas, organizadas por temáticas tratadas en cada una de ellas.

Energía y sistema público de cuidados

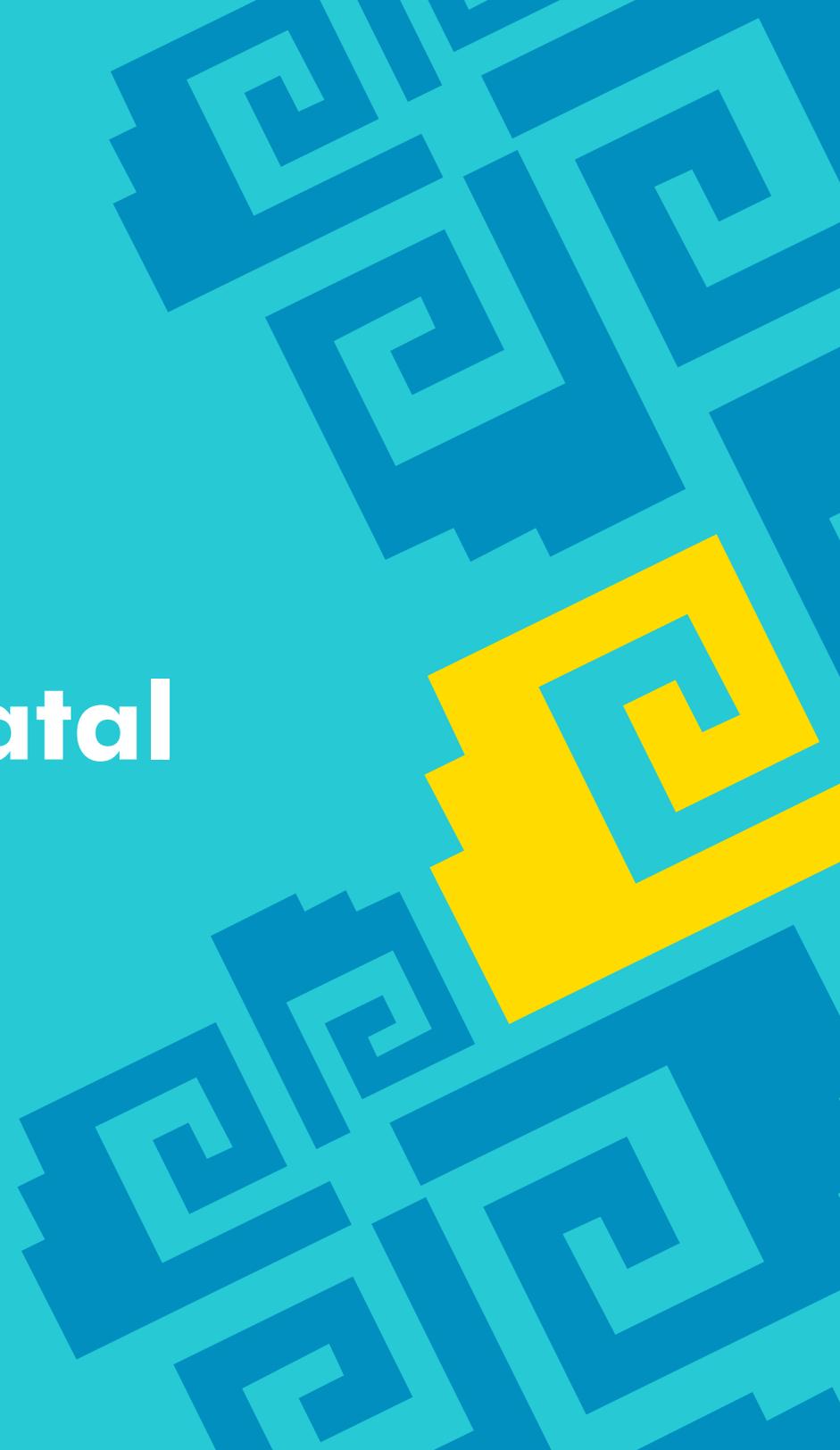
Las preguntas realizadas en este apartado fueron: ¿Existe algún tipo de información sobre el sistema nacional de cuidados? ¿Algún tipo de información sobre la necesidad energética de un sistema público de cuidados?

Sin embargo, a la fecha, no se ha encontrado información en la búsqueda, ni se ha recibido atención por parte de los contactos proporcionados

Otras Iniciativas:

La REDMEREER señala que se tiene previsto un diagnóstico de participación de las mujeres en el sector; no obstante, este dato no ha podido ser confirmado de manera oficial.

Diagnóstico Energético Estatal



Introducción

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 Quintana Roo.

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 Quintana Roo, 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 las subsecciones de: las Características generales y población, los Resultados y los Indicadores. En las características generales y población se detalla la situación estatal en cuanto a sus habitantes se refiere, incluyendo la identificación de las poblaciones indígenas. Los Resultados muestran la información energética de Quintana Roo 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 Quintana Roo. Al final del documento se agrega un Anexo metodológico que 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

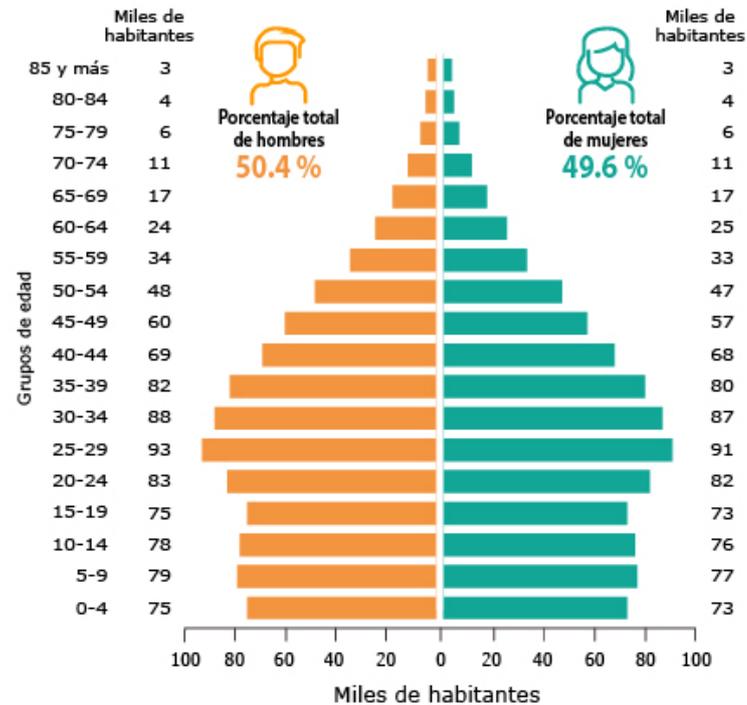
El estado de Quintana Roo está ubicado en la península de Yucatán, región sureste del país, limitando al norte con el estado de Yucatán y el golfo de México, al este con el mar Caribe, al sur con Belice y al oeste con el estado de Campeche. (SCJN, 2014).

El clima en las regiones centro y este, es tropical, con lluvias en otoño. Al oeste es tropical, pero con lluvias intensas en verano. Al norte, el clima es de sabana con lluvias periódicas e invierno seco. La temperatura media anual en el estado es de 26 °C.

Quintana Roo tiene 1,857,985 habitantes, de los cuales 921,206 son mujeres (49.6%) y 936,779 (50.4%) son hombres, siendo el estado número 24 en número de habitantes. La densidad poblacional es de 42 personas por kilómetro cuadrado, estando entre los diez estados menos densamente poblados del país. Para el año 2020 el 90 % de la población vivía en localidades urbanas y el 10% en localidades rurales, a pesar de que hay 2,180 localidades rurales y 27 urbanas. La capital del estado es Chetumal, pero la ciudad más poblada es Cancún, ambas ciudades con una alta incidencia de turismo. (INEGI, 2020b).

Quintana Roo ocupa el noveno lugar con mayor grado de escolarización, en la población de 15 años del país, con un promedio de 10.2 años de estudio, lo que significa que la población de esta edad tiene un poco más del primer año de bachillerato. Por otra parte, de cada 100 personas de 15 años en adelante, 4 no tienen ningún grado de escolaridad, 46 tienen la educación básica terminada, 29 finalizaron la educación media

Figura 6. Habitantes por rangos de edad y sexo en el estado de Quintana Roo.

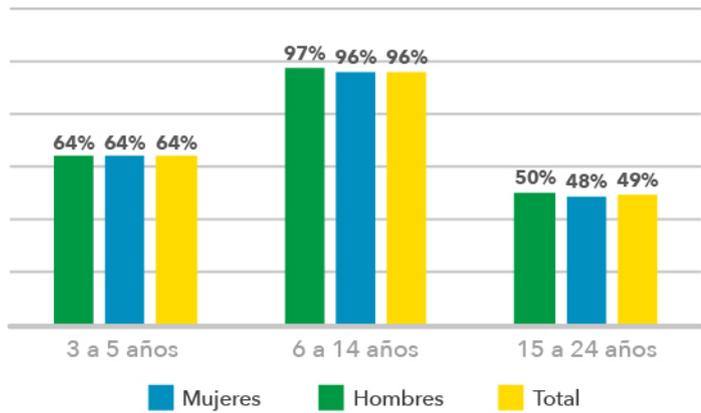


Fuente: INEGI, 2020b.

superior y solo 22 concluyeron la educación superior y en general, la asistencia escolar en todos los rangos de edad es mayor en las mujeres. (INEGI, 2020b).

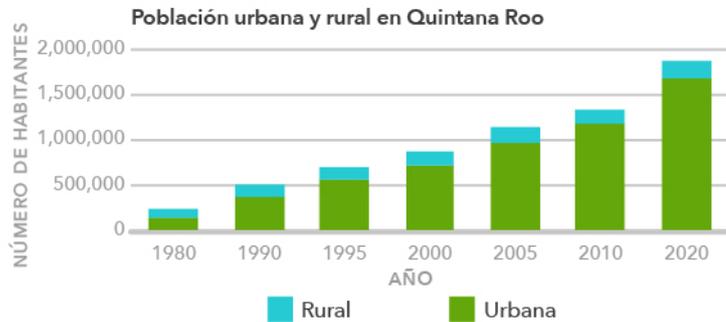
En el estado, en 2020, 1.17 millones de habitantes se encontraban en zonas urbanas mientras que 540 mil lo hacían en zonas rurales. (INEGI, 2020b).

Figura 7. Asistencia escolar en el estado de Quintana Roo, por grupos de edad y sexo 2020.



Fuente: Tomada de INEGI, 2020b.

Figura 8. Población rural y urbana del Estado de Quintana Roo.

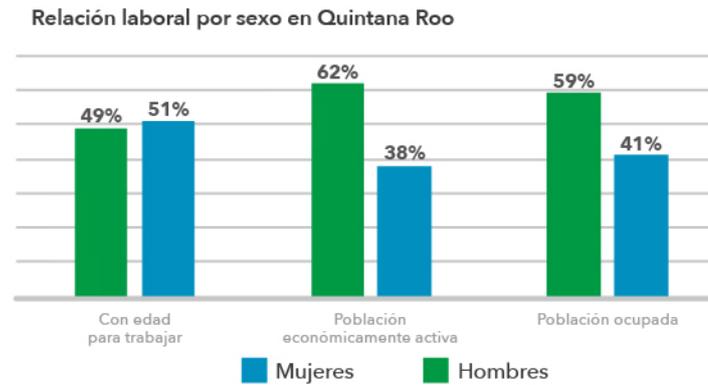


Fuente: INEGI, 2020b.

En el cuarto trimestre de 2020, la población con edad para trabajar de Quintana Roo fue de 1.374.870 personas. La población económicamente activa fue de 845.007 personas, de esa población la cantidad de ocupados es de 70.809 que es el 8.3% de la población que podría trabajar.

El ingreso laboral per cápita real, disminuyó 18.9% entre el cuarto trimestre de 2019 y el cuarto trimestre de 2020, al pasar de \$2,396.15 a \$1,942.81 pesos constantes. Las ocupaciones en las que se concentra la economía son comercio con 368.942 personas (53.6% hombres y 46.4% mujeres) y servicios con 136.521 (50.9% hombres y 49.1% mujeres). (STPS, 2021).

Figura 9. Situación laboral por sexo en Quintana Roo.



Fuente: STPS, 2021.

Según los datos de la CONEVAL (CONEVAL, 2018), en 2018 el 27.6% de la población (474.8 miles de personas) se encuentran en situación de pobreza moderada y el 3.5% (59.8 miles de personas) en pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 36,1%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 4,1% (70.5 miles de personas). Para este mismo año, 15.6% de la población en Quintana Roo no tenía acceso a servicios de salud, 17.9% no contaba con acceso a alimentación y el 21,8% no tenía acceso a los servicios básicos de la vivienda.

Poblaciones indígenas

De acuerdo con el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL), en el estado de Quintana Roo, 797 de 973 localidades tienen más de 90% de población indígena.

El promedio de habitantes por localidad es de 506.

Existen cinco localidades con más de 10 mil habitantes indígenas: Cancún (146,544), Playa del Carmen (34,932), Chetumal (26,142), Cozumel (22,675) y Felipe Carrillo Puerto (19,275).

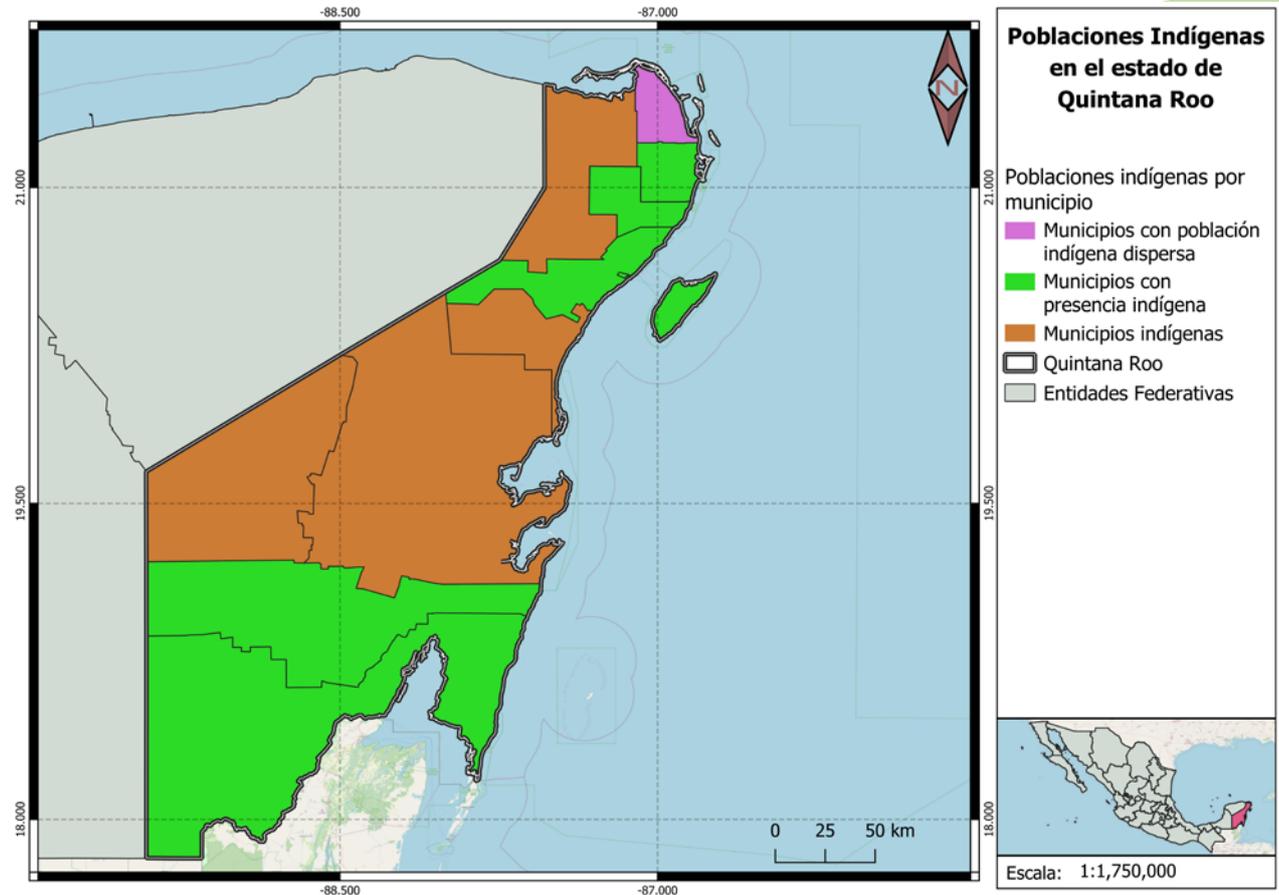
En Cozumel y en Felipe Carrillo Puerto, la población indígena representa 29% y 75% del total de la población del municipio, respectivamente.

A pesar de que la mayoría de los municipios tienen presencia indígena, solamente 4 son considerados como municipios indígenas: Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos, Tulúm y Lázaro Cárdenas.

A su vez, con datos de la CONAPO reportados en el AZEL, el 24% de las localidades son considerados con alto grado de marginación y el 7% presenta un grado muy alto de marginación.

En la Figura 10 se muestran los municipios indígenas, en color café; los municipios con presencia indígena, en color verde; y los municipios con población indígena dispersa, en color magenta.

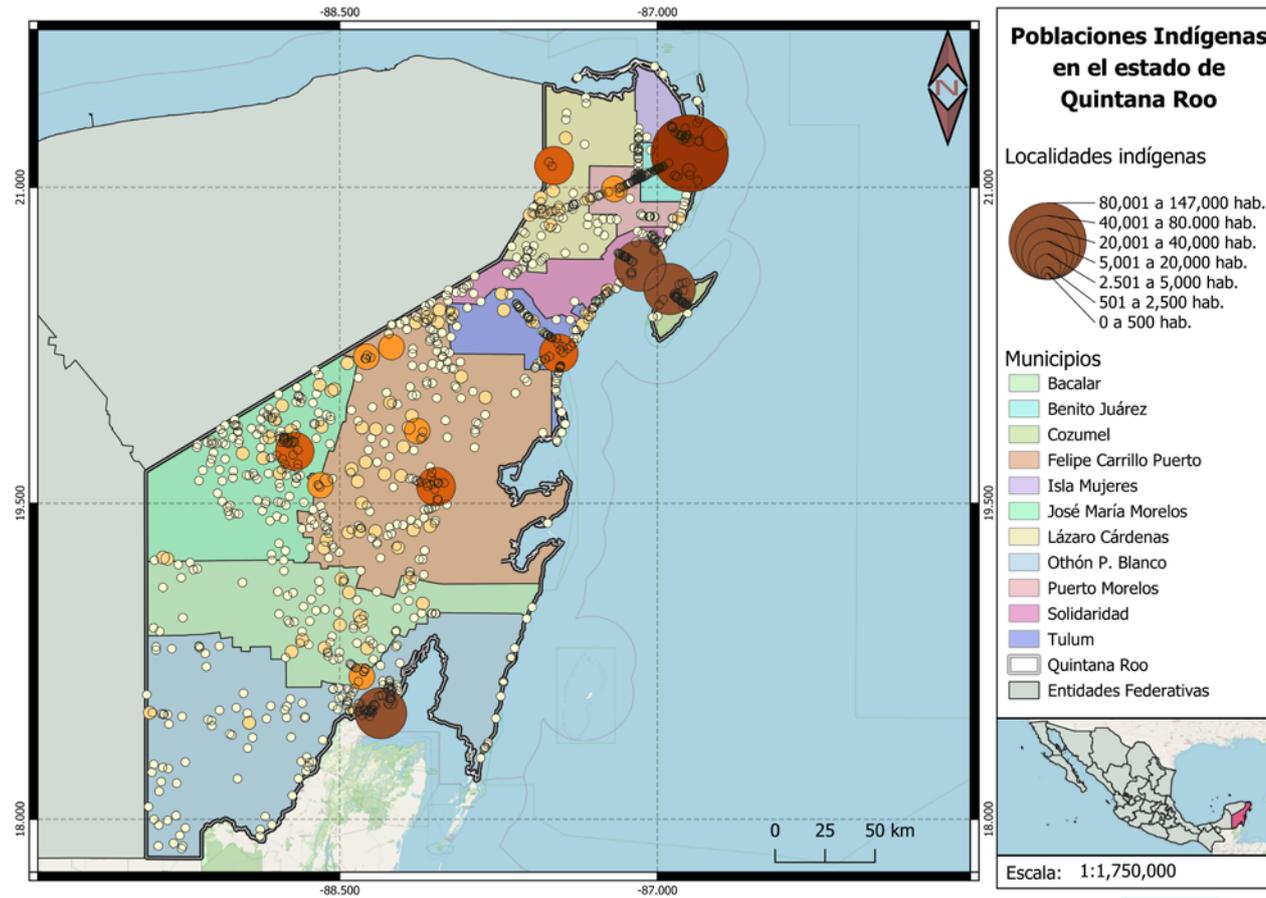
Figura 10. Presencia de poblaciones indígenas en municipios.



Fuente: Elaborado con información de AZEL.

En Figura 11 se puede observar el número de habitantes por comunidad indígena en el estado de Quintana Roo. En este caso, el tamaño del punto va relacionado con la cantidad de habitantes por comunidad indígena en el estado.

Figura 11. Localidades indígenas en territorio estatal de Quintana Roo.



Fuente: Elaborado con información de AZEL.

Resultados

En este apartado se muestra la información energética del estado de Quintana Roo siguiendo el concepto de la cadena energética.

En primer lugar, se muestra la producción de energéticos primarios dentro del territorio. Como se puede apreciar, toda la producción consiste en la captación de las energías renovables para la generación eléctrica en centrales de gran escala o de generación distribuida. También se cuenta con la extracción de leña.

Después se presenta toda la transformación de energéticos primarios a secundarios que ocurre en Quintana Roo. Esta etapa de la cadena energética se da por completo en las centrales eléctricas, debido a que Quintana Roo no cuenta con refinerías ni centros procesadores de gas. Es por ello que se muestra la capacidad instalada por tipo de tecnología y de permiso de generación, así como un mapa de su ubicación.

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 importaciones 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 Quintana Roo 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 Quintana Roo 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

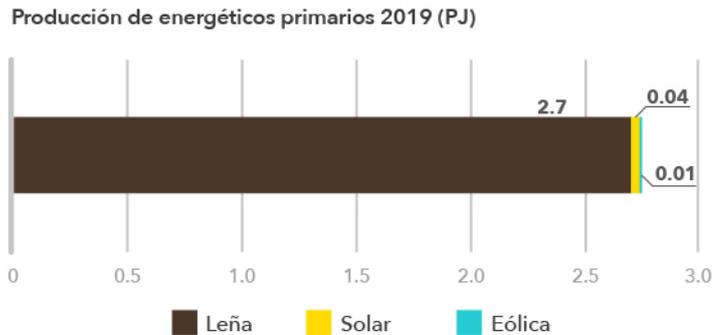
La Figura 12 muestra la cantidad de energía extraída o captada de la naturaleza dentro del territorio de Quintana Roo. A esta se le conoce como Producción.

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 0.04 PJ de energía solar producidos son los mismos 0.04 PJ de electricidad que se generaron a partir de este energético primario.

Como se puede apreciar, el energético primario con mayor participación en la producción es la leña, cuyos 2.7 PJ representan el 98.2% del total de energéticos primarios del estado.

El resto de la producción se compone de 0.04 PJ (1.4%) de energía solar y 0.01 PJ (0.4%) de energía eólica.

Figura 12. Producción de energéticos primarios en Quintana Roo en 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020), (CRE, 2021a) y (Masera, 2010).

Transformación – Capacidad de generación

A finales del año 2019, el estado de Quintana Roo contaba con una capacidad instalada total de 352.3 MW distribuidos en 22 centrales de gran escala (mayor a 499 kW). Esta capacidad se incrementó a 11.82 MW en 2020.

De entre todas las tecnologías de generación, destaca la Turbina de Gas con 7 centrales y 315.95 MW instalados, representando el 89.7% de la capacidad instalada. Le sigue la tecnología de Combustión Interna con 11 centrales en operación y 23.41 MW instalados, representando el 6.6% de la capacidad instalada. Estas centrales emplean diésel como combustible para su funcionamiento. Lo anteriormente descrito se puede apreciar en la Figura 13.

Existe también una central del tipo Turbina de Vapor de 9 MW que emplea bagazo de caña para su funcionamiento y que representa el 2.6% de la capacidad instalada.

Por último, el estado cuenta con 2 centrales solares fotovoltaicas que suman una capacidad de 2.44 MW y un aerogenerador de 1.5 MW. Ambas tecnologías en conjunto representan el 1.1% de la capacidad instalada en el estado.

En cuanto a los tipos de permiso, el 90.5% de la capacidad fue instalada por la CFE. El 8.8% se instaló a través de permisos de autoabastecimiento y el 0.7% a través de permisos de generación.

Figura 13. Capacidad instalada por tipo de tecnología a 2019.

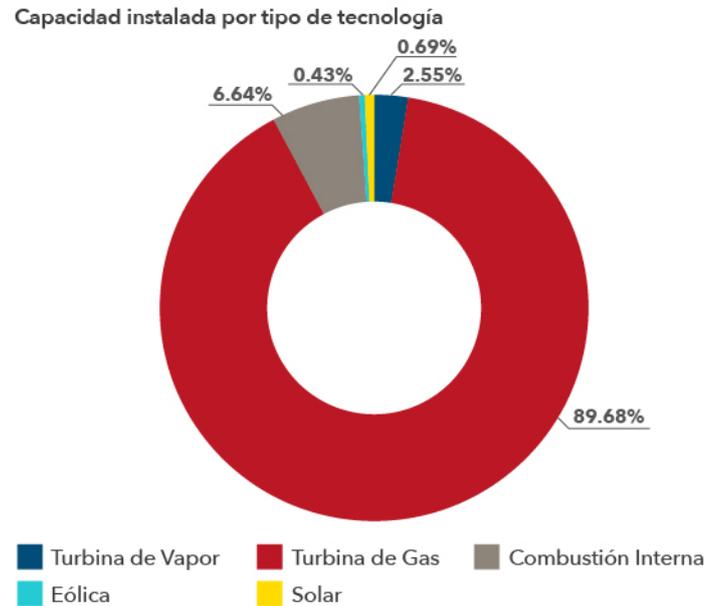
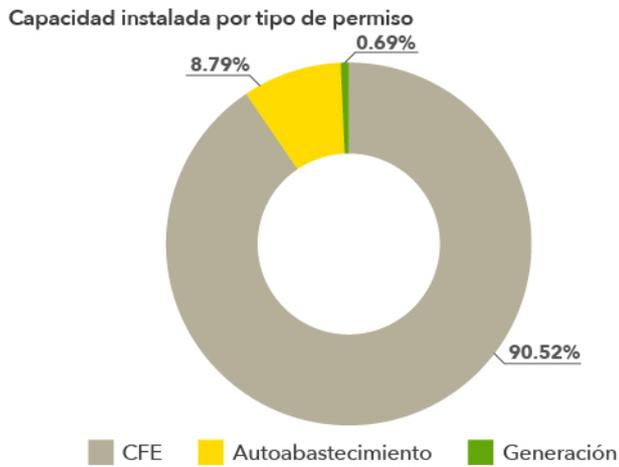


Figura 14. Capacidad instalada por tipo de permiso a 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019).

Transformación – Generación eléctrica

La generación anual total ha experimentado un crecimiento entre los años 2016 y 2019, principalmente motivado por la mayor utilización de las centrales Turbina de Gas, las cuales aumentaron su factor de planta global de 2.3% a 3.8% entre 2016 y 2017 llegando a 4.2% en 2019.

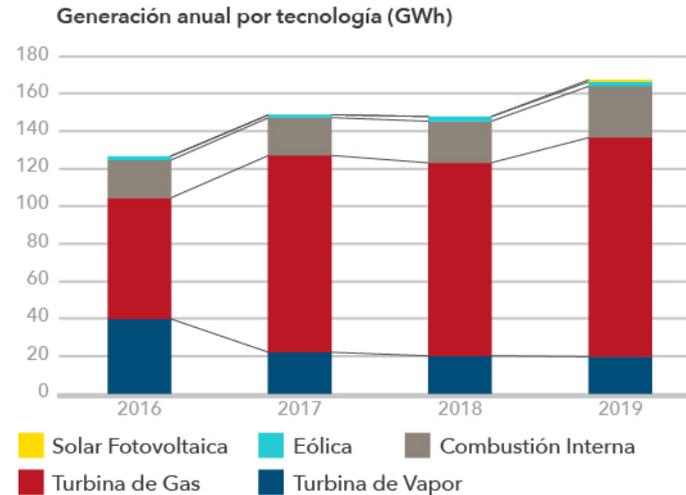
La central de Turbina de Vapor, en contraposición, redujo su producción considerablemente entre los años 2016 y 2017. El factor de planta se redujo de 50.6% a 27.9%.

Las centrales de Combustión Interna han mantenido una producción más estable durante los cuatro años. El factor de planta ha crecido de 9.7% a 13.4%.

La central eólica, por su parte, mantuvo un factor de planta de entre 13 y 17.5%, función del recurso eólico anual.

En cuanto a las participaciones de cada tecnología, se ha experimentado un crecimiento de la dependencia de las centrales de Turbina de Gas con combustible diésel, las cuales han pasado a contribuir con el 51% de la matriz de generación anual en 2016, a generar el 70% del total estatal en 2017 y años posteriores.

Figura 15. Evolución de la generación anual por tecnología periodo 2016-2019.



Balance del sector eléctrico

La Figura 16 muestra el diagrama de Sankey del balance global del sector eléctrico, del estado de Quintana Roo, para el año 2019.

Como se puede observar, el 91% de la energía eléctrica generada en el estado es producida a partir de diésel (2.68 PJ), utilizado en las centrales de Turbina de Gas y Combustión Interna. Por su parte, el 8.5% es producido por medio del bagazo de caña (0.25 PJ). Por último,

el 0.5% restante es producido a través de las fuentes renovables, eólica y solar (0.014 PJ).

Mediante las centrales de generación se transforman los energéticos previamente descritos en electricidad, siendo la eficiencia global de transformación de 25.6%. De los 2.93PJ térmicos que llegan a las centrales térmicas, 2.32PJ se pierden en ineficiencias por las limitaciones de las tecnologías y 0.024PJ son empleados en usos propios de las plantas de generación.

Por consiguiente, la producción de electricidad neta anual es de 0.6 PJ, lo cual representa el 2.8% de las necesidades locales. El 97.2% (20.7 PJ) restante es importado a través de las Redes Nacionales de Transmisión (RNT). Por otra parte, existen pérdidas de 0.78 PJ en la fase de transmisión y de 1.59 PJ en la fase de distribución. La energía eléctrica neta finalmente consumida es de 18.93 PJ.

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

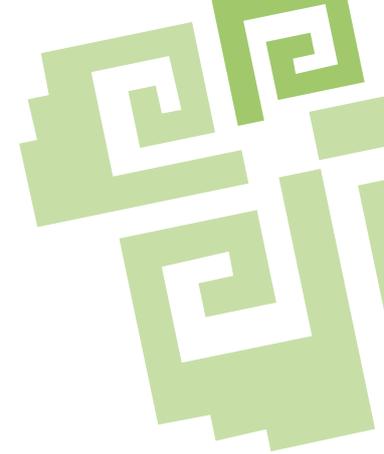
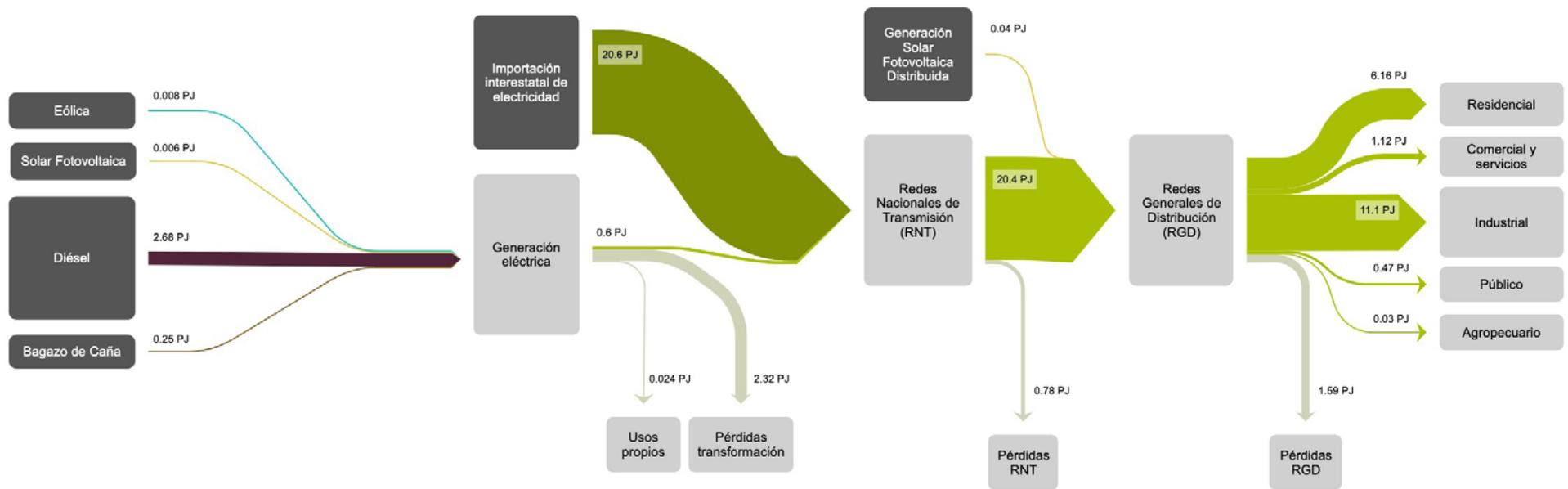
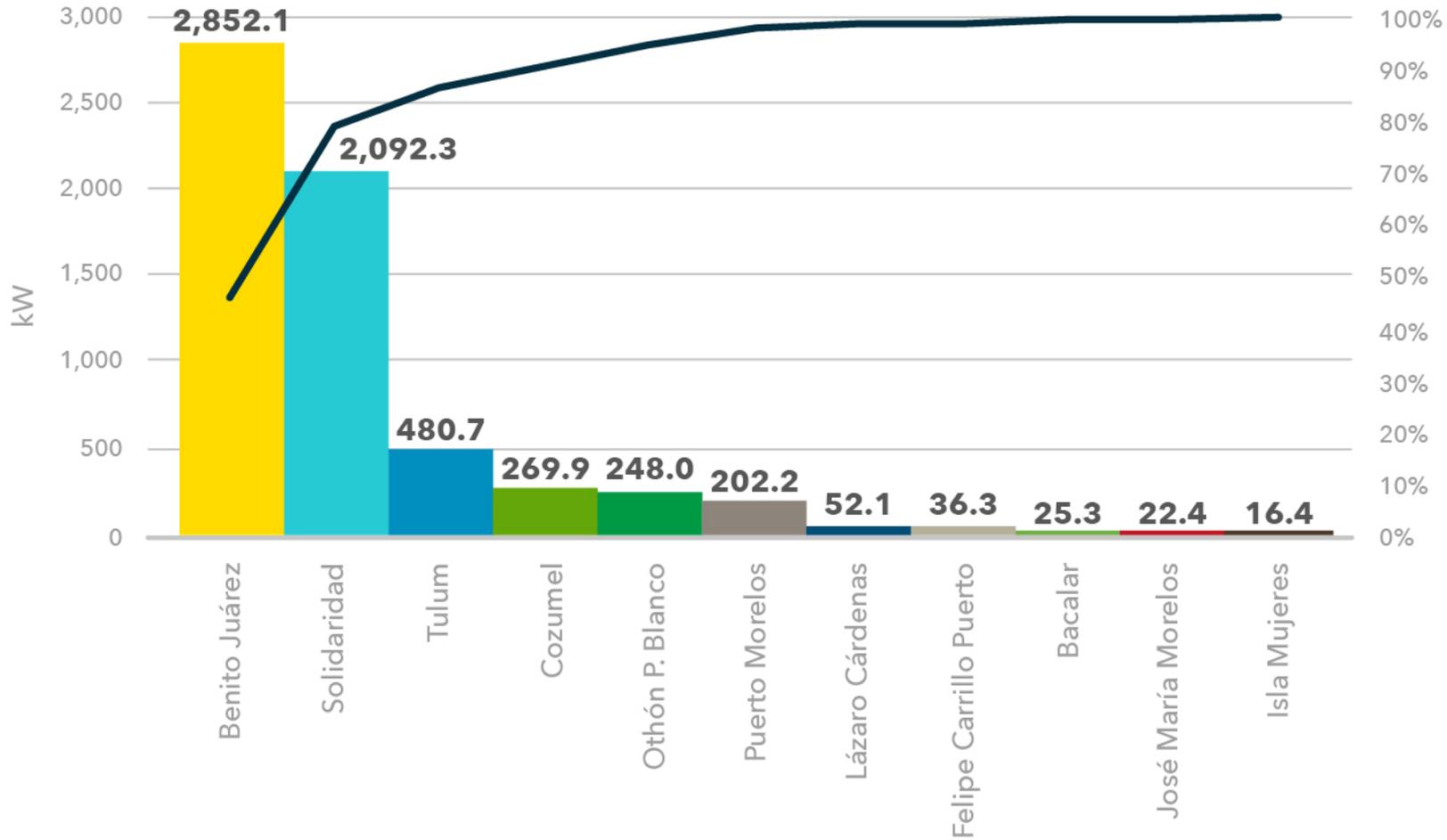


Figura 16. Diagrama de Sankey del sector eléctrico en el estado para el año 2019.



Transformación – Generación distribuida

Figura 17. Capacidad de generación distribuida por municipio a 2019.



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.

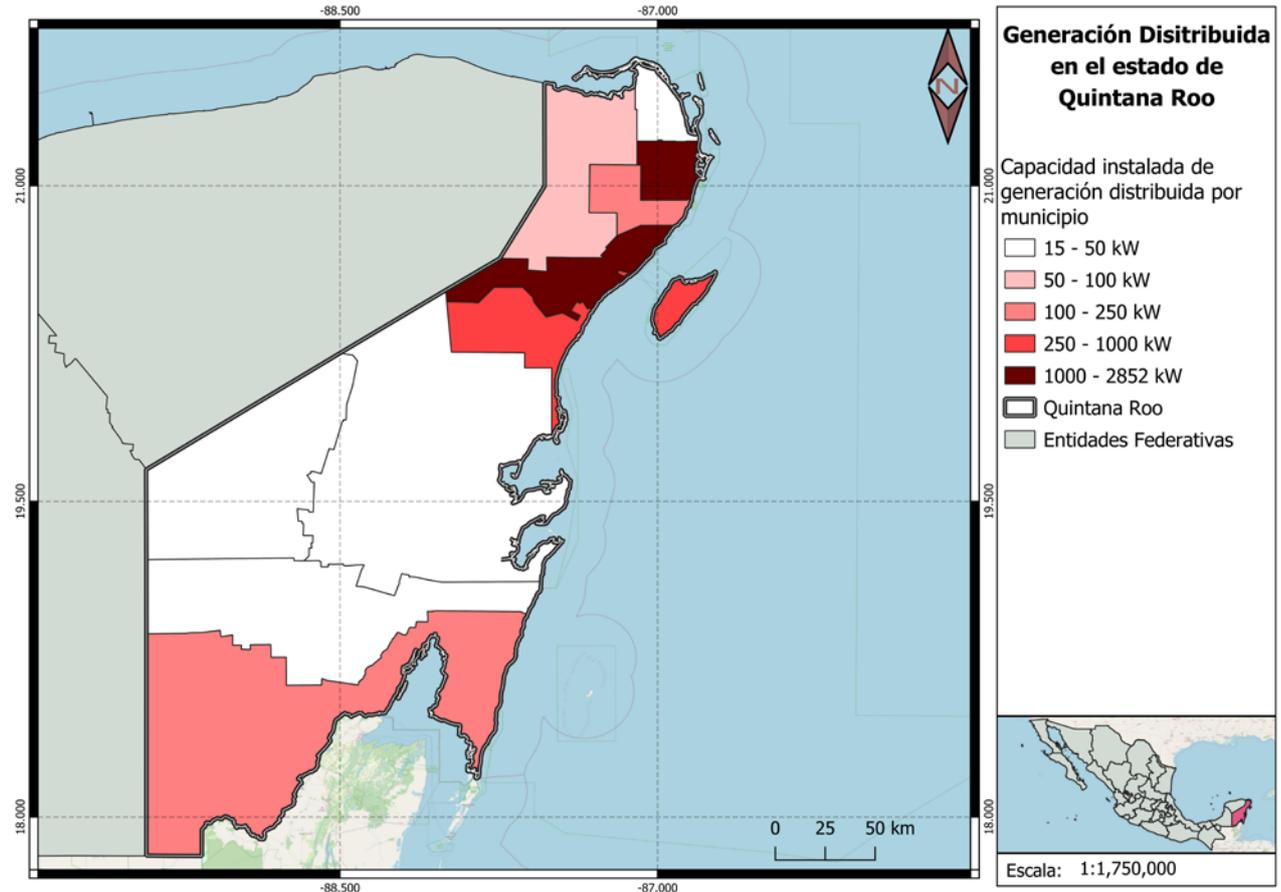
Hacia el primer semestre de 2020, en Quintana Roo existían 2,220 contratos de generación distribuida, todos ellos basados en sistemas fotovoltaicos. La capacidad total de estas centrales sumaba 11.82 MW. Un año después, la capacidad aumentó 2 veces aproximadamente, alcanzando un total de 23.17 MW, con 3,501 contratos.

El 45% de la capacidad se encontraba en el municipio de Benito Juárez, seguido del municipio de Solidaridad con otro 33%. La Figura 17 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 18 muestra el mapa de la capacidad instalada en cada municipio de Quintana Roo. 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, 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 18. Generación distribuida por municipio en el estado de Quintana Roo.



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

Consumo por energético y por sector

En el año 2019, el estado de Quintana Roo presentaba un consumo energético de 107.23 PJ.

Dentro del mismo, el sector transporte tiene la mayor participación, con un consumo de 76.28 PJ, siendo así el 69.8% del total estatal. Los energéticos consumidos en dicho sector son: turbosina con 36.6 PJ (49%), gasolina con 28.68 PJ (38%), diésel con 8.91 PJ (12%) y GLP con 0.76 PJ (1%).

Por su parte, el sector industrial presenta un consumo de 14.09 PJ correspondiente al 13.1% del total del estado. De forma particular, la electricidad, con 7.99 PJ (56.7%), es el energético más consumido en este sector, seguido por el diésel, con 5.5 PJ (39%), y el GLP, con una participación del 4.3% (0.6 PJ).

En tercer lugar, se encuentra el sector residencial con 12.53 PJ, equivalentes al 11.7% de la participación en el consumo estatal. Dentro del mismo, al igual que en el sector industrial, la electricidad es el energético más consumido con 6.16 PJ, siendo el 49% del consumo sectorial. El GLP presenta una participación del 29% con 3.67 PJ, mientras que el consumo de leña estimado es de 2.7 PJ, representando el 22% del total consumido en el sector.

La suma de los sectores comercial, agropecuario y público representa el 5.3% del consumo energético del estado.

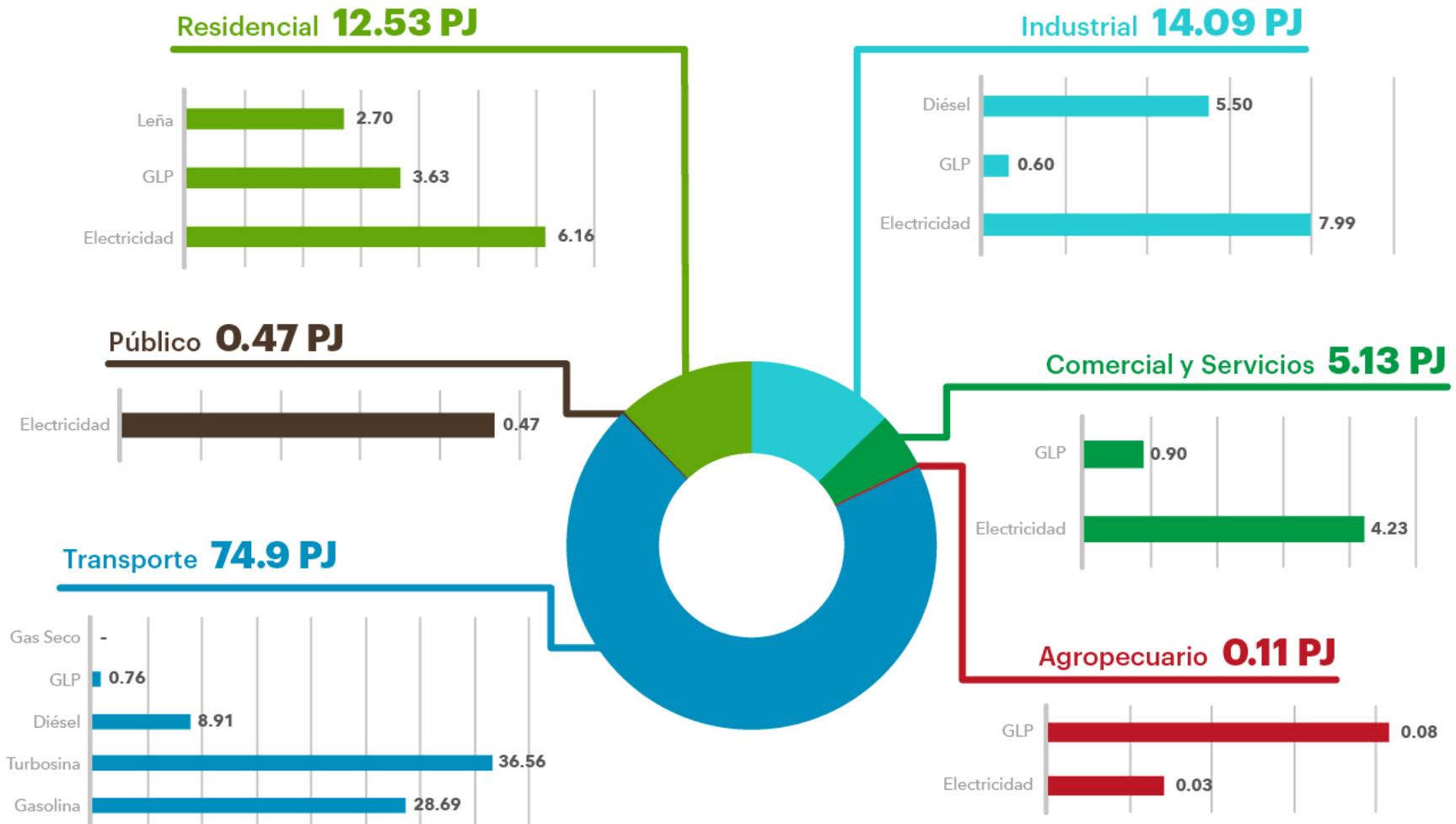
El sector comercial presenta un consumo de 5.13 PJ. Se encuentra conformado por electricidad, 4.23 PJ (82%), y GLP, con un consumo de 0.91 PJ (18%).

Dentro del sector público, el consumo de electricidad destinado al alumbrado público representa el 88% del

total del sector con 0.41 PJ. Por otra parte, el consumo eléctrico para bombeo de agua acumula 0.06 PJ, o el 12% del total del sector.

Por su parte, el sector agropecuario consume 0.03 PJ de electricidad y 0.08 PJ de GLP, sumando un total de 0.11 PJ, siendo así el sector con menor consumo energético del estado con una aportación de 0.1% al total estatal. Lo anteriormente expuesto se resume en la Figura 19, donde la gráfica de pastel muestra la participación de los sectores de consumo dentro del total estatal y las gráficas de barras muestran el consumo por tipo de energético de cada uno de esos sectores.

Figura 19. Consumo de combustible por sector para 2019.



Consumo energético eléctrico ajustado

Considerando como base el estudio denominado *Consumo de electricidad en edificios no residenciales en México: La importancia del sector servicios*, el consumo de energía eléctrica tanto en el sector comercial como en el sector industrial se encuentra ajustado en un 28%.

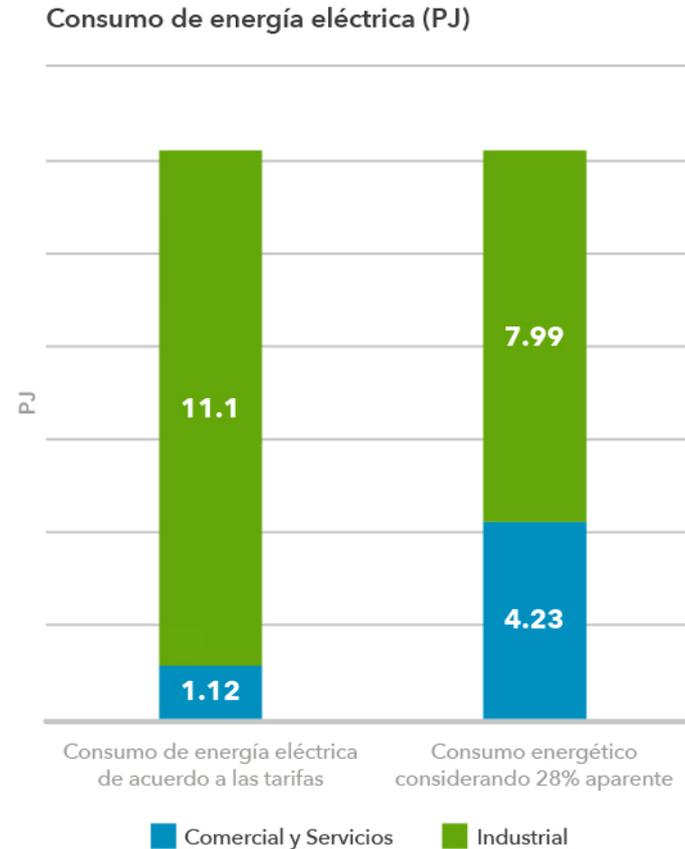
En dicho estudio, se analiza la existencia de una subvaluación del consumo de energía eléctrica derivado del esquema tarifario vigente de la CFE, en el cual los edificios no residenciales con gran consumo eléctrico, como es el caso de los hoteles, cuentan con tarifa perteneciente al sector industrial (CONUEE, 2019).

En dicho estudio se realiza el análisis de acuerdo con la región climática en la que se encuentran los edificios no residenciales y la cantidad de energía eléctrica estimada perteneciente al sector industrial y al sector comercio y servicios.

Como se puede observar en la Figura 20, tomando como base el esquema tarifario, el consumo de energía eléctrica en el sector industrial alcanza los 11.1 PJ, mientras que el sector comercial y servicios cuenta con 1.12 PJ.

Al realizar el ajuste, considerando que el 28% del consumo energético del sector industrial en realidad corresponde al sector comercial y de servicios, se obtiene que el sector industrial tiene un consumo eléctrico de 7.99 PJ, mientras que el sector comercial y de servicios alcanza los 4.23 PJ.

Figura 20. Consumo eléctrico de sectores industrial y comercial y de servicios.



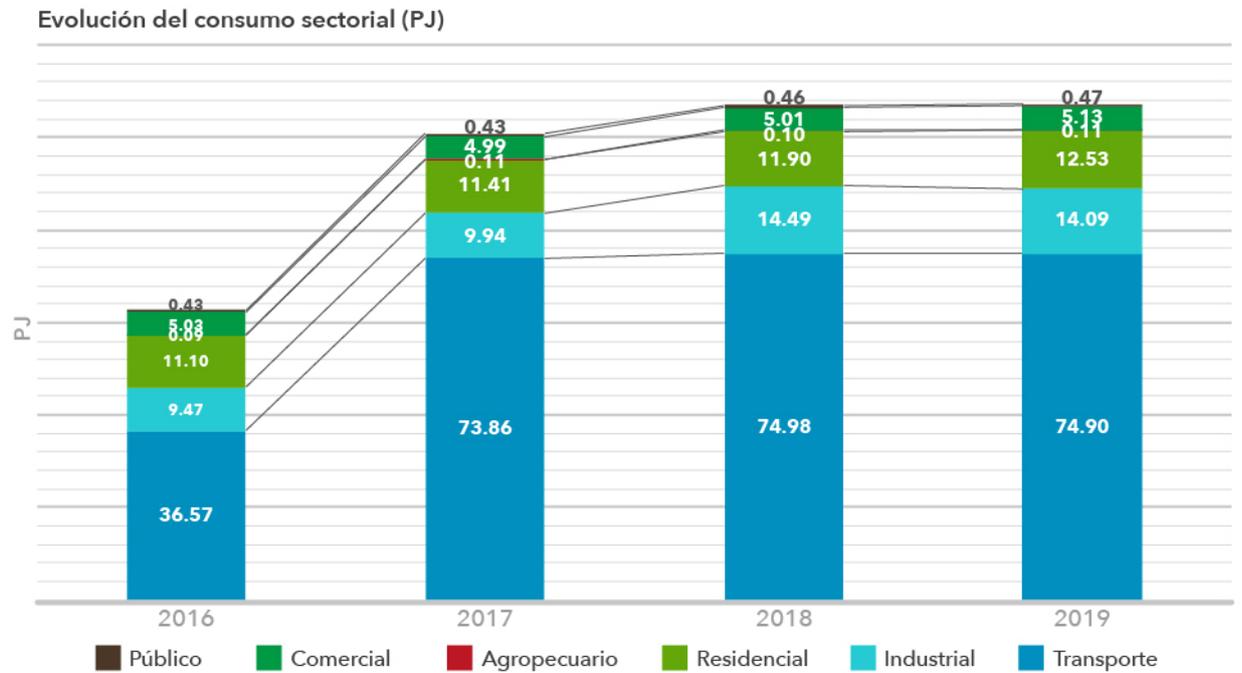
En la Figura 21 se puede observar la evolución del consumo sectorial en el periodo de 2016 a 2019.

Si bien se observa una subida repentina en el consumo energético entre los años 2016 y 2017, dicho salto es generado por la falta del reporte del consumo de turbosina en el estado para el año 2016 en el Sistema de Información Energética.

Entre el año 2018 y 2019 se tuvo un decremento en el consumo energético del sector industrial y del sector transporte de 2.7% y del 0.1% respectivamente.

Caso contrario ocurrió en los sectores residencial, comercial, público y agropecuario, los cuales, tuvieron un crecimiento de 5.3%, 2.4%, 2% y 9.3%, respectivamente.

Figura 21. Consumo de energía por sector periodo 2016-2019.



Indicadores



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

Primeramente, se muestran indicadores sobre la fuente del consumo energético y que 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 3 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. 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: industrial, agropecuario y comercial y servicios. De igual forma se presentan indicadores relacionados con la eficiencia para el sector residencial y el transporte. Éstos son el consumo de energía en el sector residencial per cápita y el consumo de energía para vehículos terrestres dividido entre el número de ellos.

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.

Fuentes del consumo energético

4.6%

Del consumo final de energía proviene de energías renovables

93.9%

Dependencia de Quintana Roo a los combustibles fósiles

1.5%

De la energía proviene de leña

Los indicadores aquí presentados se refieren a la forma en que Quintana Roo obtiene su energía. 4.6% de la energía que se consume en el estado proviene de fuentes renovables (eólica y solar, como se vio en

el apartado de Producción). Esta cuenta incluye el porcentaje de energías renovables que alimenta a todo el Sistema Eléctrico Nacional y cuya electricidad se importa al estado.

El 93.9% de la energía proviene de fuentes basadas en combustibles fósiles, como el diésel, los querosenos, la gasolina o el gas seco. A esto se le llama *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; además, tiene impactos negativos en la salud de la población que la utiliza (principalmente mujeres de comunidades de escasos recursos). Este energético aporta un 1.5% al consumo energético total de Quintana Roo.

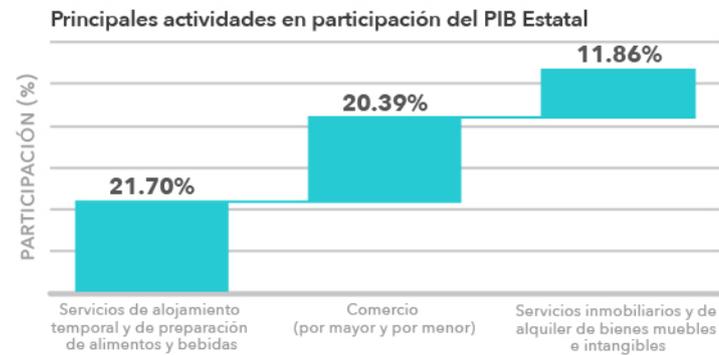
ECONOMÍA

Producto Interno Bruto

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el Producto Interno Bruto² del estado de Quintana Roo en el año 2019 alcanzó los \$374.5 miles de millones de pesos, siendo el vigésimo estado en aportación a nivel Nacional con el 1.63%.

Las actividades terciarias tienen una aportación del 85.21%, mientras que las secundarias y primarias, aportan el 14.01% y el 0.77%, respectivamente. Dentro del PIB estatal destacan tres actividades (todas pertenecientes a actividades terciarias) cuya aportación al PIB estatal es del 54% siendo: servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas con el 21.7%, comercio al por mayor y al por menor con 20.39%, y con el 11.9% los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles.

Figura 22. Participación en el PIB estatal de las principales actividades económicas en el estado.



2. Valores corrientes, año base 2013.

Figura 23. Contribución de Quintana Roo al PIB nacional periodo 2016-2019.

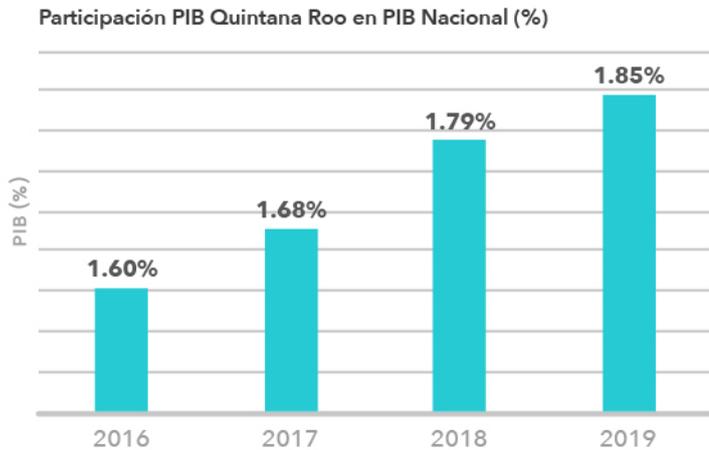
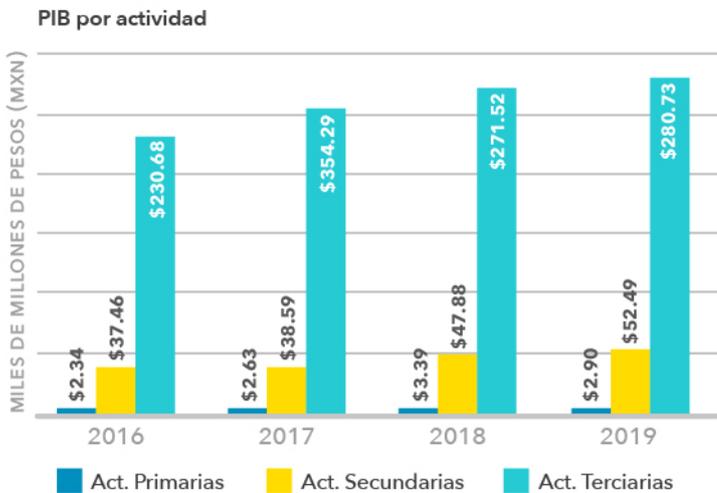


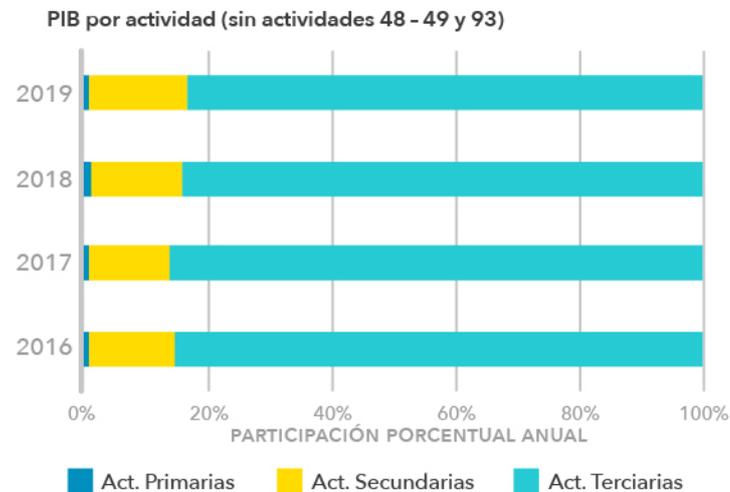
Figura 24. PIB por actividad económica sin considerar actividades 48-49 y 93 periodo 2016-2019.



Con el fin de poder realizar el cálculo de futuros indicadores energéticos, como se puede observar en la Figura 25, 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.

Una vez realizada la omisión de dichas actividades, tanto a nivel estatal como a nivel nacional, se obtiene lo siguiente: la participación del PIB de Quintana Roo respecto al PIB Nacional alcanza una participación del 1.85%; las actividades terciarias tienen una participación de 280.73 miles de millones de pesos (83.5%) respecto a los 52.49 miles de millones de pesos (15.6%) obtenidos de las actividades secundarias y los 2.9 miles de millones de pesos de las actividades primarias (0.9%).

Figura 25. Participación en PIB por tipo de actividad económica 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 (Crespo, 2019). 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 de 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.

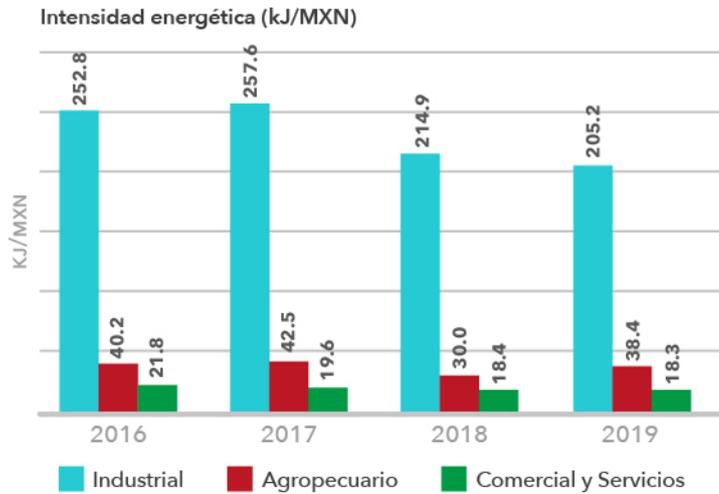
Con este fin, se utiliza la desagregación del PIB por actividad. En este sentido, se realiza la comparación del consumo energético del sector agropecuario respecto al PIB de actividades primarias; consumo energético del sector industrial respecto al PIB de actividades secundarias; por último, el consumo energético del sector comercial y de servicios respecto al PIB de las actividades terciarias³ obteniéndose lo siguiente (consultar la metodología en el anexo metodológico del diagnóstico):

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, 5.3 veces mayor que la intensidad energética del sector agropecuario y 11 veces mayor que la intensidad energética del sector comercial y de servicios.

En la Figura 26 se puede apreciar el valor de la intensidad energética de los sectores mencionados en el periodo entre 2016 y 2019.

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

Figura 26. Intensidad energética por sector económico periodo 2016-2019.

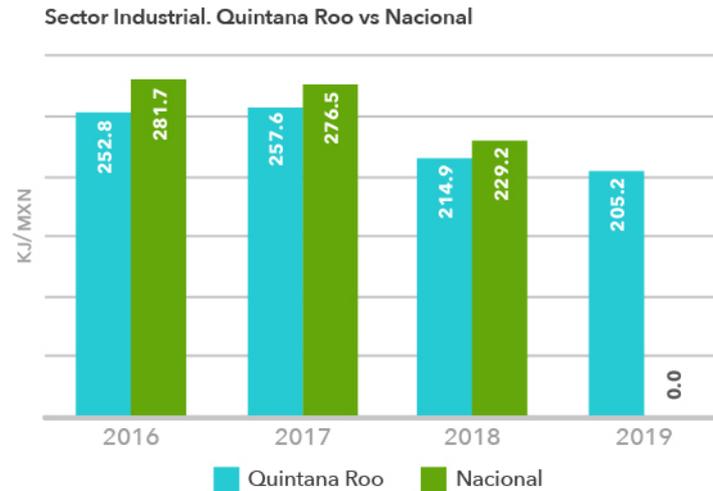


Sin embargo, con el fin de conocer el estado de cada uno de los sectores, se realizó la comparación respecto a los valores obtenidos, a través del mismo procedimiento, a nivel nacional.

A diferencia de los valores obtenidos a nivel estatal, el Sistema de Información Energética no cuenta con datos para la realización de cálculos en el año 2019.

Como se puede observar en la Figura 27, la intensidad energética del sector industrial del estado de Quintana Roo en el año 2018 se encuentra por debajo de la intensidad energética del sector industrial del país. Sin embargo, la diferencia de 14.35 KJ/MXN sigue siendo corta comparando con el año 2016 cuando la intensidad energética del estado tenía una diferencia de 28.95 KJ/MXN, mientras que la intensidad energética a nivel nacional disminuyó 18.6%, a nivel estatal tuvo un decremento menor, siendo del 14.9%.

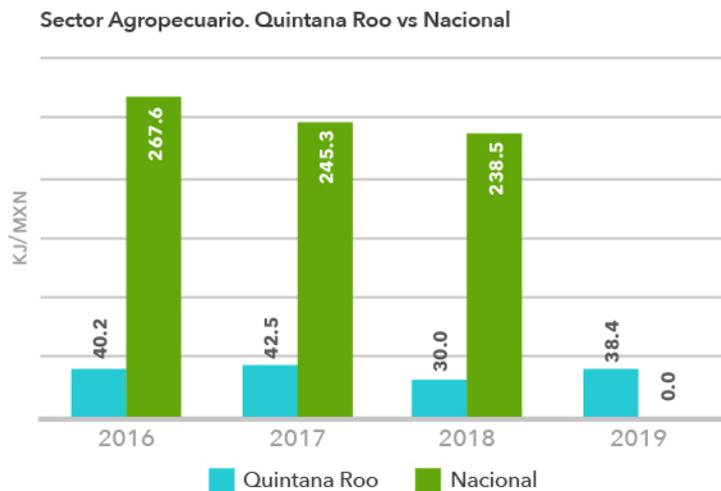
Figura 27. Comparativa de intensidad energética en el sector industrial periodo 2016-2019.



Por otra parte, en el sector agropecuario se observa una diferencia de gran tamaño respecto a la intensidad energética del país. En este caso, el sector agropecuario de Quintana Roo es más eficiente que el sector agropecuario a nivel nacional.

A nivel nacional, en el periodo 2016-2019, la intensidad energética del sector se redujo en 10.9%, mientras que, a nivel estatal tuvo un decremento del 25%.

Figura 28. Comparativa de intensidad energética en el sector Agropecuario periodo 2016-2019.

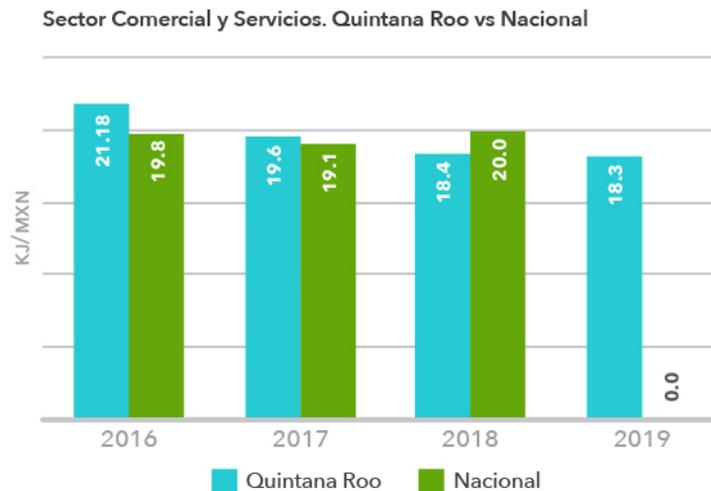


En este sentido, para el año 2018 la intensidad energética del sector agropecuario, a nivel nacional, fue 8 veces mayor que la intensidad energética del sector agropecuario en Quintana Roo.

Por último, el sector comercial y servicios de Quintana Roo pasó de ser menos eficiente, en el año 2016, a ser más eficiente en el año 2018, respecto el mismo sector a nivel nacional.

El sector, en el caso de Quintana Roo tuvo un decremento de 16.2%, mientras que a nivel Nacional tuvo un incremento de 0.95%.

Figura 29. Comparativa de intensidad energética del sector Comercial y de Servicios periodo 2016-2019.



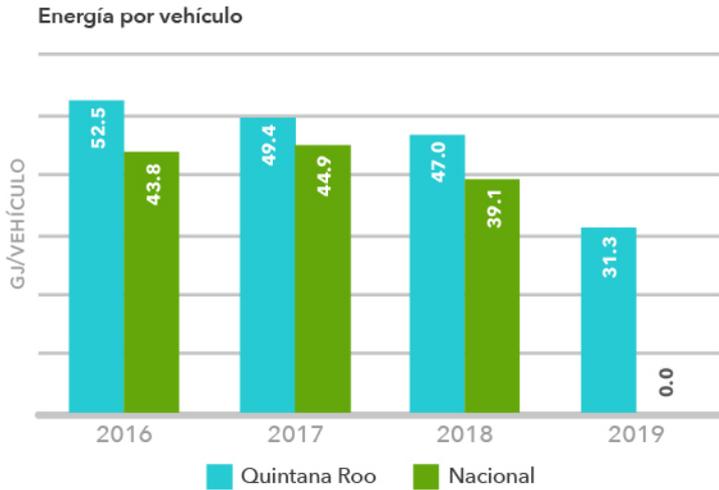
Energía por vehículo

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.

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 30, la cantidad de energía utilizada por vehículo registrado en el estado supera la obtenida a nivel nacional. Para el año 2016 la diferencia de energía por vehículo entre el estado y el valor del país es de 8.7 GJ/vehículo. Para el año 2017, la diferencia fue dos veces menor, siendo 4.5 GJ/vehículo. Sin embargo, para el año 2018 la diferencia volvió a incrementarse, siendo de 7.9 GJ/vehículo.

Figura 30. Comparativa de intensidad energética en vehículos periodo 2016-2019.



Energía per cápita

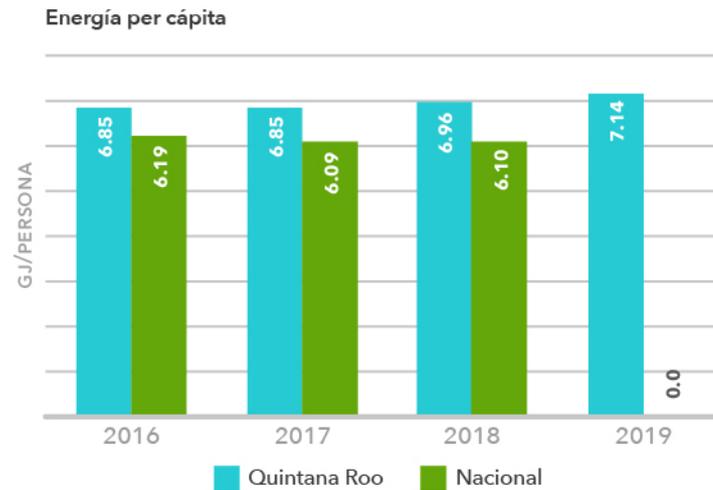
La obtención del valor de la energía per cápita se realizó comparando la energía consumida en el sector residencial respecto a la cantidad de habitantes del estado. De acuerdo con los datos obtenidos de los Censos de Población y Vivienda realizados por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística para el año 2020, Quintana Roo cuenta con una población de 1.85 millones de personas.

Como se puede observar en la Figura 31, el consumo de energía per cápita a nivel nacional se encuentra por debajo del reportado por el Estado de Quintana Roo. Es decir, en promedio, cada habitante del estado consume más energía que el promedio nacional, lo cual, puede deberse principalmente al clima cálido húmedo del estado.

Mientras que a nivel nacional, el consumo energético per cápita aumentó en 0.1 GJ/Persona de 2016 a 2019, a nivel estatal disminuyó en la misma cantidad.

Para el año 2016, la diferencia del consumo energético de Quintana Roo respecto al país fue de 0.7 GJ/persona. En 2018, la diferencia alcanzó los 0.9 GJ/persona.

Figura 31. Comparativa de consumo de energía per cápita en sector residencial periodo 2016-2019.



Indicadores Sociales

Pobreza Energética

De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Rigoberto García-Ochoa (García Ochoa & Graizbord, Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional, 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.

De acuerdo con los datos obtenidos por (García Ochoa & Graizbord, Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional, 2016) la cantidad de hogares en pobreza energética en el estado de Quintana Roo es del 40%.

Considerando como base el Censo de Población y Vivienda del año 2020, Quintana Roo cuenta con 575,489 viviendas particulares habitadas.

De acuerdo con el estudio realizado por García Ochoa y Graizbord (2016), el promedio de privación de disposición de bienes económicos por hogar es de 3.9%.

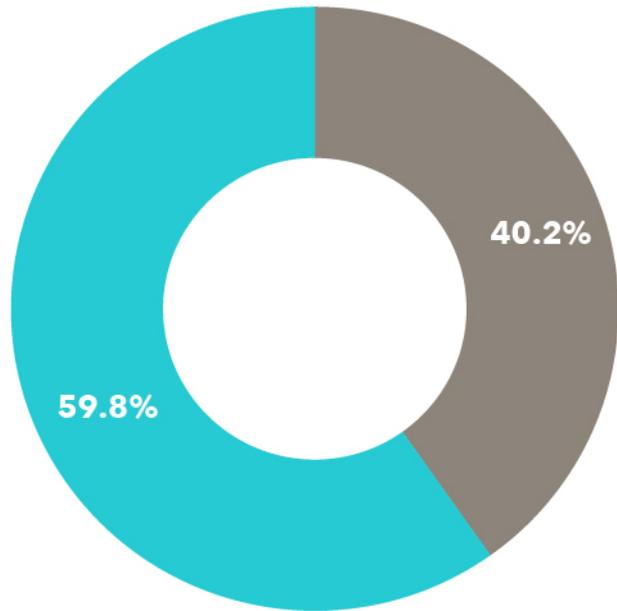
La utilización de aire acondicionado para satisfacer el confort térmico es el bien económico que presenta una mayor privación, alcanzando al 25.8% de los hogares del estado.

Por otra parte, el 19.6% de los hogares no cuentan con una estufa de gas o eléctrica, reflejo de ello se observa en el elevado consumo de leña en el sector residencial.

A su vez, el 16.9% de hogares no cuentan con refrigerador eficiente. Mientras que solamente el 1% de los hogares no cuenta con iluminación.

Figura 32. Hogares con privación de bienes económicos.

Índice de pobreza energética

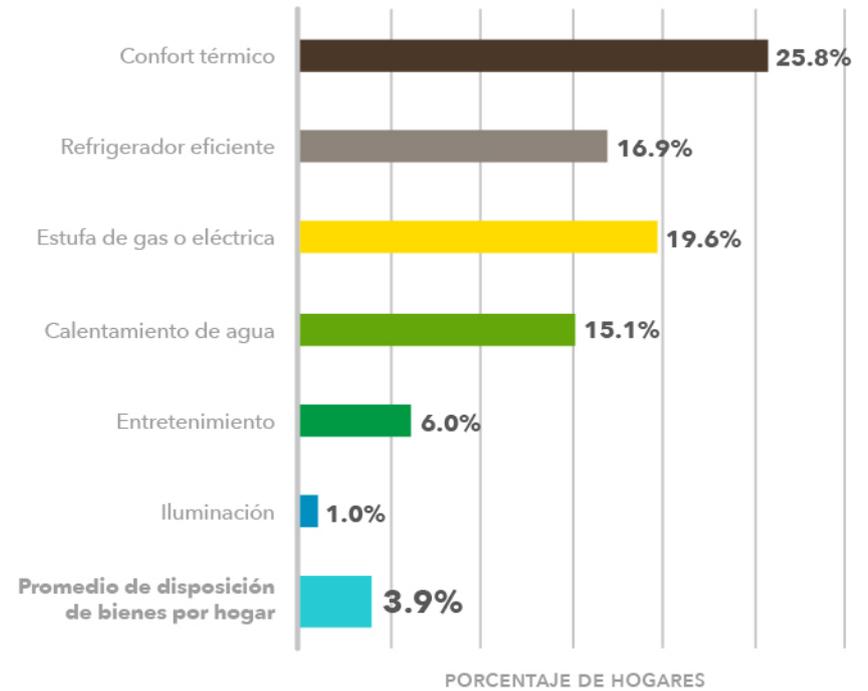


Población en Pobreza Energética
 Población sin Pobreza Energética

Fuente: Elaborado con información de (García Ochoa & Graizbord, Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional, 2016).

Figura 33. Índice de pobreza en el estado de Quintana Roo.

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



The background features a grid of squares in various shades of blue and cyan, with one square highlighted in yellow. The text is white and bold, positioned on the left side of the image.

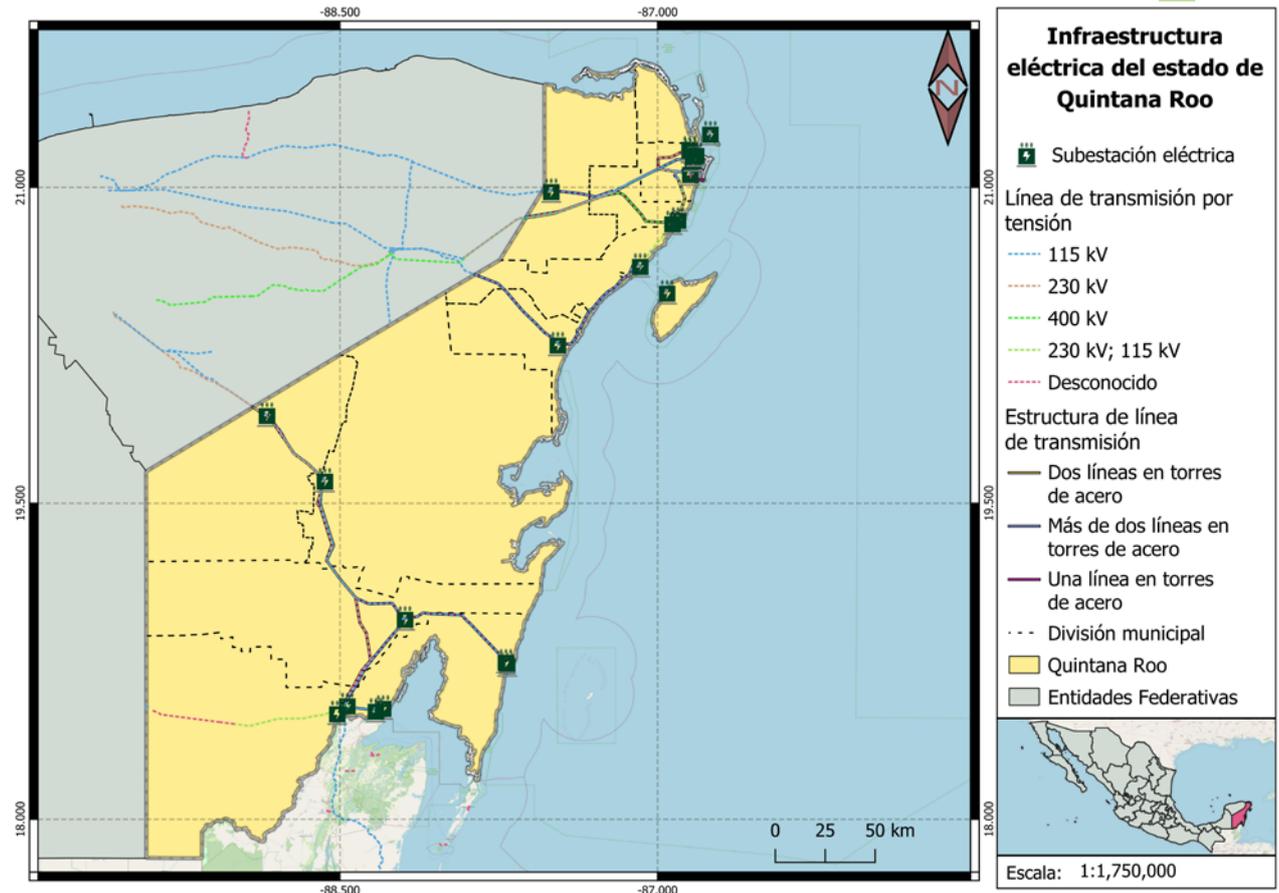
**Potenciales de
Aprovechamiento de
Energías Renovables
e Implementación
de Medidas de
Eficiencia Energética**

Potencial de aprovechamiento de energías renovables

El estado de Quintana Roo 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 34 muestra la extensión de dicha infraestructura, compuesta por líneas de transmisión de 115, 230 y 400 kV que conectan las subestaciones de transmisión de Quintana Roo con el estado de Yucatán. Así como de líneas de 230 y 115 kV que circulan por la región sur de estado, conectándolo con el estado de Yucatán y el vecino país de Belice.

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 3 la cual compila los costos nivelados de generación

Figura 34. Infraestructura de transmisión eléctrica en el estado de Quintana Roo y alrededores.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2019) y OSM (2021).

Tabla 3. Comparativa de costos nivelados, en dólares por MW (USD/MW), de las tecnologías renovables y el ciclo combinado.

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

Fuente: Elaboración propia con datos de (IRENA, 2020), (NREL, 2020), (LAZARD, 2020) y (CFE, 2018).

eléctrica (LCOE, por sus siglas en inglés)⁴ 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.

Esta sección enlista los diferentes potenciales energéticos basados en fuentes de energía renovable con los que cuenta el estado de Quintana Roo, 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 los sectores económicos que componen al estado y una serie de propuestas de eficiencia que pueden aplicarse a cada uno de ellos para reducir la demanda energética del estado de Quintana Roo, y así continuar avanzado en la transición del estado hacia un consumo energético más eficiente y bajo en carbono.

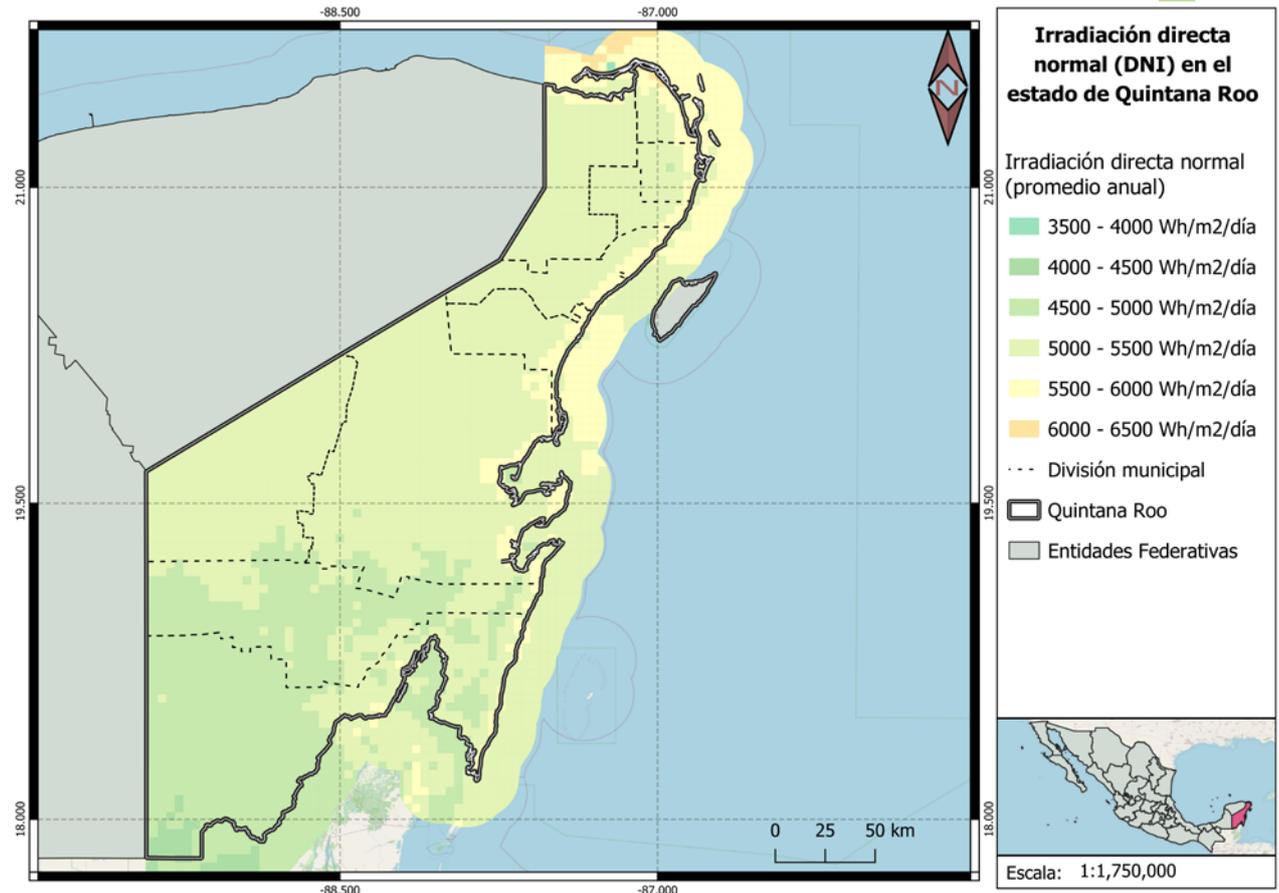
4. El costo nivelado es el costo que tendrá el generar cada unidad de energía eléctrica (MWh) en la central eléctrica durante toda su vida útil. Esto, considerando todos los egresos que el proyecto tendrá por conceptos de construcción, financiamiento, operación y mantenimiento y combustible.

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 Quintana Roo cuenta con un importante recurso solar en la mayor parte de su territorio. Tal y como se muestra en la Figura 35 más del 50% del territorio estatal dispone de una Irradiación Directa Normal⁵ (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. Estos valores son iguales o incluso superiores a los que se 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, destacadas por su elevado aprovechamiento del recurso solar se muestran en la Tabla 4, para fines comparativos.

Lo anterior, demuestra que el estado de Quintana Roo cuenta con un enorme potencial para generar energía eléctrica, aprovechando su notable recurso solar, a través del uso de la tecnología solar fotovoltaica, la cual se

Figura 35. 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).

5. 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.

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.

Tabla 4. Irradiación Directa Normal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar.

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

Fuente: SOLARGIS.

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, Quintana Roo cuenta con 2 centrales solares fotovoltaicas de gran escala con una capacidad instalada conjunta de 2.4 MW. Lo que enfatiza el gran potencial para el aprovechamiento de su recurso solar y que hace viable la implementación de más tecnologías para utilizar este valioso recurso.

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 36 se presentan los polígonos dentro del territorio estatal de Quintana Roo reconocidos por el Escenario 3 del Atlas de Zonas con Alto potencial de Energías Limpias (AZEL), los cuales cumplen con las siguientes características:

- Irradiación Global Horizontal⁶ (GHI, por sus siglas en inglés) superior a 5.5 kWh/m²/día.
- Distancia a RNT inferior a 2 km.
- Superficie de los polígonos superiores a 15 ha.
- Distancia a zonas circundantes de carreteras inferior a 10 km.
- Exclusión de áreas protegidas, localidades, zonas de peligro geológico y zonas de peligro climático.

6. 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.

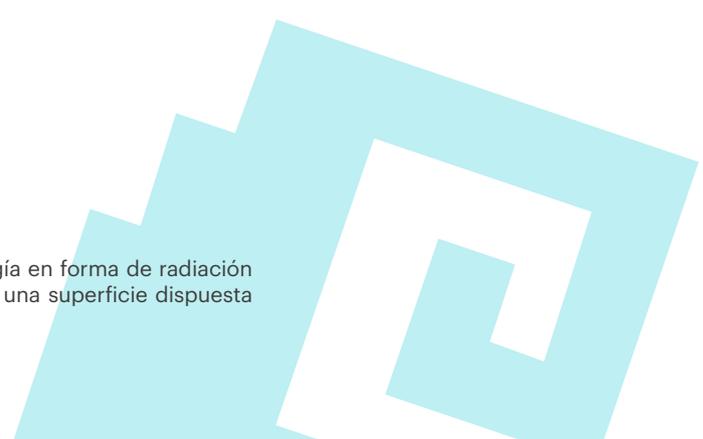
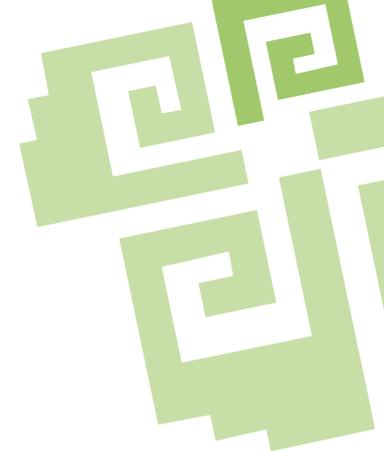
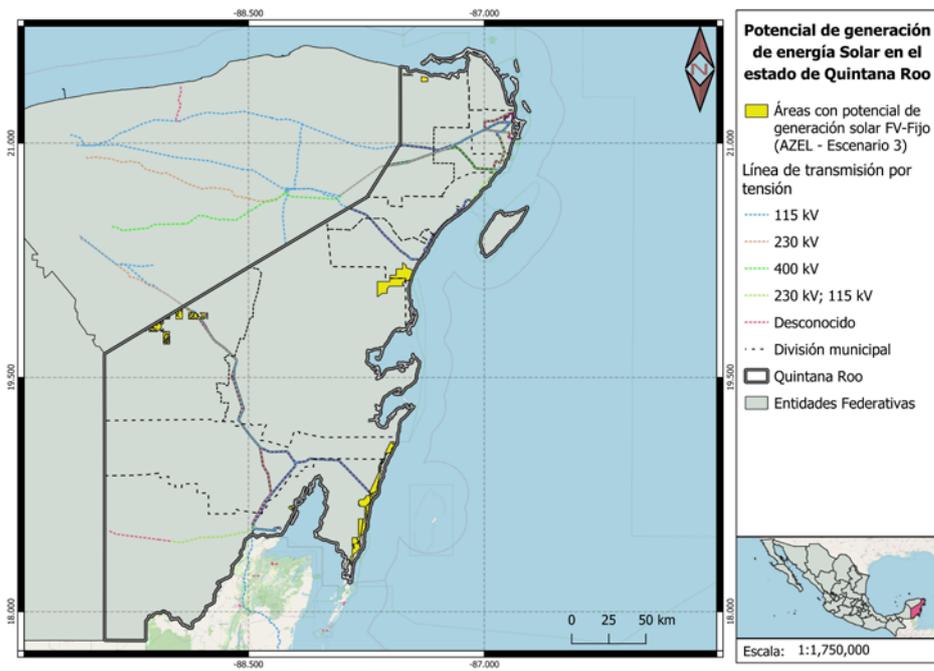
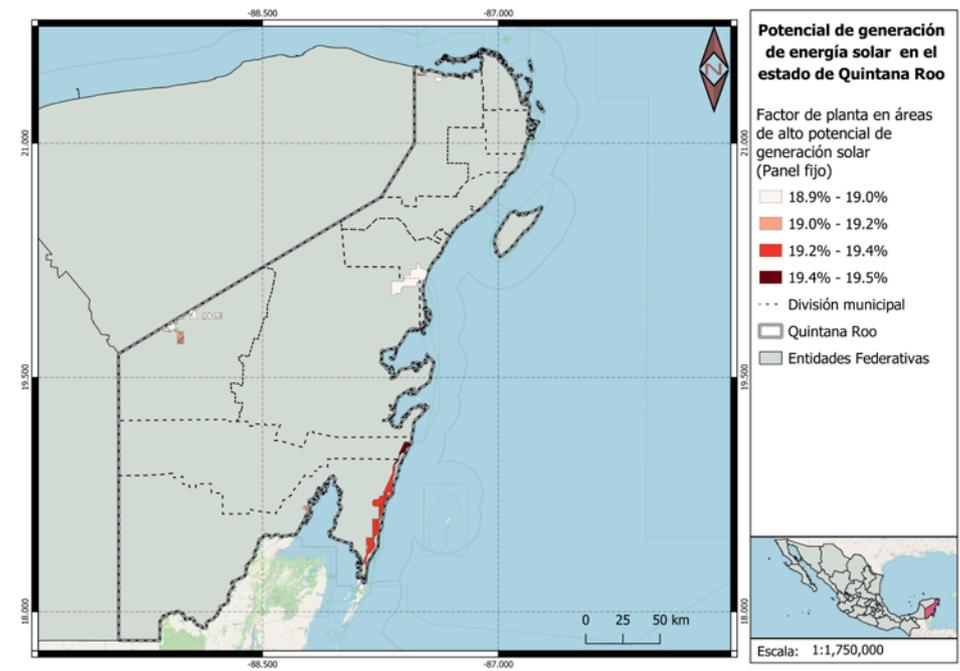


Figura 36. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL.



Fuente: Elaboración propia con información de AZEL y OpenStreetMaps.

Figura 37. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial.



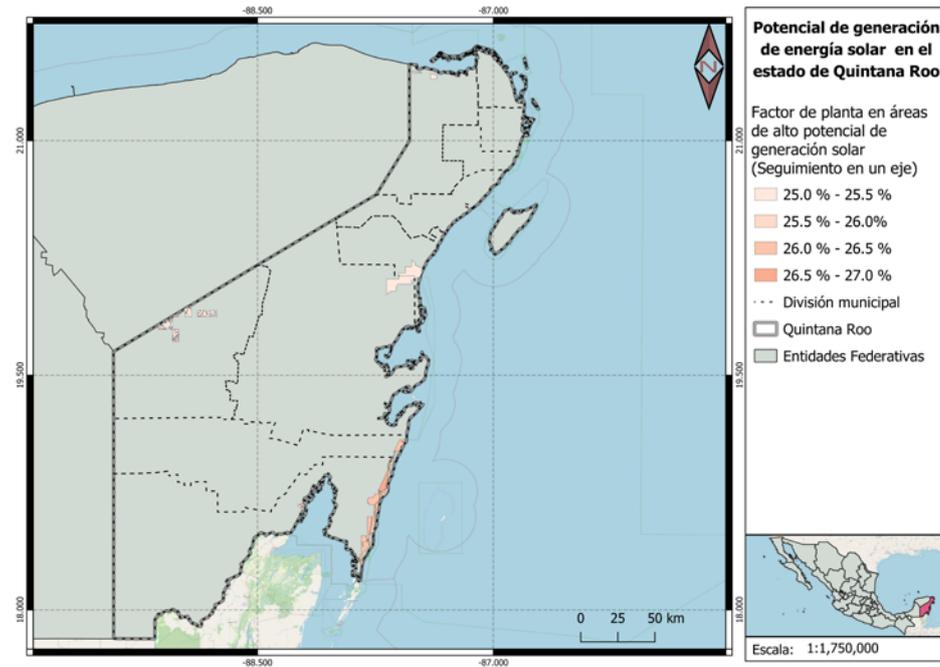
Fuente: Elaboración propia con información de AZEL.

Como se puede apreciar, la mayoría de los polígonos se concentran en las zonas costeras del estado, próximos a las RNT. En las Figuras 37 y 38 se muestra el Factor de Planta⁷ (FP) de hipotéticas centrales solares fotovoltaicas de eje fijo⁸ y con seguimiento en un eje⁹ respectivamente, ubicadas en las superficies mencionadas.

El FP se sitúa entre 18.9 % y 19.2 % en la región norte y central para parques de eje fijo y crece para polígonos situados en zonas más sureñas, hasta alcanzar máximos de 19.5 %. Para el caso de centrales con seguimiento en un eje, el FP se ubica entre 25.2 % y 26.0 % para centrales con seguimiento en un eje en la zona central, elevándose en polígonos situados en regiones con latitudes inferiores, hasta alcanzar máximos de 26.8 %.

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

Figura 38. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial.



Fuente: Elaboración propia con información de AZEL.

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

7. 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.

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

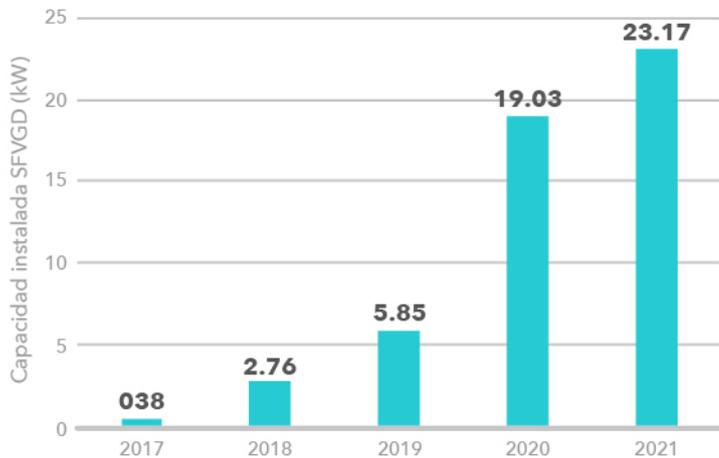
9. Los parques solares fotovoltaicos con seguimiento en un eje emplean sistemas de automatización que hacen girar a los módulos fotovoltaicos con un grado de libertad siguiendo la trayectoria del sol para optimizar la producción.

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 Quintana Roo, pasando de 376 kW en el primer trimestre de 2017 hasta los 6,298 kW (6.3 MW) en el último trimestre de 2019. No obstante, la SFVGD cuenta con un amplio margen de crecimiento.

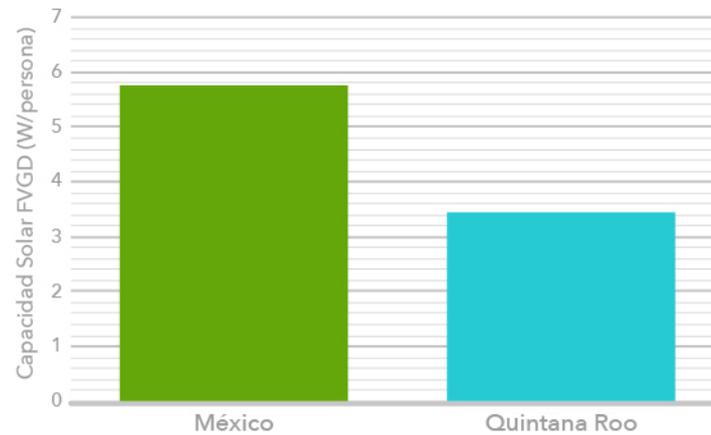
Una comparativa de la capacidad instalada de SFVGD per cápita en el estado de Quintana Roo (3.44 W/persona) respecto al valor de este mismo indicador a nivel nacional (5.70 W/persona) muestra un rezago del estado en la penetración de estos sistemas en las Redes Generales de Distribución (RGD).

Figura 39. Evolución de la capacidad instalada de SFVGD.



Fuente: Datos a final del primer semestre de cada año. Elaboración a partir de datos de la CRE (CRE, 2021b)

Figura 40. 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 Quintana Roo, 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 5) 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 5. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019).

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	4.276
PDBT	3.544
GDBT	1.811
RABT	2.308
RAMT	0.836
APBT	3.771
APMT	2.294
GDMTH	1.803
GDMTO	1.508
DIST	1.6638
DIT	1.5533

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021c) y (CFE, 2021).

Tras esta comparativa, se consideró a los usuarios con tarifas DAC, PDBT, GDBT, RABT, APBT, APMT, GDMTH y DIST del estado de Quintana Roo como potenciales adquirentes de SFVGD. El número de usuarios en cada una de estas tarifas aparece representado en la Tabla 6. Se estiman, por tanto, un total de 270,085 usuarios potenciales para la implementación de estos sistemas.

Tabla 6. Número de usuarios por tarifa.

Tarifa	Número de usuarios
DAC	12,031
PDBT	51,985
GDBT	151
RABT	25
APBT	2,931
APMT	438
GDMTH	5,689
DIST	4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2019).

Segmentando el número de usuarios por sector y efectuando un recuento de los SFVGD ya implementados se obtienen los datos mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado.

Sector	Usuarios existentes	Usuarios con SFVGD
Residencial	12,031	974
Comercial	52,136	26
Industrial	5,693	3

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos de la Tabla 7, se considera que la capacidad instalada promedio para un usuario residencial es de 4.62kW/contrato para usuarios residenciales, 36.14 kW/contrato para usuarios comerciales y 182.00 kW/contrato para usuarios industriales¹⁰. En línea con lo anterior, la Tabla 8 muestra el potencial estimado de capacidad SFVGD instalable por sector.

Tabla 8. Potencial de generación distribuida por sector.

Sector	Usuarios potenciales restantes	MW
Residencial	11,057	51.04
Comercial	52,110	1,883.28
Industrial	5,690	1,035.58

Fuente: Elaboración propia.

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, en el que 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.

10. 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.

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, 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 0.7% de los hogares contaba con calentadores solares en 2015; dicho porcentaje disminuyó en 0.1% para 2018, teniendo una penetración en solamente el 0.6% del total de viviendas contabilizadas como se muestra en la Figura 41.

En 2018, de las 500 mil viviendas contabilizadas en la entidad, solamente 3.25 mil contaban con calentadores solares, de estas el 22.7% cuenta con un boiler a base de gas como apoyo (INEGI, 2018) (ver Figura 41).

Sin embargo, teniendo en consideración el recurso solar presente en el estado de Quintana Roo, 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 42, el 80.7% de los hogares de Quintana Roo (404 mil viviendas) 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 LP 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 1,021 hoteles y 7,974 restaurantes y un total de 75 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.

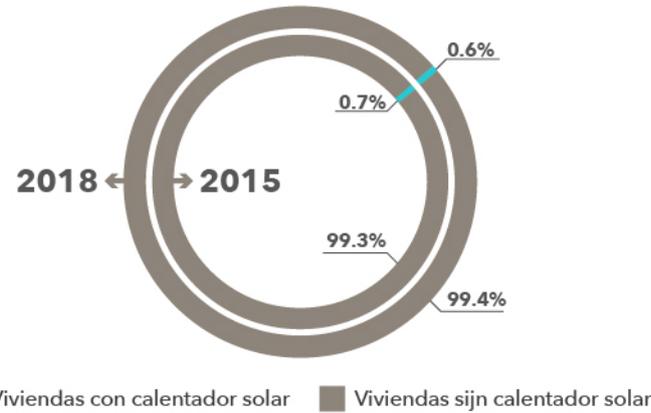
En este sentido, es pertinente realizar levantamientos y diagnósticos en el estado para poder ofrecer factibilidad técnica-económica con el fin de incorporar una mayor cantidad de calentadores solares dentro de la entidad.

Tabla 9. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias del estado de Quintana Roo.

Sistema para producción de ACS	Viviendas
Sin calentador	404,678
Solamente calentador de gas	92,374
Solamente calentador solar	2,510
Tanto calentador solar como de gas	740

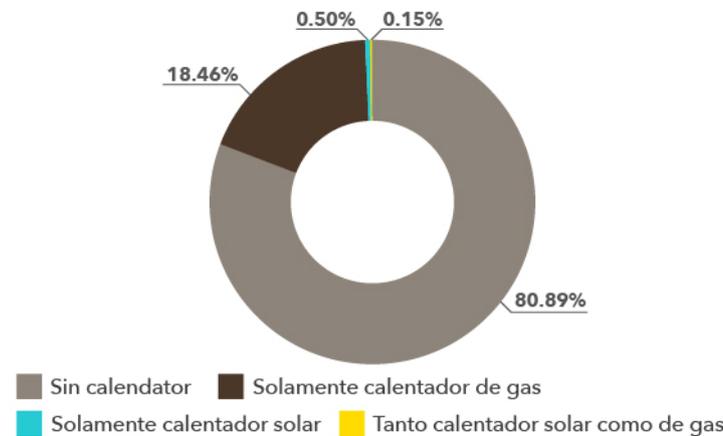
Fuente: (INEGI, 2018).

Figura 41. Evolución del uso de calentadores solares de agua en el sector residencial.



Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2018).

Figura 42. Tecnología de calentamiento de agua en residencias del estado de Quintana Roo.



Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2018).

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.

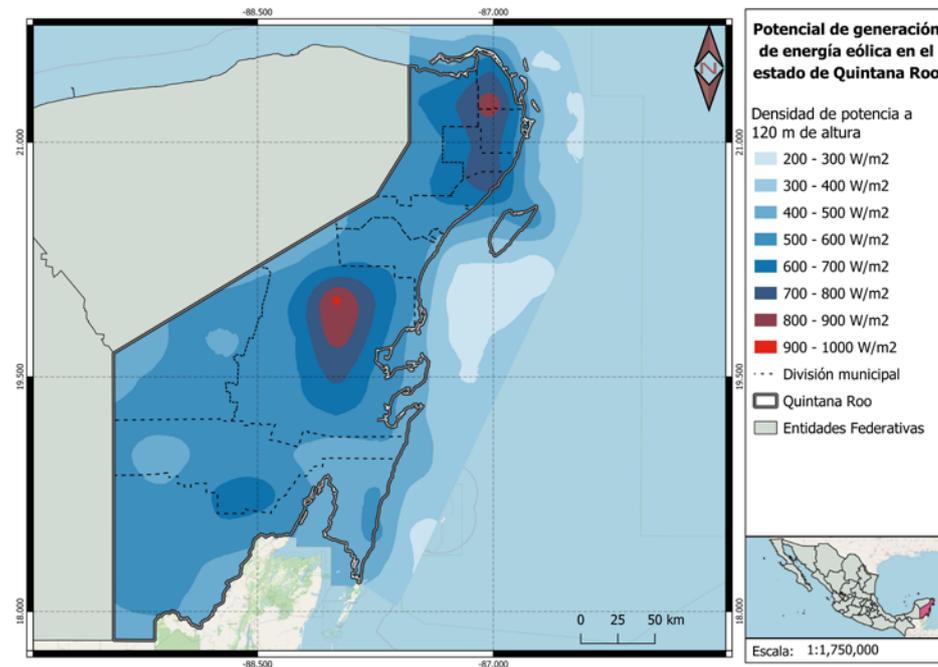
Además, a mesoescala es la orografía y las circulaciones térmicamente inducidas las que influyen, mientras que a microescala depende de la modulación de los flujos locales, la capa límite y las ráfagas turbulentas (Letcher, 2017).

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 43 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, la mayor parte del territorio cuenta con densidades superiores a los $500 W/m^2$. Además, existe una región en la zona norte con una densidad de hasta $900 W/m^2$ y otra en la zona central que alcanza hasta $1,000 W/m^2$.

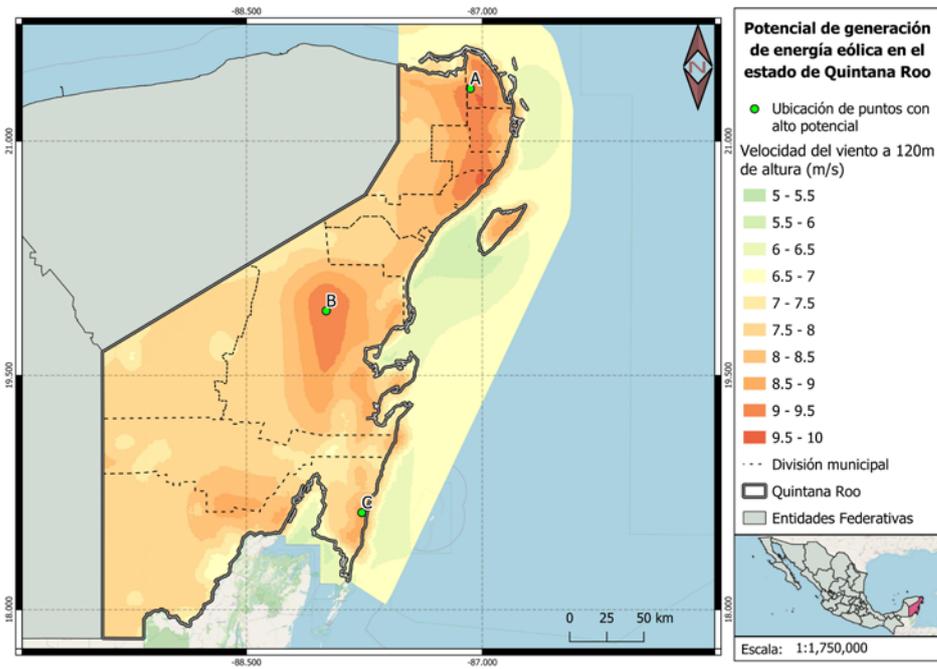
Figura 43. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 120 metros de altura.



Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL).

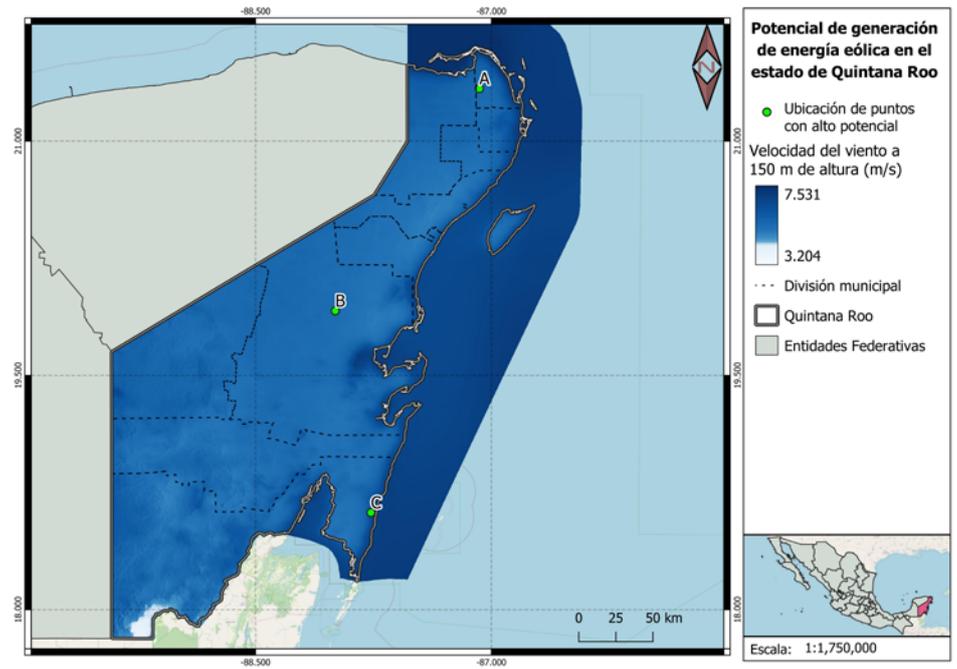
La Figura 44, por su parte, muestra un mapa de velocidades promedio anuales en m/s estimadas a 120 metros de altura. Según esta información, extraída del Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL), en la mayor parte del

Figura 44. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura.



Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL).

Figura 45. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura.



Fuente: Global Wind Atlas.

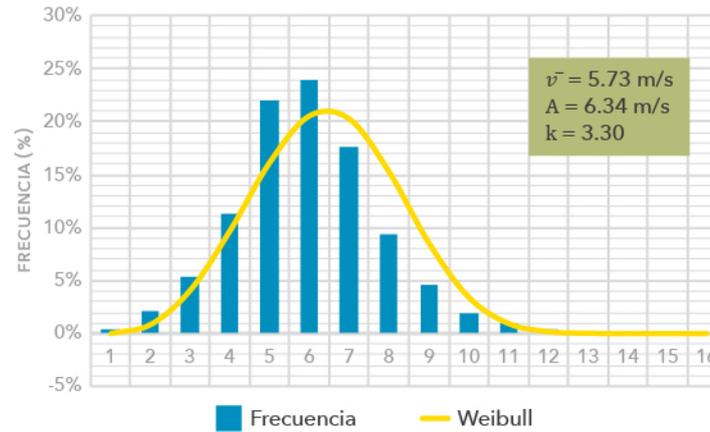
territorio existen velocidades promedio superiores a los 6.5 m/s. Además, existen dos regiones donde se superan los 8.5 m/s, las cuales coinciden con las dos zonas de mayor densidad de potencia de la Figura 43.

De igual manera, la Figura 45 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 ligeramente más moderadas que no superarían los 7.5 m/s en ningún caso.

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 44 y en la Figura 45 a 120 metros de altura 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:

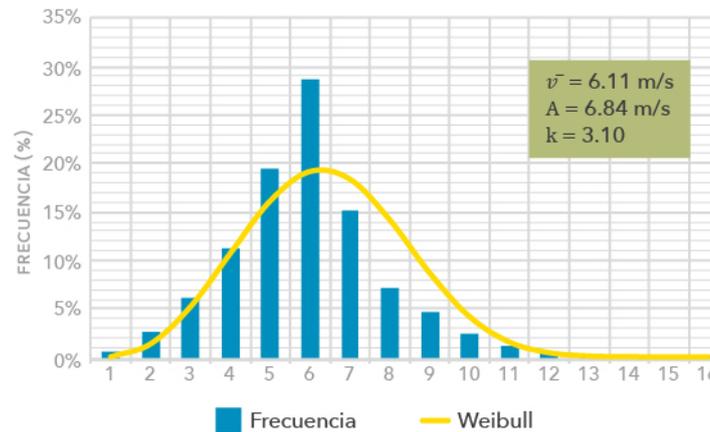
- k es un parámetro adimensional y se ubica entre 1 y 3 para zonas terrestres de interior. Se relaciona directamente con la variabilidad del viento, de tal forma que un valor bajo de k refleja vientos muy variables y un valor elevado de k refleja una mayor estabilidad y una distribución más aproximada 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.

Figura 46. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación A.



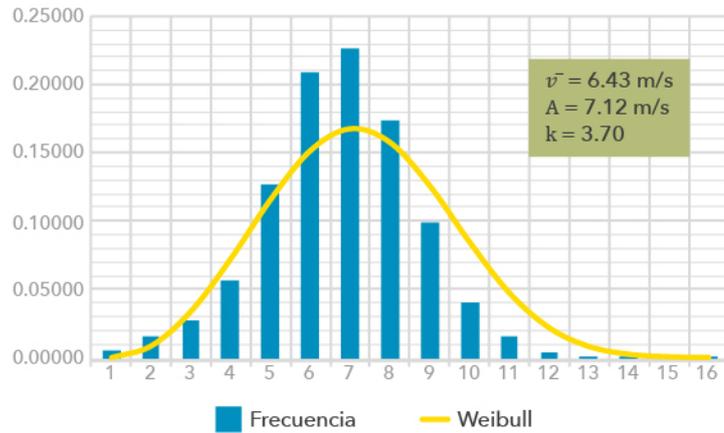
Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida de MERRA-2.

Figura 47. 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.

Figura 48. 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.

En la Tabla 10 se puede observar como las ubicaciones estudiadas, y especialmente la ubicación C, presentan velocidades promedio elevadas y estabilidades altas por tratarse de zonas costeras.

Tabla 10. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreados.

Ubicación	Velocidad promedio (m/s)	k	A (m/s)
A	5.73	3.30	6.34
B	6.11	3.10	6.84
C	6.43	3.70	7.12

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 49, 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.
- Exclusión de áreas protegidas y localidades.

Seguidamente, la Figura 50 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 al sur.

En definitiva, es posible afirmar que el estado de Quintana Roo cuenta con un recurso eólico estable con velocidades considerablemente altas, entre otras cosas, por su proximidad al mar y planitud del territorio. 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.

Figura 49. Líneas de transmisión y polígonos con elevado potencial eólico según Escenario 3 de AZEL.

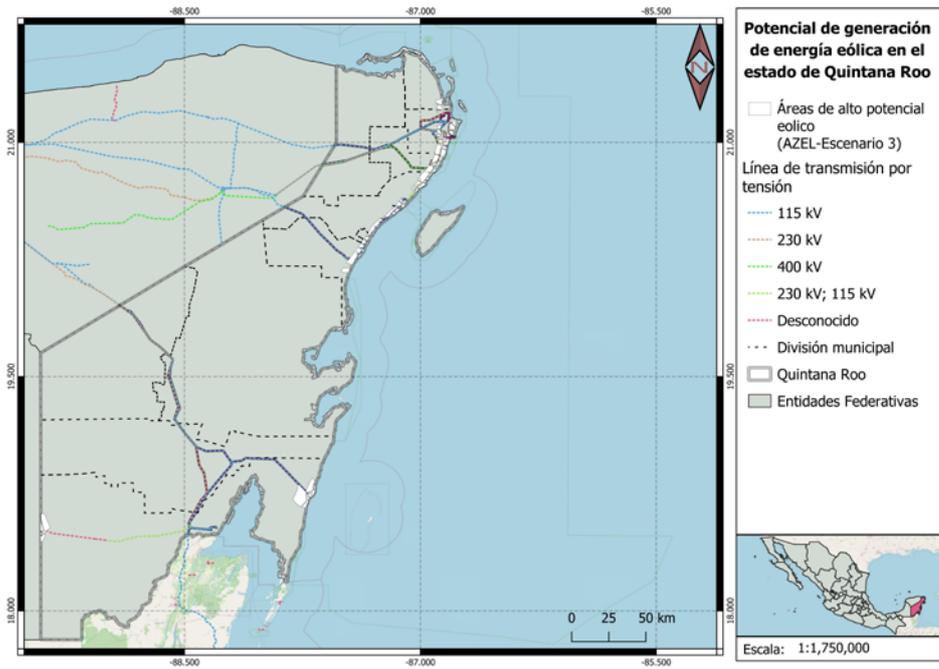
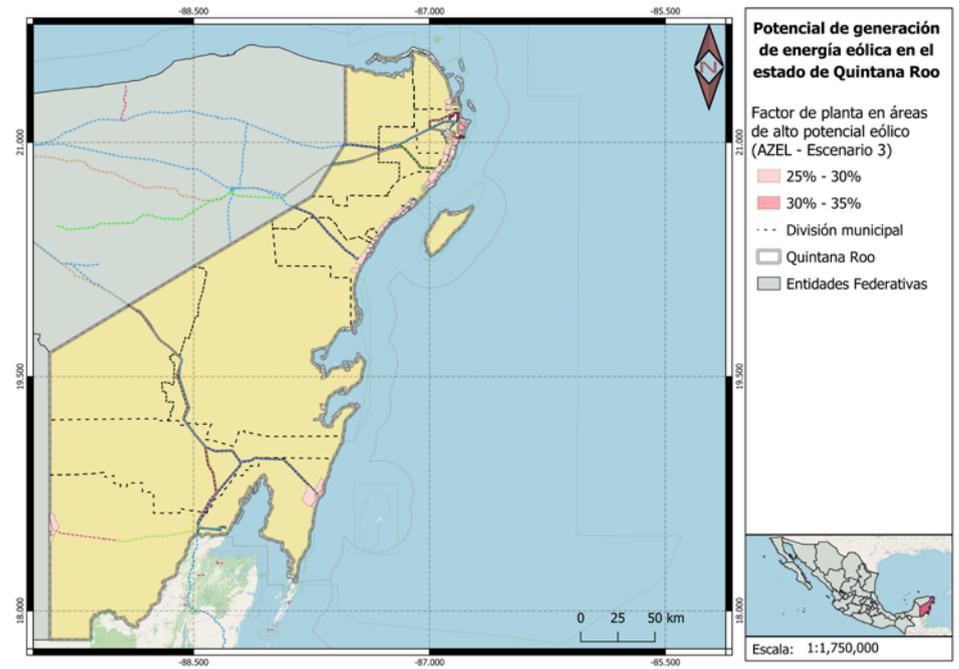


Figura 50. Factor de Planta estimado para parques eólicos ubicados en los polígonos del Escenario 3 de AZEL.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AZEL.

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 (4806 TJ/a); 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.

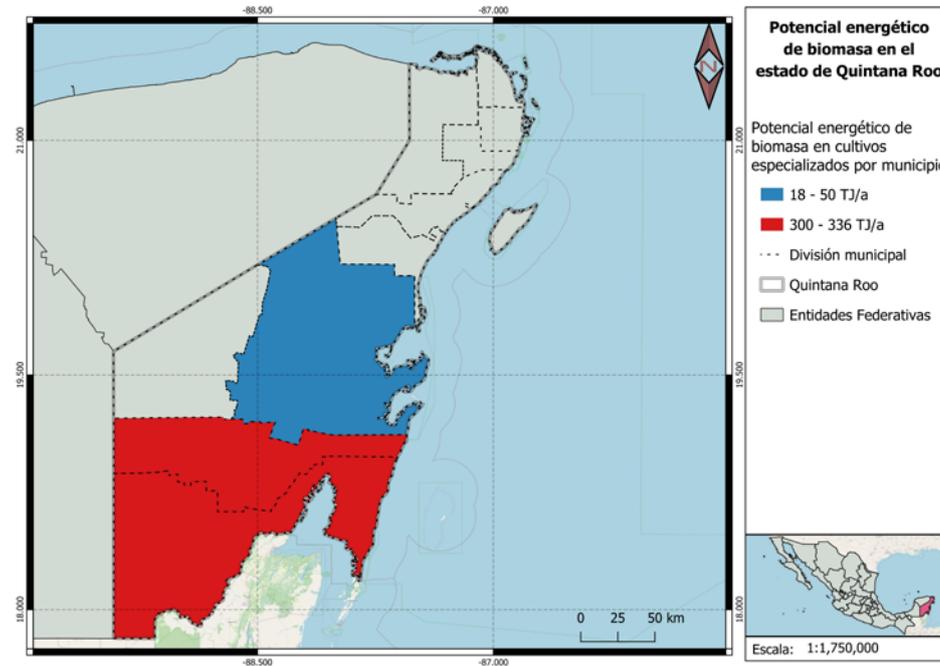
Cultivos Especializados

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 Figura 51 plantea que 100%

de los cultivos mencionados anteriormente se enfoca 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 51. Potencial energético por biomasa de cultivos especializados en Quintana Roo.



Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

En Quintana Roo, los municipios de Othón P. Blanco y Bacalar, al Sur de la entidad, cuentan con el mayor potencial de aprovechamiento energético de la biomasa proveniente de cultivos especializados (336.27 TJ/a). Sin embargo, no se cuenta con información sobre el tipo de cultivo a producir. Cabe mencionar que el análisis se presenta solamente para 3 de los 11 municipios de la entidad.

Tala Sustentable

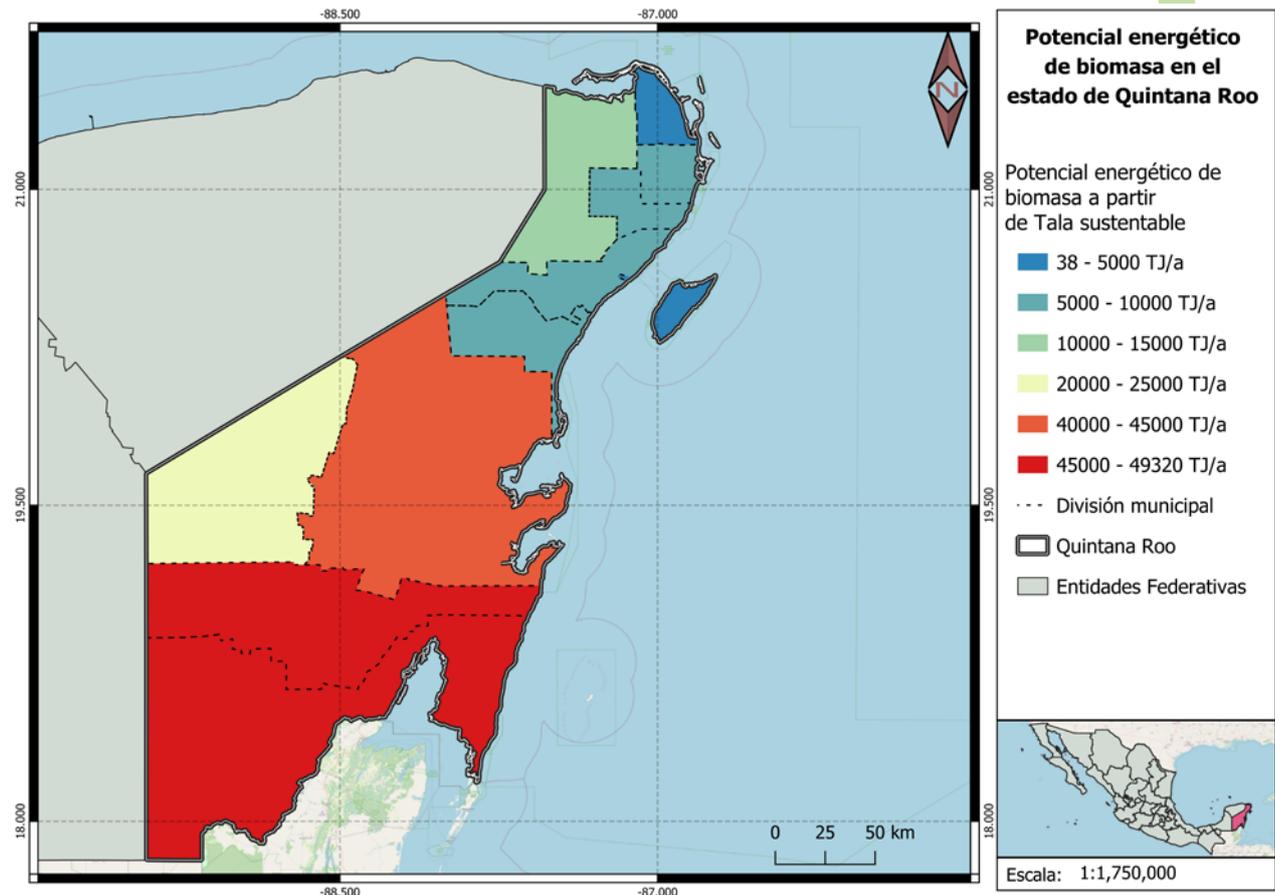
Para la estimación del potencial energético de la biomasa obtenida por tala sustentable, el Atlas Nacional de Biomasa aplica 5 criterios de exclusión (Áreas Naturales Protegidas, Áreas Voluntarias de Conservación, Terrenos con pendiente menor a 30%, con distancia a caminos o carreteras menores a 5 km 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.

Los municipios de Bacalar y Othón P. Blanco, cómo se mencionó anteriormente, cuentan con el potencial más alto para aprovechar sosteniblemente la biomasa proveniente de la tala del recurso forestal en el país, con un valor combinado de 49,320.2 TJ/a. En este caso, existe información para todos los municipios de la entidad.

Figura 52. Potencial energético de biomasa proveniente de tala sustentable en Quintana Roo.



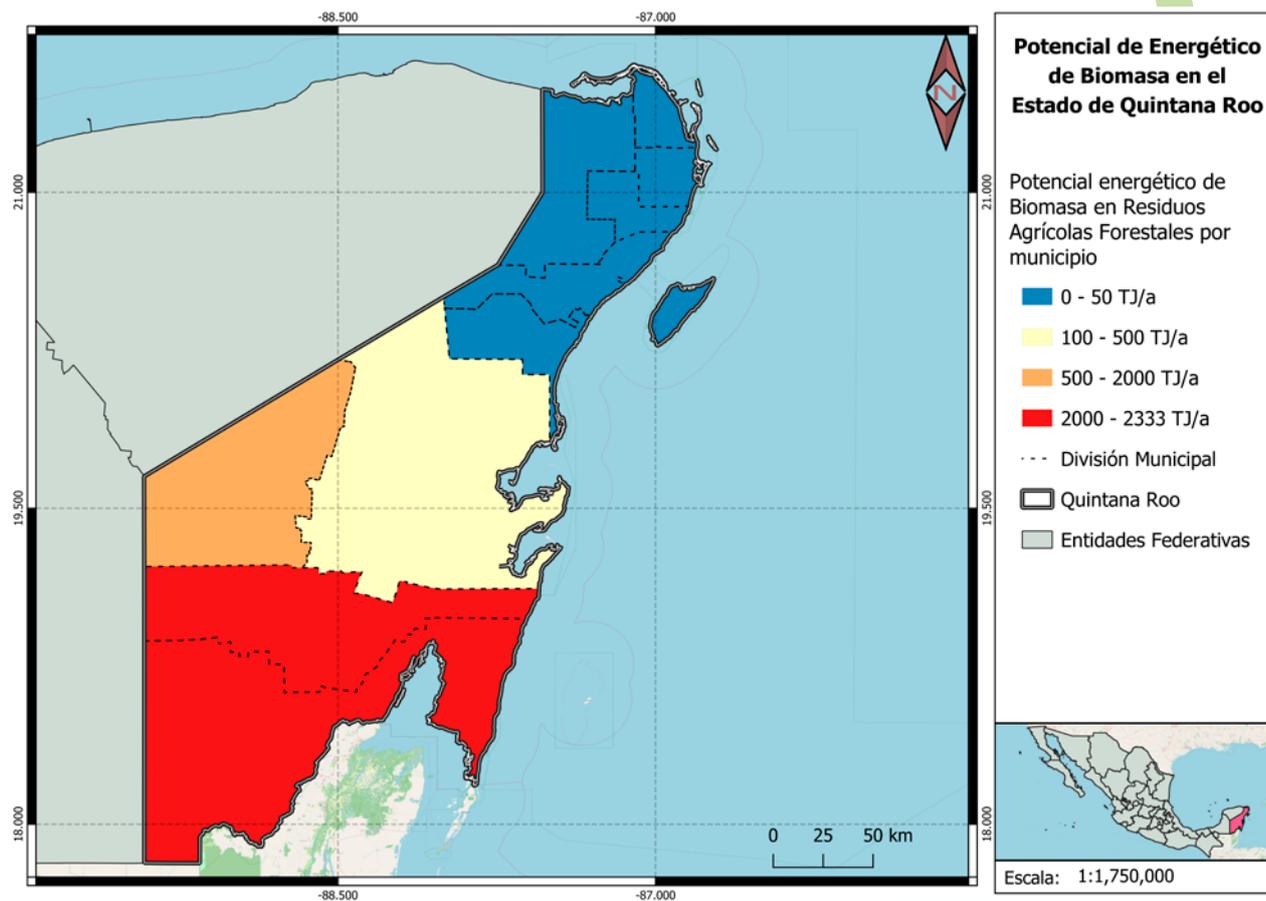
Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

Residuos Agrícolas y Forestales

La actividad agrícola genera una cantidad considerable de residuos durante la cosecha de cultivos. El escenario de la Figura 53, 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.

La actividad agrícola de los municipios al Sur de la entidad (Bacalar y Othón P. Blanco) provoca que se cuente con el mayor potencial para aprovechar los residuos agrícolas y forestales en la entidad (2332 TJ/a). Además, la actividad del municipio de José María Morelos se considera importante para el aprovechamiento energético de residuos agrícolas y forestales (627 TJ/a).

Figura 53. Potencial energético de residuos agrícolas y forestales.



Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

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.

Los municipios de Benito Juárez y Puerto Morelos tienen el mayor potencial de aprovechamiento de residuos urbanos (605 TJ/a). Esto se puede explicar a una mayor concentración poblacional y de actividad turística en esta zona.

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 11.

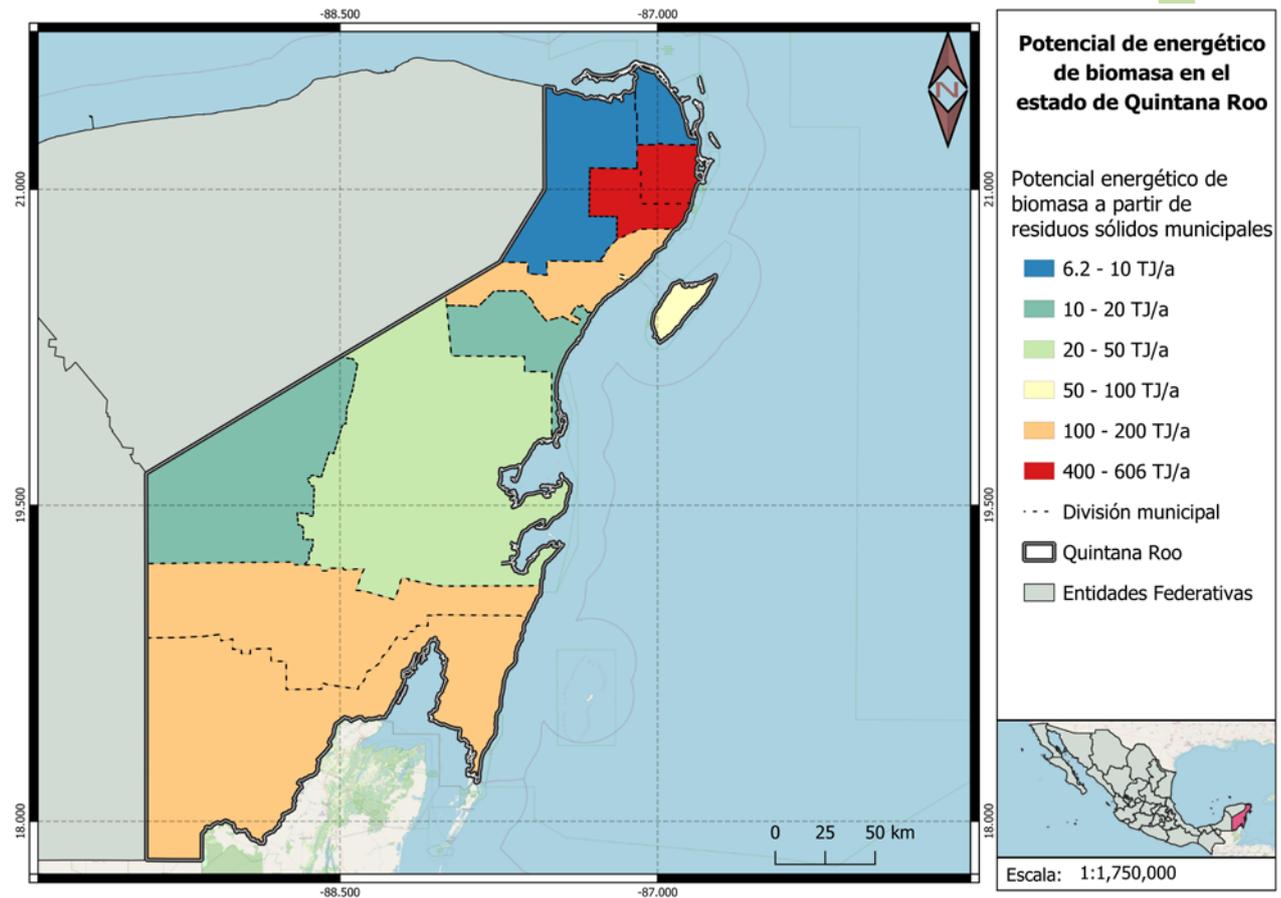
Tabla 11. Potencial energético de residuos provenientes de actividades pecuarias e industriales.

Tipo de Biomasa	Potencial (TJ/a)
Residuos industriales	4,089.4
Residuos pecuarios	0.2
Industrial	5,690

Fuente: INEL (SENER, 2018a).

En la industria pecuaria se contemplan los residuos de las unidades ganaderas bovinas (20% de bovinos lecheros) y porcinas (50% del total). Mientras que como residuos industriales se consideran únicamente a las agroindustrias y la industria papelera. Debido a la variedad de tipos de biomasa sólida y líquida, se

Figura 54. Potencial energético de residuos urbanos municipales.



Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018a).

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

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.

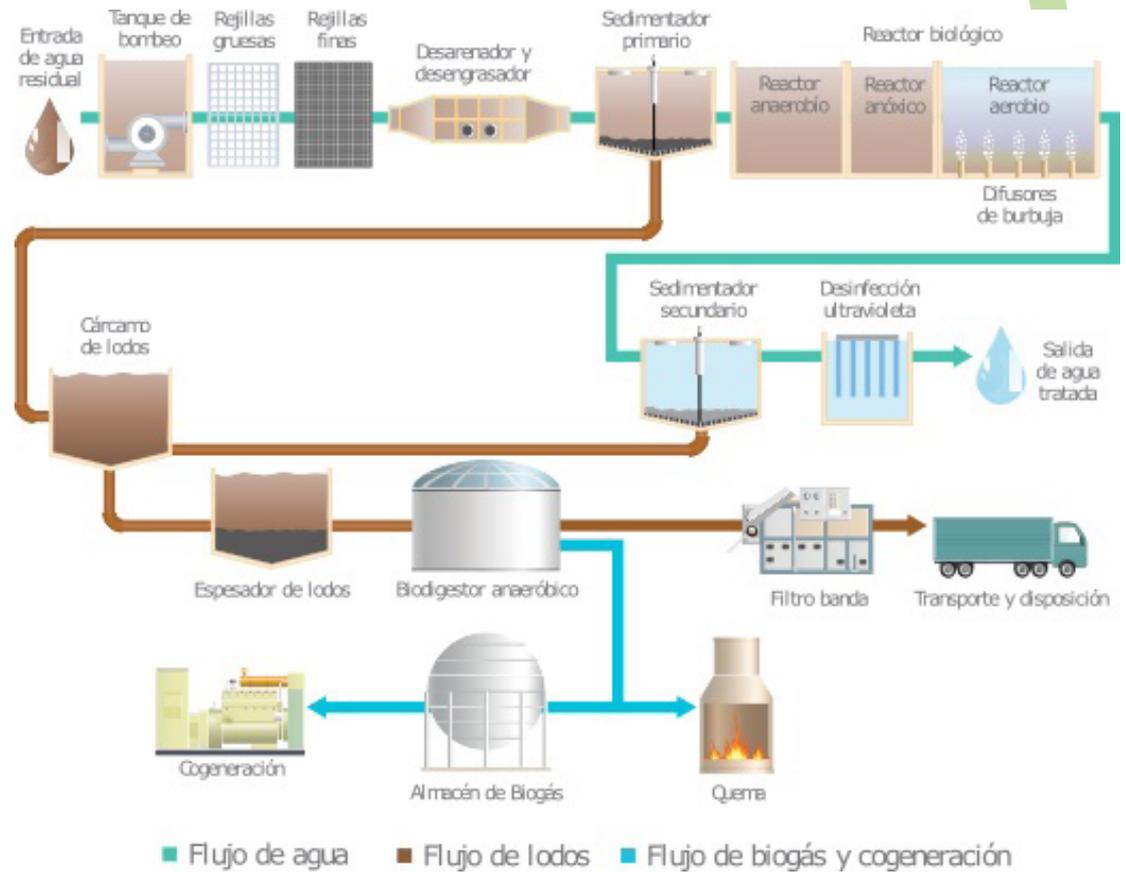
El proceso de tratamiento aerobio con lodos activados que se lleva a cabo en la planta tiene como subproductos lodos que deben estabilizarse para su disposición final. El proceso de digestión al que son sometidos produce biogás, utilizado para la generación de energía eléctrica, con una capacidad instalada (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 Certificados de Energías Limpias (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).

- 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 y 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).

Figura 55. Aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento “El Ahogado”.



Fuente: (GIZ, 2018).

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

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 Quintana Roo tiene potencial para desarrollar proyectos de aprovechamiento en diversas zonas del territorio. Es importante mencionar que la entidad cuenta con el municipio de mayor potencial de aprovechamiento energético de biomasa proveniente de tala sustentable (Othón P. Blanco).

Además, también en el sur de la entidad debe considerarse el aprovechamiento de biomasa a partir de prácticas de tala sustentable y el uso de suelo agrícola para el cultivo de especies vegetales especializadas para la producción de biocombustibles líquidos.

Por otra parte, la zona noreste tiene un importante potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos municipales que se producen por la concentrada actividad turística del estado.

Figura 56. Aprovechamiento energético de biogás proveniente de un relleno sanitario (BENLESA, Nuevo León).



Fuente: (GIZ, 2018).

Energías oceánicas

Debido a los más de 1,000 km de costa presentes en el estado de Quintana Roo, se incluye a continuación un breve análisis del potencial de aprovechamiento de tres de las energías oceánicas: energía de las olas (undimotriz), energía maremotérmica y energía de las corrientes. Pese a que las tecnologías encargadas de aprovechar los recursos energéticos del mar han tenido un menor grado de penetración en los sistemas energéticos del mundo que el resto de las tecnologías renovables analizadas en este documento, son una alternativa a considerar en ubicaciones geográficas como la del estado de Quintana Roo, ya que podrían aumentar la generación renovable local en momentos de alta demanda.

Energía de las olas (undimotriz)

El rozamiento del viento con la superficie del mar provoca la aparición de oleaje en el mismo. La energía de las olas se

concentra en las costas y tiene la propiedad característica de desplazarse grandes distancias sin apenas perder energía. Se trata de una energía constante y predecible con un impacto en el entorno menor que otro tipo de instalaciones. El recurso energético aprovechable se puede extraer tanto de la energía cinética como de la energía potencial presente en el movimiento de las olas.

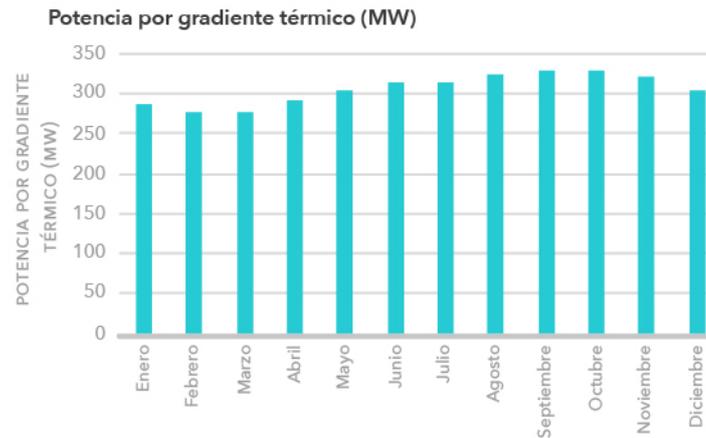
Aunque el mayor recurso energético en cuanto a oleaje para México se encuentra en las costas del Pacífico, en las costas del estado de Quintana Roo existe un potencial considerable, especialmente en la mitad sur del estado. En las costas de los municipios de Bacalar y Othón P. Blanco se estiman potencias de oleaje superiores a 2 kW/m entre el 80 y el 90% del tiempo y superiores a 5 kW/m entre el 60 y el 70% del tiempo. En las costas de municipios situados más al norte, el potencial se reduce, superando los 2 kW/m entre el 50 y el 60% del tiempo y los 5 kW/m entre el 20 y el 30% del tiempo (Jassiel V. Hernández-Fontes, 2019)

Energía maremotérmica

La energía maremotérmica se basa en la explotación de la diferencia de temperaturas en los océanos. El gradiente de temperaturas en algunas zonas tropicales del océano oscila en torno a los 20 °C entre la superficie y los 100 m de profundidad. En las centrales maremotérmicas o de ciclo OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) se transforma la energía térmica en energía eléctrica utilizando el ciclo termodinámico Rankine, en el que se emplea calor para evaporar un fluido y posteriormente se aprovecha su expansión en el accionamiento de una turbina. En el proceso, el agua superficial del océano actúa como fuente de calor, mientras que el agua extraída de las profundidades actúa como foco frío en el proceso de condensación.

Las costas del estado de Quintana Roo se han considerado como unas de las principales candidatas para la implementación de centrales de ciclo OTEC por disponer de aguas con profundidades superiores a los 1,000 metros próximas a la costa y por presentar una disponibilidad de potencia superior a 250 MW de forma persistente (más del 90% del tiempo) (Jassiel V. Hernández-Fontes, 2019).

Figura 57. Potencia disponible por gradiente térmico para plantas OTEC en las coordenadas 20.40°N, 86.80°O. Datos del 1 de septiembre de 2013 al 31 de agosto de 2018.



Fuente: (Jassiel V. Hernández-Fontes, 2019).

Energía de las corrientes

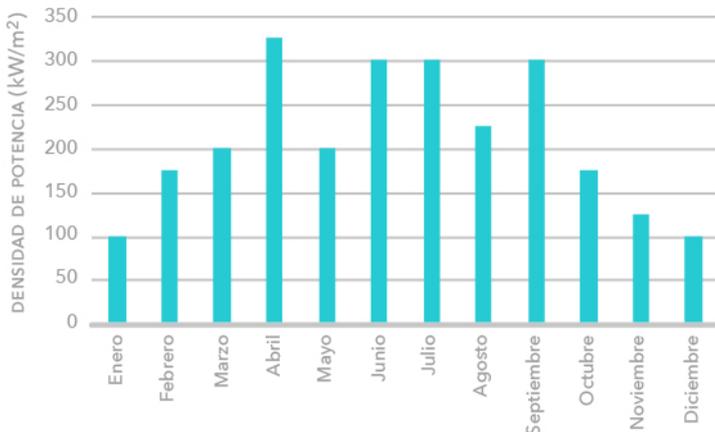
Las corrientes oceánicas, entendidas como el flujo continuo de agua del océano en una dirección específica, son impulsadas por el estrés del viento, la fuerza de Coriolis, los gradientes de presión, temperatura y salinidad, la fricción y las interacciones con las costas. Estas corrientes son atractivas como fuente de energía renovable debido a su previsibilidad,

persistencia y sostenibilidad. Algunos sistemas de corriente conocidos muestran un comportamiento casi constante en el tiempo y serían una excelente fuente de energía hidrocínética (Jassiel V. Hernández-Fontes, 2019) (Juan Carlos Alcérreca-Huerta, 2019).

Para el aprovechamiento de la energía cinética de las corrientes se emplean habitualmente turbinas marinas, las cuales comienzan a producir a partir de velocidades superiores a los 0.5 - 1.0 m/s.

Las estimaciones indican que las aguas del estado de Quintana Roo, especialmente en la zona norte son las que presentan una mayor densidad de potencia de corrientes oceánicas de todo el país. Considerando una distancia máxima de 100 km aguas adentro, en la mayor parte de las aguas el 80 % del tiempo se superan densidades de potencia de 176 W/m² (Jassiel V. Hernández-Fontes, 2019).

Figura 58. Densidad de potencia promedio de las corrientes oceánicas en las coordenadas 20.32 °N, 86.72 °O. Datos del 1 de septiembre de 2013 al 31 de agosto de 2018.



Fuente: (Jassiel V. Hernández-Fontes, 2019).

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 Quintana Roo.

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 2020, 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 Sustentable

En términos económicos, el Producto Interno Bruto del estado de Quintana Roo se encuentra dividido de la siguiente forma:

Tabla 12. Producto Interno Bruto de Quintana Roo 2019.

	Millones de pesos	Participación
PIB Total 2019	374,568.91	100%
Actividades primarias	2,895.3	0.77%
Actividades secundarias	52,490.36	14.01%
Actividades terciarias	319,183.238	85.21%

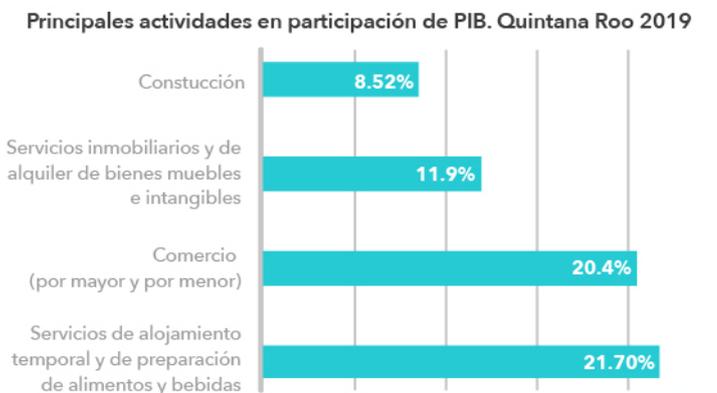
Fuente: (INEGI, 2020).

Como se puede apreciar en la Tabla 12, las actividades terciarias son aquellas con mayor impacto en el PIB estatal al concentrar el 85.21% de este.

Por su parte, las actividades secundarias son las segundas con mayor influencia en el mismo, con una aportación del 14.01%. Por último, las actividades primarias tienen la menor aportación al PIB estatal con el 0.77%.

Desagregando cada una de las actividades principales por tipo de actividad específica, en la Figura 59 se muestra que 4 de ellas aportan el 62.52% del total. Las actividades relacionadas con los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas son aquellas con mayor impacto, siendo del 21.7%; seguido por el comercio al por mayor y al por menor, que en conjunto alcanzan el 20.4%, mientras que servicios inmobiliarios cuenta con el 11.9%, mientras que las actividades relacionadas a la construcción tienen una participación del 8.52% (INEGI, 2021).

Figura 59. Actividades con mayor aportación al PIB estatal 2019.



Fuente: (INEGI, 2020).

Por otra parte, se analizaron las unidades económicas¹¹ 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, Quintana Roo cuenta con 67,821 u.e. (DENUE, 2021) distribuidas de forma heterogénea en los 11 municipios; 3 de ellos (Benito Juárez, Solidaridad y Othón P. Blanco) concentran el 76.5% de u.e.

En la Tabla 13 y Figura 60 se observa la distribución de unidades económicas tanto en porcentaje como en cantidad, siendo el municipio de Benito Juárez aquel

11. 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).

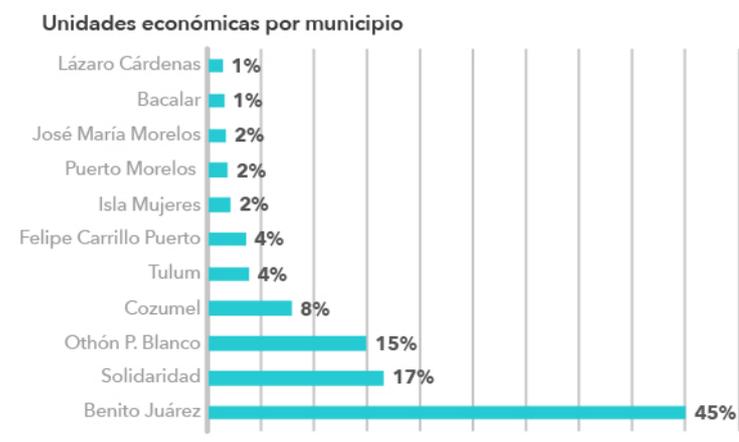
con la mayor cantidad de u.e., conteniendo el 45% del total, seguido por Solidaridad con el 16.5 y Othón P. Blanco con el 14.9%.

Tabla 13. Distribución de unidades económicas en el estado.

Benito Juárez	30,531
Solidaridad	11,214
Othón P. Blanco	10,112
Cozumel	5,320
Tulum	2,582
Felipe Carrillo Puerto	2,379
Isla Mujeres	1,410
Puerto Morelos	1,240
José María Morelos	1,119
Bacalar	1,013
Lázaro Cárdenas	901

Fuente: (INEGI, 2020c).

Figura 60. Unidades económicas por municipio en Quintana Roo 2020.



Fuente: (INEGI, 2020c).

Dentro de estas u.e. se encuentran 706 tipos de actividades. Las 13 actividades (giros) con mayor presencia en el estado representan el 46.18% del total de u.e., en la Tabla 14 se observa el tipo de actividad referida y el número de u.e. a nivel estatal:

Tabla 14. Los 12 principales tipos de actividad y número de u.e. en el estado.

TIPO DE ACTIVIDAD	NÚMERO DE U.E.
Restaurantes	7,974
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	5,903
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	2,417
Banca múltiple	2,063
Comercio al por menor en minisupers	2,007
Comercio al por menor de cerveza	1,763
Asociaciones y organizaciones religiosas	1,734
Comercio al por menor en tiendas de artesanías	1,652
Lavanderías y tintorerías	1,356
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	1,345
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	1,103
Hoteles	1,021
Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	983

Fuente: (INEGI, DENUE, 2020).

Sin embargo, considerando que los grandes comercios e industrias con el mismo giro comercial/producción o servicio suelen tener consumos energéticos similares diferenciados por la escala y producción de los mismos, se realiza el análisis de las u.e. con el mayor personal de planta registrado en el directorio.

En este sentido, de acuerdo con el DENUE, Quintana Roo cuenta con 320 u.e. con un personal de planta mayor a 251 personas contratadas.

A diferencia del análisis de unidades en general, en este caso particular, 8 municipios concentran el 100% del total de u.e. con mayor personal de planta contratado.

En la Tabla 15 se observa la cantidad de u.e. por municipio.

Tabla 15. Unidades económicas con personal de planta mayor a 251 personas por municipio en Quintana Roo 2020.

MUNICIPIO	Número de Unidades Económicas
Benito Juárez	152
Solidaridad	87
Othón P. Blanco	28
Cozumel	24
Puerto Morelos	13
Tulum	8
Isla Mujeres	7
Bacalar	1

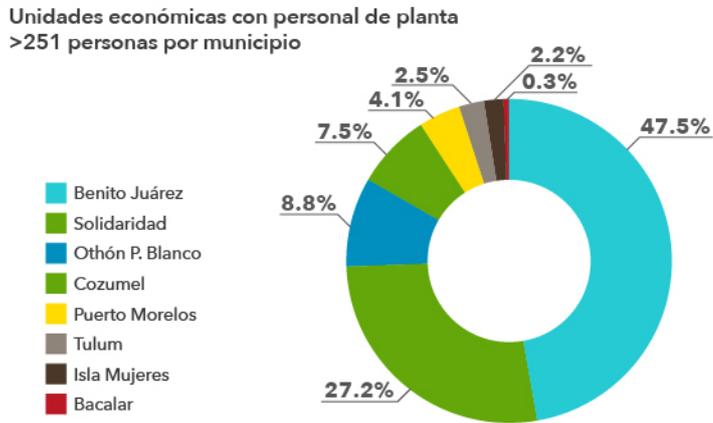
Fuente: (INEGI, 2020c).

A su vez, en la Figura 61 se muestra la participación en porcentaje de la distribución de las u.e. con mayor personal de planta respecto al total.

El municipio de Benito Juárez concentra el 47.5% del total; es seguido por Solidaridad con el 27.2%, Othón P. Blanco con el 8.8%, Cozumel cuenta con el 7.5% y Puerto Morelos registra el 4.1% de estas unidades. Por su parte, Tulum, Isla mujeres y Bacalar cuentan con el 2.5%, 2.2% y 0.3 % de u.e. con personal de planta mayor a 251 personas contratadas.

Como siguiente paso, las u.e. fueron desagregadas por el tipo de actividad o giro dentro del que se encuentran categorizadas con base a la diferenciación propuesta en INEGI.

Figura 61. Porcentaje de unidades económicas con personal de planta mayor a 251 personas por municipio en Quintana Roo 2020.



Fuente: (INEGI, 2020c).

En este sentido se pueden observar en la Tabla 16, los 9 principales tipos de actividad y el número de u.e. relacionadas con la misma cuyo personal de planta es superior a las 251 personas contratadas. Estas actividades tienen una participación del 75.3% del total de unidades con dicho personal de planta dentro del estado.

Tabla 16. Los 9 principales tipos de actividad y número de unidades económicas en el estado con personal de planta mayor a 251 personas.

Actividad	Número de U. E.
Hoteles	148
Comercio al por mayor y al por menor	24
Suministro de personal permanente	17
Administración pública en general	11
Hospitales generales del sector público	11
Actividades administrativas de instituciones de bienestar social	8
Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	8
Servicios de administración de negocios	8
Agencias de viajes	6
Resto de actividades	79

Fuente: (INEGI, DENU, 2020).

Como resultado, se obtuvo la Figura 62 en la cual se muestran las u.e. con mayor presencia en el total estatal por tipo de actividad; siendo 9 tipos de actividades las que tienen una participación del 75.3%.

Dentro de ellas, existen 148 u.e. correspondientes a hoteles, siendo el giro con mayor participación dentro del estado (46.3% del total), es seguido por actividades relacionadas al comercio al por mayor y al por menor con 24 u.e. (7.5%), las actividades relacionadas con el suministro de personal permanente con 17 u.e. (5.3 %), mientras que la administración pública cuenta con 11

u.e. (3.4%). Las actividades administrativas de instituciones de bienestar social, la impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y del orden público, así como los servicios de administración de negocios cuentan con 8 u.e. (2.5%) cada uno sumando el 7.5% del total estatal.

A su vez, las agencias de viajes tienen una participación importante, siendo 6 u.e. dentro de esta categorización, representando el 1.9% del total estatal.

En cuanto al sector salud, se cuenta con 11 u.e. correspondientes a hospitales generales del sector público equivalente al 3.4%.

Por su parte, el sector educativo, cuenta con 4 escuelas de educación superior del sector público (2.7%) y 3 u.e. correspondientes a escuelas de educación superior del sector privado (2%).

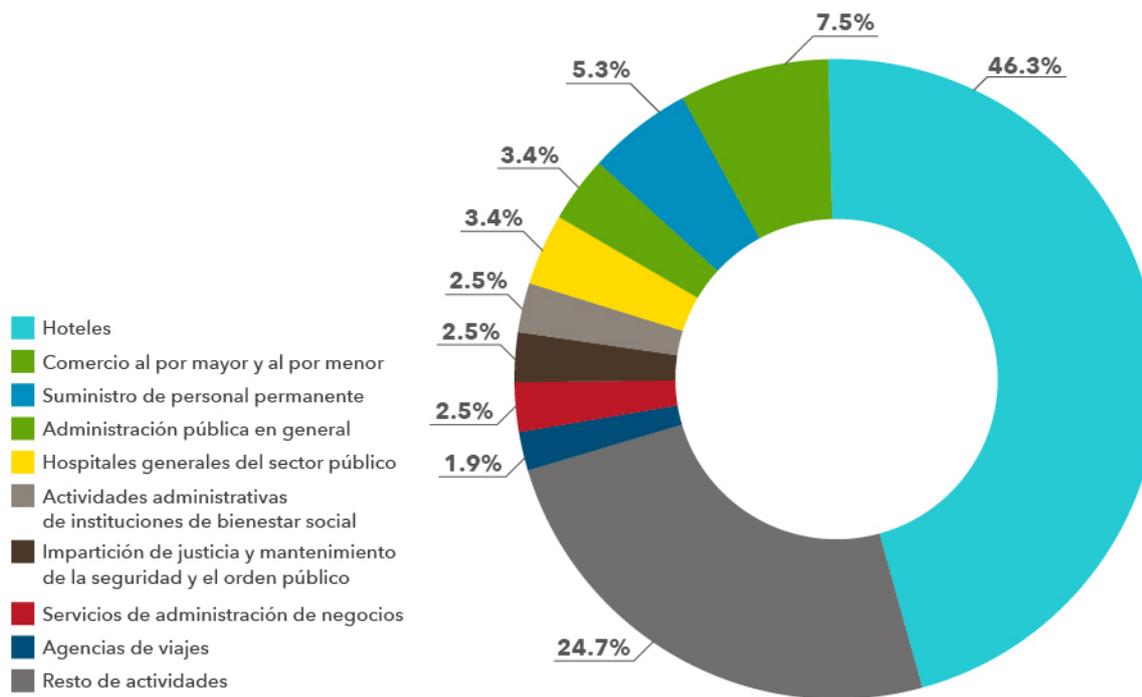
La industria no tiene un papel relevante en el mapeo de u.e. con personal de planta contratado mayor a 251 personas. Solamente se cuenta con una unidad económica en esta categoría, siendo de fabricación de tubos y bloques de cemento y concreto.

Ahora bien, del diagnóstico energético se toman aquellos sectores con mayor consumo de electricidad.

Para el año 2019 el sector industrial tuvo el 42.3 % del consumo total del energético, seguido por el sector residencial con el 32.65%.

Figura 62. Unidades económicas, por su tipo de actividad, con mayor presencia en el total estatal.

U.E. por tipo de actividad con personal de planta > 251 personas

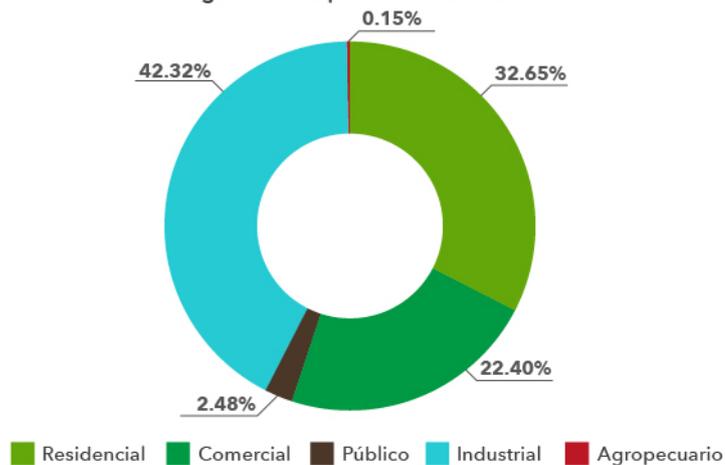


Fuente: (INEGI, DENU, 2020).

El sector comercial y público presenta un consumo de 22.4% y de 2.48% respectivamente. Mientras que el sector agropecuario tuvo un consumo de electricidad del 0.15% del total estatal.

Figura 63. Consumo de energía en el estado por sector.

Consumo de energía eléctrica por sector. Quintana Roo 2019



Fuente: (CFE, 2019).

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

A su vez, se busca proyectar un sistema integral, es decir, implementar medidas de eficiencia energética para cada uno de los sectores, a pesar de establecer grupos objetivo para la implementación de las mismas, el establecimiento de medidas en cada uno de los sectores permitirá tener ahorros energéticos, beneficios económicos, y por ende, una menor afectación al medio ambiente.

Por ello, a continuación, se describen medidas sectorizadas. De forma general pueden proporcionar un rango de ahorro energético probable y dependerá de factores como la tecnología actual utilizada, mejora de prácticas, implementación de nuevos procesos, gestión energética, difusión de información.

Sector Industrial

A pesar de no presentar una cantidad de industria predominante en el estado, el sector industrial es el segundo de mayor consumo energético en el estado de Quintana Roo con el 13.1% (14.09 PJ).

Como se muestra en la parte superior, es el principal consumidor de energía eléctrica con el 42.3% del total estatal.

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.

A continuación, se visualizan una serie de medidas de eficiencia energética aplicables al sector industrial y a diversas actividades dentro del mismo¹².

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.

12. Los porcentajes dados en los gráficos hacen referencia al potencial de ahorro energético posible en esa tecnología, y no al potencial de ahorro del consumo total del sector.

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 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.

Medidas Sector Industrial

Implementar Sistemas de Gestión de Energía para grandes consumidores de energía.

5 - 10%

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

Variable

Desarrollar programas de apoyo específicos de eficiencia energética en PyMES.

> 10%

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

Variable

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

20 - 70%

Sustitución de motores eléctricos por motores de alta eficiencia.

5%

Sustitución de luminarias por tecnología LED

70 - 84%

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

< 20%

Sector Residencial

El sector residencial es el tercer sector con mayor consumo energético dentro del estado con 11.7% (12.53 PJ). Por otra parte, es el segundo con mayor consumo de electricidad, 32.65% (6.16 PJ) del total consumido en el estado (18.88 PJ).

Como se observa en el diagnóstico energético, el consumo de leña alcanza el 22% del total del consumo de energía dentro del sector.

A su vez, es el sector con mayor consumo de GLP, con el 61% del total del energético a nivel estatal.

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.

La importancia de dichas medidas radica en el vínculo con líneas de acción para la generación de instrumentos necesarios y focalizados.

A continuación, se describen medidas aplicables al sector residencial, como se ha mencionado, dichas medidas no son limitativas.

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

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

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

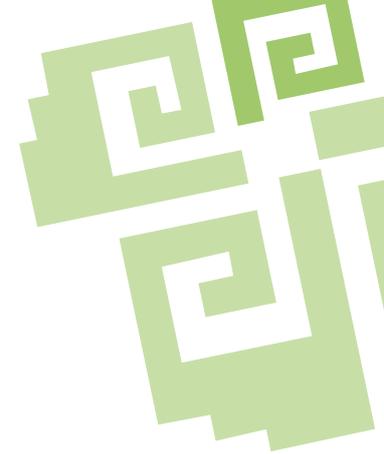
Las medidas de difusión de información pretenden concientizar a la población en general sobre el impacto ambiental y económico generado por hábitos de consumo de energía.

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 efficientizar 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, Envolverte de edificios para uso habitacional.



Medidas Sector Residencial

Sistemas de iluminación eficiente.

>5%

Incorporación de estufas mejoradas de leña.

Hasta 60%

Sustitución por electrodomésticos más eficientes con base a las NOM.

5 - 50%

Difusión de información de ahorro de energía para la población.

Por estimar

Diseño Bioclimático

Por estimar

Sector Comercial

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 u.e.

Dentro del mismo, existen 1,021 hoteles y 26,473 u.e. correspondientes a comercio al por mayor y al por menor.

A su vez, el consumo energético es de gran relevancia. Es el tercer consumidor de electricidad dentro del estado con el 22.4% y el segundo mayor consumidor de G.L.P. con el 15% del total estatal.

Además, las actividades relacionadas a servicios de alojamiento, comercio y servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes son las de mayor impacto en el PIB estatal con el 54%, lo cual permitirá aprovechar de una forma óptima los recursos energéticos mientras se producen mayores ingresos.

Considerando como base lo anterior, vinculado al diagnóstico energético y los indicadores de eficiencia dentro del sector, se desarrollan una serie de medidas aplicables a diversas u.e.

Dentro de estas se describen las medidas correspondientes al sector y los beneficios traídos consigo. Al final de la descripción se muestra una tabla con valores 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 que 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.

Como caso específico se desagregan las medidas correspondientes al sector hotelero, esto debido a la importancia del mismo en el estado.

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 efectúen 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 Sector Comercial

Aislamiento térmico.	Manejo de condensado de vapor.	Ajuste de combustión en calderas.	Recuperación de gases de calor.	Recuperación de calor de purga en calderas.	Colocar quemadores de alta eficiencia en calderas.	Aislamiento refrigeración.	Eficientar bombeo, compresores y ventilación.	Sistema de Iluminación eficientes.	Cogeneración.
2-5%	1-15%	>2%	2-3%	0.5-2.5%	5-15%	1-3%	15-25%	10-90%	20-25%

Sector Hotelero

El sector hotelero se encuentra dentro del sector comercial y servicios. Sin embargo, por la importancia del mismo en el estado es imperativo tomar consideraciones específicas para el mismo.

De acuerdo con el estudio realizado por HES (Hotel Energy Solutions, 2011) la distribución del consumo energético en los hoteles es relativa a la ubicación y el clima de la región. Sin embargo, como caso genérico para aquellos hoteles con clima cálido húmedo se considera la siguiente desagregación. Como se puede observar en la Figura 64, los tres principales usos finales dentro del hotel son: confort térmico (46%), seguido por la generación de agua caliente (17%) y la iluminación con el 12%.

En este sentido, se añaden tres medidas de eficiencia energética con impacto en dichos ámbitos.

Se describe la importancia de la instalación de aires acondicionados eficientes, la sustitución de calderas por aquellas con alta eficiencia y también se incorpora el uso de calentadores como uso mixto dentro del hotel.

Aires acondicionados eficientes

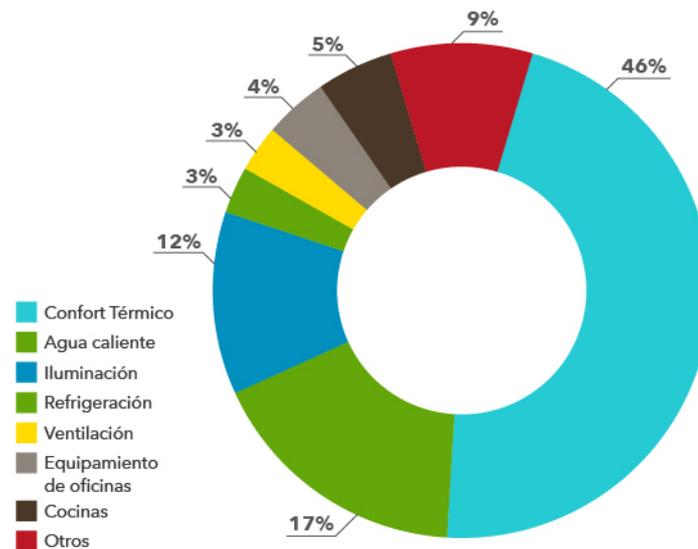
Debido al clima cálido húmedo presentado en el estado, el confort térmico es uno de los principales usos finales de la energía dentro de cualquier edificación no residencial.

Con el fin de satisfacer y cumplir requerimientos de climatización y confort térmico hacia los usuarios, el uso de equipos de acondicionamiento es fundamental.

La principal ventaja derivada del cambio de equipos de aire acondicionado respecto a equipos con alta eficiencia energética (denominados inverter) es la adaptación de velocidad, regulación de voltaje y corriente. En otras palabras, se adecuan a las necesidades de uso en tiempo

Figura 64. Consumo energético promedio del sector hotelero.

Distribución del consumo energético de un hotel



Fuente: (CFE, 2019).

real, trayendo consigo un consumo menor de energía que deriva en beneficios económicos y ambientales.

Sin embargo, al realizar la comparación entre aires acondicionados, se debe de tomar en cuenta el tamaño requerido y también los indicadores de relación de eficiencia energética (SEER por sus siglas en inglés), así como el factor de rendimiento estacional de refrigeración (CSPF). Otro aspecto importante de verificar es el filtrado de contaminantes (Nieto, 2021; García, 2021).

Sustitución de calderas por alta eficiencia

El uso de calderas en hoteles se da principalmente para la generación de vapor en lavanderías, cocinas y para el calentamiento de agua sanitaria.

El sistema de calentamiento de agua no solamente se compone por la caldera sino también cuenta con otros sistemas, por ejemplo, el sistema de alimentación de agua, el sistema de bombeo y sistemas de control.

El principal costo derivado por la utilización de estos equipos está asociado al combustible. De acuerdo con la Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética desarrollado por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) el 96% del costo derivado del ciclo de vida de una caldera corresponde al consumo de energía, 3% se deriva de la inversión inicial y solamente el 1% está relacionado con el costo de mantenimiento.

Es por ello que la mejora en la eficiencia energética de los sistemas de la caldera y en específico, la sustitución de calderas convencionales por aquellas con mejor tecnología permite obtener beneficios económicos. Esto se debe principalmente a la disminución del uso de combustible como también por equipamiento que permite mejorar sistemas de la misma como, por ejemplo, el sistema de control (MGM, 2018).

Incorporación de calentadores solares (uso mixto)

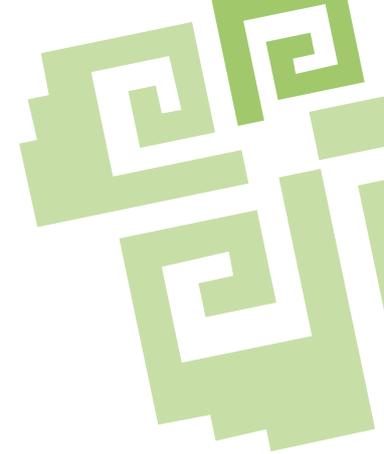
La incorporación de calentadores solares permite disminuir el consumo de gas para el calentamiento de agua. El calentamiento de agua, de hecho, persiste como el segundo uso final de mayor importancia dentro de un hotel.

En este sentido, el consumo de gas suele tener un impacto importante en los costos operativos del hotel. Con este fin, se puede implementar el uso de calentadores solares tanto como uso único como también aquellos en combinación con calentadores de gas (uso mixto).

Otra ventaja importante de los calentadores solares

respecto a los de gas es que la eficiencia del sistema del calentador de gas disminuye en mayor grado que la de los calentadores solares.

Además, a modo de incentivo financiero, existen deducciones fiscales con base en el artículo 34 de la Ley del Impuesto sobre la Renta, en la cual se menciona en la fracción XIII, la deducción del 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente (SENER, Estudio de Eficiencia Energética en Hoteles., 2015; PNUD, 2015; SAT, 2021).



Medidas en sector Hotelero

Aires acondicionados eficientes

10 - 90%

Sustitución de calderas por alta eficiencia

20 - 25%

Incorporación de calentadores solares (uso mixto)

25 - 55% rentabilidad

Sector Público

Las medidas de eficiencia energética descritas en los siguientes apartados engloban principalmente 4 actividades 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 eficientizar 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 ambientales, económicos y mejoras en la calidad de vida de las personas, ofreciendo espacios más iluminados y más 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

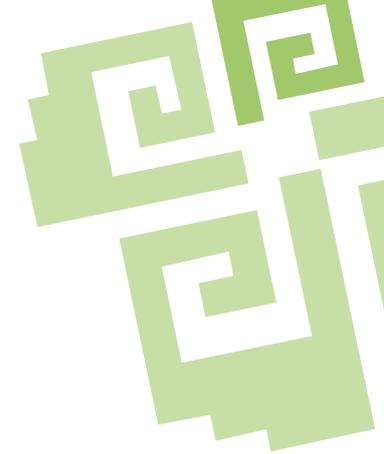
La sustitución de sistemas de iluminación eficiente

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 en la calidad de los espacios de trabajo de los empleados.

Para ello, al igual que en el sector comercial, se deben 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 Sector Público

Estrategias de distribución de productos y recolección de residuos.

<30%

Sustitución de sistemas de alumbrado público.

<50%

Mejorar eficiencia de tecnología para bombeo de agua.

+/-18%

Sistemas de iluminación eficiente.

70-84%

Sector Transporte

El sector transporte es el sector con mayor consumo energético con una participación del 69.8% (74.9 PJ) del total estatal.

Presenta una gran área de oportunidad al tener una matriz compuesta en su totalidad por energéticos fósiles, siendo los principales, turbosina, gasolina y diésel (99% del consumo por energético del sector).

El establecimiento de medidas de eficiencia energética en este sector permite atacar diversos problemas, tanto ambientales como sociales.

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 utilizada 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 del 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 del auto compartido (*car pooling*)

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.

Y 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 y de medios de transporte no motorizados

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.

Medidas Sector Transporte

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

<19%

Incentivar el uso de compartimento de carro (*car pooling*).

Variable

Sustitución de autobuses por transporte público articulado.

Aprox. 47%

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

Aprox. 5%

Incentivar el uso del transporte público.

>7%

Sector Agropecuario

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

Por lo mismo, se plantean medidas de eficiencia energética correspondientes a las principales actividades desarrolladas dentro del estado.

Se considera la agricultura como también la crianza de animales. En este sentido, se busca generar valor al sector y tener un mayor impacto en la economía estatal.

A continuación, se describen las medidas correspondientes.

Eficientar sistemas de riego y bombeo agrícola

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

→ *Auditar el diseño del sistema de riego:*

La verificación del diseño del sistema permite conocer la cantidad y calidad del agua disponible; el tamaño de las tuberías y los diámetros óptimos para el sistema. A su vez, permite identificar si la presión del sistema es adecuada y si las boquillas se encuentran en las mejores condiciones posibles.

También permite mejorar la distribución de los emisores de riego y comprobar que el riego se esté dando de forma uniforme.

Los ahorros energéticos se centran en efficientar el sistema de bombeo, 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 agua.

→ *Reguladores de presión*

La utilización de reguladores de presión permite efficientar el sistema de riego, haciendo que trabaje a niveles adecuados conforme al espacio de riego, la cantidad de agua disponible y las tuberías utilizadas.

→ *Tiempos de riego necesarios*

El identificar el tiempo de riego con el cual se está llevando a cabo el proceso permite adaptarlo de acuerdo a la necesidad. Con esta aplicación se mejora la eficiencia del sistema al implementar el riego solamente cuando es necesario, evitando así, tiempo de riego y desperdicio del recurso.

→ *Capacitación al recurso humano*

La capacitación y actualización del recurso humano encargado de llevar a cabo el proceso de riego 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 además de evitar 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 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 la 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 son los invernaderos, es fundamental. El control sobre la cantidad necesaria de dichos parámetros es fundamental para eficientar 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 con el 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 Sector Agropecuario

Eficientar sistemas de riego y bombeo agrícola

>18% ahorro energético
incremento en
producción hasta 100%.

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

Variable

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

5-20%

Sistemas de iluminación eficiente.

40-90%

Misión, Visión y Objetivos



Misión

Con sus objetivos, medidas y acciones, el Gobierno del Estado de Quintana Roo debe desde hoy, ser ejemplo y motivar a la sociedad para que Quintana Roo 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, Quintana Roo habrá aumentado la participación de las energías 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 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 conscientes 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 el Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables, permitirán que de forma gradual e ininterrumpida, Quintana Roo logre un suministro energético libre de emisiones.

Metodología para definir los objetivos

Los objetivos del Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables son los pilares fundamentales en el que se basan todas las acciones integradas en ella. Por esta razón, por la que su definición se valió de las metodologías de marco lógico y S.M.A.R.T. con la finalidad de asegurar que el Plan aporte valor al desarrollo del estado.

A continuación, se describe brevemente el proceso para la definición de los objetivos ejecutados 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 quienes serán los beneficiarios del proyecto y quienes 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 deriven.

Análisis del problema

Para definir los objetivos del Plan, 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 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 Quintana Roo

Con el fin de obtener el árbol de problemas correspondiente, como primer paso se considera el diagnóstico energético realizado previamente.

Dentro del mismo se identificó la distribución del consumo de energía en cada uno de los sectores, los

energéticos utilizados y su origen, es decir, si se trata de producción interna o de importación.

Así, recordando lo mostrado en el diagnóstico energético de Quintana Roo, el sector con más consumo de energía es, por mucho, el transporte, con 74.9 PJ. Le siguen el sector industrial, con 14.09 PJ y el residencial, con 12.53 PJ. Entre estos tres sectores se acumula el 94.6% del total del consumo energético en el estado.

A su vez, cabe recordar que los combustibles fósiles tienen una participación en la satisfacción del consumo energético estatal del 93.9%, lo cual se traduce en una dependencia profunda de Quintana Roo hacia los combustibles fósiles. La leña tiene una participación en el total del 1.5%, dejando así a las energías renovables con una aportación de solo 4.6%.

También se consideran los análisis de indicadores de intensidad energética en los sectores industrial. Como se vio anteriormente, Quintana Roo tiene una intensidad energética mayor a la nacional en los sectores comercial, de transporte terrestre y residencial.

Otro indicador tomado en cuenta para la definición del árbol de problemas, fue el índice de pobreza energética. Para este caso se utilizan las estimaciones realizadas por García-Ochoa, donde se define el indicador para satisfacer las necesidades básicas de energía (García Ochoa & Graizbord, Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional, 2016). Siguiendo dicha investigación, se plantea que, en el estado, 40% de la población se encuentra en pobreza energética.

Con lo anterior como base, se genera una lluvia de ideas con el fin de tener diferentes puntos de vista y poder establecer el problema principal considerando al

mismo como el problema central del estado en materia energética.

Una vez establecido el problema central se definen tanto las causas como las consecuencias, es decir, las "ramas" y las "raíces" del árbol, respectivamente. En este sentido, las causas del problema se definen como el conocimiento de qué genera o de dónde proviene el problema.

Por otra parte, en las "ramas" se reconocen cuáles son las consecuencias derivadas del problema.

Considerando lo descrito en párrafos anteriores, el problema central definido para el estado se definió como el **consumo ineficiente de energía, la cual proviene en un 93.9% de los combustibles fósiles.**

Este problema se ha originado por la existencia de ciertas circunstancias, conocidas como causas. Algunas de ellas, a su vez, son originadas por otras, teniendo así causas primarias y secundarias.

Las causas primarias son:

1. Uso de tecnologías de baja eficiencia. Los sectores de consumo utilizan, para la satisfacción de sus necesidades energéticas (iluminación, calentamiento de agua, acondicionamiento de espacios, fuerza, etc.) tecnologías viejas y/o de baja eficiencia, lo cual incrementa la energía requerida para satisfacer sus necesidades. Esta causa provoca a su vez una *intensidad energética mayor a la nacional en los sectores transporte, comercial y residencial* y de los *procesos ineficientes en el sector industrial.*

2. Poca capacidad económica para la inversión en tecnologías eficientes, modernas y limpias. La iniciativa privada y los habitantes del estado

carecen de la capacidad de inversión en tecnologías más eficientes, modernas y menos contaminantes. Esta causa genera una *intensidad energética mayor a la nacional en los sectores transporte, comercial y residencial*, la existencia de *los procesos ineficientes en el sector industrial*, una *alta utilización de leña en el sector residencial*, así como un *poco aprovechamiento de las energías renovables*.

3. Falta de conocimiento y promoción de los beneficios de las energías renovables y la eficiencia energética.

Existe un gran desconocimiento de los beneficios económicos, técnicos, sociales y ambientales que traen consigo las energías renovables y la eficiencia energética, ya que suelen considerarse como costosas y poco fiables. Además, existe poca promoción y dispersión de la información.

4. Falta de inversión, programas e incentivos para la utilización de las energías renovables y la eficiencia energética.

Existe poco apetito inversionista en el desarrollo de proyectos de energías renovables. Además, la falta de mecanismos de financiamiento también desalienta la implementación de proyectos. Esto a su vez es causante de la *intensidad energética mayor a la nacional en los sectores transporte, comercial y residencial*, *los procesos ineficientes en el sector industrial* y el *poco aprovechamiento de las energías renovables*.

Las causas secundarias son:

1. Intensidad energética mayor a la nacional en los sectores transporte comercial y residencial.

La productividad de los sectores requiere de más energía que la que se requiere en comparación con el promedio nacional.

2. Procesos ineficientes en el sector industrial.

Los procesos productivos del sector industrial tienen un amplio margen de mejora en eficiencia energética, lo cual puede reducir su consumo energético basado en combustibles fósiles.

3. Alta utilización de leña en el sector residencial.

Los hogares del estado dependen considerablemente de la leña como energético para la satisfacción de sus necesidades.

4. El sector transporte aporta el 70% al consumo total estatal, y depende 100% de los combustibles fósiles.

Todo el uso de energía para transporte se satisface con combustibles fósiles, aportando así una dependencia del estado a los combustibles fósiles del 70%.

5. El sector industrial aporta el 13% al consumo total estatal y depende un 43% de los combustibles fósiles.

Sin contar la electricidad, el diésel y el gas L.P. son los únicos energéticos utilizados en la industria.

6. El sector comercial aporta el 4.8% al consumo total estatal y depende 18% de los combustibles fósiles y 82% a de la electricidad.

Aunque relativamente poco, el consumo energético del sector comercial depende, al igual que el del sector industrial de la electricidad y los combustibles fósiles.

7. 91% de la generación eléctrica proviene de fuentes fósiles.

Casi la totalidad de este energético secundario, tan importante para los sectores industrial, comercial y residencial proviene de los combustibles fósiles. Esto incrementa, indirectamente, la dependencia de dichos sectores a los combustibles fósiles; así, la dependencia del sector industrial pasa del 43% al 94.8% y la del comercial del 18% al 92.6%.

Con el fin de completar el árbol de problemas, se analizan las consecuencias del problema central y se definen los efectos del mismo. Para este caso específico, queda establecido que el **consumo ineficiente de energía, la cual proviene en 93.9% de los combustibles fósiles** y tiene como efectos:

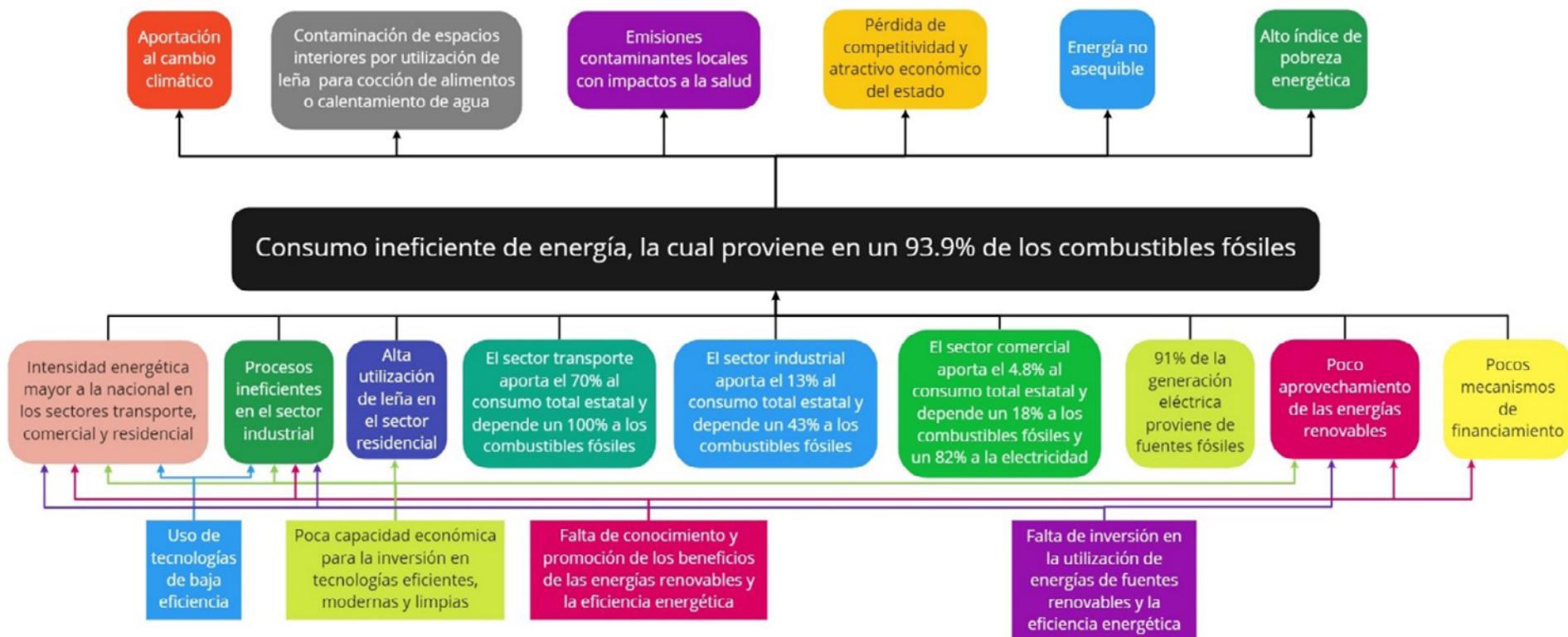
- 1. Aportación al cambio climático.** La dependencia a los combustibles fósiles del consumo estatal de energía contribuye a liberación de gases de efecto invernadero, los cuales son causantes del cambio climático.
- 2. Contaminación de espacios interiores por utilización de leña para cocción de alimentos o calentamiento de agua.** La quema de leña en interiores tiene efectos adversos para la salud, principalmente en poblaciones vulnerables, quienes son sus principales usuarios.
- 3. Emisiones contaminantes locales con impactos a la salud.** El consumo de combustibles fósiles produce compuestos químicos nocivos a la salud (dióxido de azufre, material particulado, etc.) que se dispersan en las proximidades de donde se lleva a cabo su combustión.
- 4. Pérdida de competitividad y atractivo económico del estado.** El estancamiento del sector energético dentro del estado puede causar la disminución en la inversión dentro del mismo, debido a la falta de condiciones adecuadas para cumplimiento de estándares internacionales. De forma similar, las empresas cuyas tenedoras internacionales busquen un consumo libre de carbono pueden migrar a mercados que les ofrezcan energía limpia. Por último, el sector energético estatal puede disminuir la competitividad al ofrecer energía más cara.

5. Energía no asequible. Debido a la volatilidad en los precios de los combustibles fósiles y la naturaleza finita de los mismos, la energía que sea producida a partir de éstos será cada vez más costosa, afectando a los habitantes del estado. Además, se debe tomar en cuenta que existe un alto índice de población que no es capaz de adquirir los energéticos a los precios actuales.

6. Alto índice de pobreza energética. La población dentro del estado tiene grandes limitantes respecto a bienes y/o servicios energéticos con los que se cuentan para satisfacer las necesidades energéticas aunado al estrato socioeconómico.

El árbol de problemas queda estructurado como se puede observar en la Figura 65.

Figura 65. Árbol de problemas del estado de Quintana Roo.



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 que son esencialmente negativos, en elementos positivos que conforman el árbol de soluciones. Si, por ejemplo, una de las causas del árbol de problemas es “*disminución de la inversión...*”, su transformación hacia el árbol de soluciones sería “*aumento de la inversión...*”. En segunda instancia, 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) 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. Finalmente se deben analizar las relaciones de los elementos del árbol de soluciones y realizar los ajustes que sean necesarios.

Árbol de soluciones del Estado de Quintana Roo

Dado que el problema central es el consumo *ineficiente de energía, la cual proviene en un 93.9% de los combustibles fósiles*, su transformación, de un elemento negativo a uno positivo, es un consumo eficiente de energía menos dependiente de los combustibles fósiles. Ahora bien, para lograr esto, el Plan propiciará acciones de transición energética de tal forma que el objetivo principal queda definido como la **aceleración, impulso y fomento de la transición energética**.

Del objetivo principal y partiendo de la transformación de los efectos derivados del problema en elementos

positivos, se derivan 6 efectos, los cuáles quedan planteados como:

A. Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles. La transición energética reducirá la utilización de los combustibles fósiles para la satisfacción de las necesidades energéticas del estado.

B. Disminución del uso de leña en el sector residencial. La transición energética permitirá que los habitantes del estado migren del uso de leña a fuentes de energía modernas.

C. Reducción de los GEI y contaminantes locales. La transición energética causará que la reducción del uso de combustibles fósiles disminuya las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales.

D. Reducción de la pobreza energética. La transición energética apoyará a las personas en situación de pobreza energética, permitiéndoles tener acceso a los energéticos y servicios necesarios para mejorar su calidad de vida.

E. Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado. La transición energética contribuirá al desarrollo económico del estado, volviéndolo más atractivo para la inversión.

F. Aumento de la asequibilidad energética. La transición energética permitirá que los energéticos se vuelvan más accesibles para la población.

Para que el objetivo principal sea alcanzable y se logren los efectos positivos, se han definido, mediante la transformación de las causas del árbol de problemas, los siguientes medios del árbol de soluciones.

Los medios quedan definidos como:

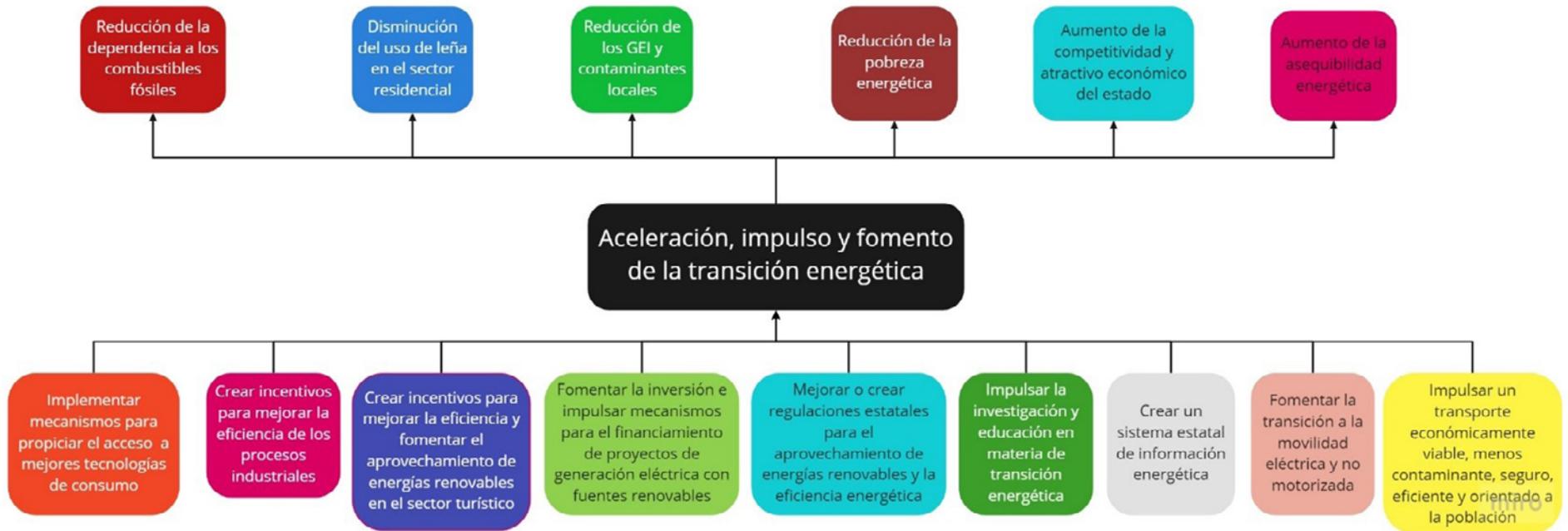
- 1. Implementar mecanismos para propiciar el acceso a mejores tecnologías de consumo.** Se trata de desarrollar formas para otorgar, propiciar o incentivar la sustitución de equipos por otros más eficientes, limpios y modernos.
- 2. Crear incentivos para mejorar la eficiencia de los procesos industriales.** Se busca que las empresas del ramo industrial modifiquen la forma en la que utilizan la energía en sus procesos productivos para que se vuelvan más eficientes; esto a través de programas e incentivos que motiven a la industria a tal cambio.
- 3. Crear incentivos para mejorar la eficiencia y fomentar el aprovechamiento de energías renovables en el sector turístico.** Se impulsarán acciones e incentivos para que el sector turístico del estado mejore sus prácticas de consumo energético y acceda a las energías renovables.
- 4. Fomentar la inversión e impulsar mecanismos para el financiamiento de proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables.** Se mejora el atractivo económico para propiciar la instalación de sistemas de aprovechamiento de las energías renovables en todas las escalas y sectores.
- 5. Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética.** Modificar o crear leyes o regulaciones que motiven, faciliten o mandaten el aprovechamiento de las energías renovables y la eficiencia energética.
- 6. Impulsar la investigación y educación en materia de transición energética.** Fomentar que en el sistema

educativo se incluyan temas sobre cambio climático y transición energética. Además, fomentar que en las universidades del estado se desarrolle investigación en la misma materia.

- 7. Crear un sistema estatal de información energética.** Poner en marcha un sistema que permita al gobierno del estado recopilar, organizar, tratar y poner a disposición del público en general, información en materia de energía.
- 8. Fomentar la transición a la movilidad eléctrica y no motorizada.** Impulsar el cambio modal de transporte para incrementar el transporte libre de combustión de energéticos fósiles.
- 9. Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante, seguro, eficiente y orientado a la población.** Propiciar que los medios de transporte motorizados, tanto públicos como privados sean menos contaminantes, a la vez que éstos, junto con los medios no motorizados sean más seguros y eficientes. Todo esto, además, diseñando los sistemas de transporte con los usuarios como base primordial.

El árbol de soluciones queda entonces organizado como se muestra en la Figura 66.

Figura 66. Árbol de soluciones del estado de Quintana Roo.



Ejes del Plan

A partir de las raíces y ramas del árbol de soluciones del estado de Quintana Roo (medios y efectos), se definen los ejes que originan y dan soporte a todos los objetivos de este Plan. Estos 6 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. Crear y mantener un sistema estatal de información energética

La creación y actualización constante de un sistema de información energética del estado que permita concentrar los datos relativos a la generación, transformación y consumo de energía, además de visualizar indicadores clave para la toma de decisión en el sector.

Esto contribuirá con los medios 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética) y 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales) y E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

E2. Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética

A través de 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.

Figura 67. Ejes del Plan.

E1. Crear y mantener un sistema estatal de información energética

E2. Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética

E3. Fomentar la inversión en energías renovables

E4. Impulsar la educación y la investigación en materia de transición energética

E5. Incrementar el uso del transporte menos contaminante

E6. Reducir la pobreza energética

Esto contribuirá con los medios 1 (Implementar mecanismos para el mejoramiento de las tecnologías de consumo), 2 (Incentivar la mejora de la eficiencia de los procesos industriales), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética), 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y 8 (Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población). También contribuirá con la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), B (Disminución del uso de leña en el sector residencial), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética) y E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

E3. Fomentar la inversión en energías 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 3 (Fomentar la inversión e impulsar mecanismos para el financiamiento proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética), 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y 8 (Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población). También contribuirá con la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), B (Disminución

del uso de leña en el sector residencial), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética), E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado) y F (Aumento de la asequibilidad energética).

E4. Impulsar la educación y la investigación en materia de transición energética

Por una parte, incluye el impulso y fomento de las mejores prácticas de consumo y uso racional de la energía en la población en general, sector industrial, público, agropecuario, comercial y servicios, y transporte. Esto con el fin de promover el respeto al medioambiente y la gestión de recursos. Además, la integración de temas relacionados con cambio climático y transición energética a los planes de estudio de la educación básica y media superior.

Por otra parte, impulsar e incentivar la investigación en el sector educativo a nivel superior y posgrado, público y privado, con el fin de generar proyectos, recursos humanos y conocimientos que contribuyan a la transición energética en el estado.

Esto contribuirá con el medio 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y con la consecución del efecto E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

E5. Incrementar el uso del transporte menos contaminante

Implementación de acciones para la reducción de las emisiones del sector transporte, público y privado, con el fin de obtener beneficios ambientales, sociales y económicos.

Esto contribuirá con los medios 1 (Implementar mecanismos para el mejoramiento de las tecnologías de

consumo), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética), 7 (Fomentar la transición a la movilidad eléctrica y no motorizada) y 8 (Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población). Además, contribuirá con la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética) y E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

E6. Reducir la pobreza energética

Implementación de estrategias y programas con el fin de atender a la población en situación de pobreza energética, con un enfoque multidimensional para asegurar energía confiable, suficiente y asequible para la mayoría de la población; así como incorporar tecnología moderna para su uso.

Esto contribuirá con los medios 1 (Implementar mecanismos para el mejoramiento de las tecnologías de consumo), 3 (Fomentar la inversión e impulsar mecanismos para el financiamiento proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética) y 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética). De igual forma, contribuirá con la consecución de los efectos B (Disminución del uso de leña en el sector residencial), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética), E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado) y F (Aumento de la asequibilidad energética).

Objetivos del Plan

Metodología SMART

El acrónimo SMART, por sus siglas en inglés, fue acuñado para definir las características que debe tener un objetivo (Doran, 1981). A partir este acrónimo, en la academia se ha escrito mucho sobre cómo lograr objetivos significativos y eficaces. Aún así, la metodología SMART que se ha desarrollado sigue siendo una de las más utilizadas ya que es posible adaptarla al contexto en el cual se definen los objetivos. De hecho, el significado de cada letra ha cambiado con el paso del tiempo (Haughey, 2014).

Las siglas utilizadas para la definición de los objetivos del Plan son las siguientes:

S Específico	(<i>Specific</i>). La definición del objetivo debe ser lo suficientemente detallada para indicar de forma precisa qué se busca lograr con él.
M Medible	(<i>Measurable</i>). Es necesario que objetivo pueda ser medido a fin de saber cuál es el avance en su logro.
A Alcanzable	(<i>Achievable</i>). Se debe analizar si el objetivo es realista.
R Relevante	(<i>Relevant</i>). Se debe analizar si este objetivo realmente aporta al logro de las metas o a la solución del problema que se enfrenta.
T En tiempo	(<i>Time</i>). Debe especificarse el tiempo en el que el objetivo debe ser alcanzado.

Análisis SMART

Cada uno de los ejes se desagrega en n objetivos que cumplen con cada una de las características de la metodología SMART y éstos, a su vez, se dividen en m líneas de acción. En consecuencia, para poder marcar objetivos que cumplan con las características SMART, se realiza un análisis del contexto de cada uno de los sectores sobre los que se pretende incidir para identificar posibles líneas de acción. De esta forma, se pueden establecer líneas de acción viables y realistas que en conjunto permiten fijar objetivos realistas en tiempo, alcance y forma.

Objetivos del Eje 1 Crear y mantener un sistema estatal de información energética

Meta 1.1 Gestionar 3 estudios que se enfoquen a la viabilidad del uso de diversos energéticos renovables en la entidad, así como indicadores de pobreza energética según la definición convenida para el estado de Quintana Roo.

S: Específico	La SEMA debe realizar o propiciar la elaboración de estudios que estén enfocados a energéticos renovables y pobreza energética.
M: Medible	La publicación de dos a tres estudios con información disponible al público.
A: Alcanzable	La SEMA cuenta con la capacidad de promover la realización de estudios sobre recursos energéticos renovables y pobreza energética.
R: Relevante	Contar con información de estudios que apoyen en el fomento de uso de energéticos renovables, así como indicadores que ayuden a identificar áreas prioritarias en el combate a la pobreza energética dentro del estado.
T: Tiempo	Los estudios deben completarse antes de que termine el periodo de la administración estatal actual (2022).

Meta 1.2 Poner en línea una plataforma web de consulta pública con información en materia de eficiencia energética que facilite el desarrollo, implementación y monitoreo de proyectos para la transición energética, en un periodo no mayor a un año.

S: Específico	Informar al público en general sobre el diagnóstico energético estatal, la identificación y monitoreo del progreso de proyectos y programas planeados en este Plan.
M: Medible	Una plataforma web de consulta activa y funcional.
A: Alcanzable	SEMA celebrará un convenio con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) para el establecimiento de una plataforma de información en materia energética.
R: Relevante	El conocimiento del estado de proyectos en materia de transición energética dentro de la entidad permite una mejor trazabilidad de actividad en este sector, necesaria para impulsar la transición energética.
T: Tiempo	En el corto plazo (1 año), después de la publicación del Plan de Transición Energética del Estado de Quintana Roo, tener la plataforma activa con actualizaciones periódicas.

Objetivos del Eje 2 Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética

Meta 2.1 Gestionar y convenir con los municipios del Estado, durante el primer semestre de 2022, 2 programas que mejoren la eficiencia energética en los servicios públicos municipales

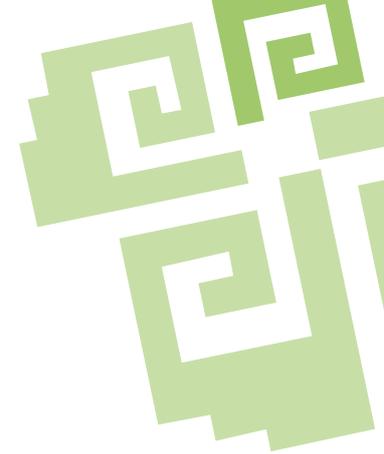
S: Específico	Disminuir los requerimientos energéticos del alumbrado público bajo la autoridad de la administración pública estatal de Quintana Roo.
M: Medible	En una primera etapa, contar con el diseño de 3 programas y en una segunda, con el arranque de su implementación.
A: Alcanzable	SEMA promoverá un convenio con la CONUEE para recibir apoyo técnico en la construcción de estos programas.
R: Relevante	Mejorar la eficiencia energética de las actividades de la administración pública del estado de Quintana Roo; disminuyendo proporcionalmente las emisiones asociadas al consumo de energía.
T: Tiempo	El diseño de los programas debe tenerse al terminar el primer semestre de 2022. Los 2 programas deben comenzar a ser implementados 3 meses después de contar con los diseños.

Meta 2.2 Impulsar la adopción de eficiencia energética mediante la propuesta de una regulación estatal y el lanzamiento de un programa de apoyo a proyectos, ambos en 2023.

S: Específico	Impulsar mediante cambios regulatorios y apoyos focalizados la implementación de proyectos de eficiencia energética en los sectores comercial e industrial.
M: Medible	Proponer 1 regulación estatal para incentivar la adopción de mecanismos de cogeneración y lanzar una campaña de apoyo a proyectos.
A: Alcanzable	La SEMA tiene las atribuciones para crear y proponer incentivos y apoyos.
R: Relevante	Incentivar la adopción de proyectos de eficiencia energética disminuirá el uso de combustibles fósiles y las emisiones de los sectores industrial y comercial.
T: Tiempo	Tanto la propuesta de regulación estatal como el lanzamiento de la campaña de apoyos deberán realizarse antes de finalizar el segundo semestre de 2023.

Meta 2.3 Diseñar 1 programa para mejorar la eficiencia energética de los sectores de consumo, el cual debe estar listo a más tardar en diciembre de 2022.

S: Específico	Diseñar programas para mejorar la eficiencia energética de los sectores de consumo a través de acciones como la sustitución de equipos o la mejora de procesos; y después establecer las bases para que dichos programas sean ejecutados (programación).
M: Medible	Programa enfocado a los sectores agropecuario, residencial, comercial y transporte.
A: Alcanzable	El diseño requiere de estudios para identificar los recursos y beneficiarios de los programas; mientras que las bases para su implementación requieren que este programa indique la presupuestación y monitoreo necesaria.
R: Relevante	Una vez implementados, los programas facilitarán a los usuarios la adopción de acciones de eficiencia energética.
T: Tiempo	El diseño de los programas debe realizarse en el plazo de un año, mientras que su programación deberá realizarse hacia diciembre de 2022.



Objetivos del Eje 3 Fomentar la inversión en energías renovables

Meta 3.1. Gestionar ante las autoridades federales correspondientes los permisos para la construcción y operación de proyectos de al menos 3 proyectos de energías renovables de gran escala.

S: Específico	Apoyar a la gestión de los permisos necesarios de al menos 3 proyectos de energías renovables ante las instancias federales correspondientes.
M: Medible	Al menos 3 proyectos de generación de energía eléctrica a gran escala, basados en fuentes de energías renovables deberán completar su proceso regulatorio para entrar en operación.
A: Alcanzable	Con base en el artículo 71 de la Ley de la Industria Eléctrica y en la Ley para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables en el Estado de Quintana Roo, la SEMA tiene las atribuciones para fomentar y apoyar el desarrollo de proyectos de generación.
R: Relevante	El Estado de Quintana Roo se encuentra como deficitario de energía eléctrica, por lo que 3 proyectos de generación basados en fuentes renovables podrán aportar energía que además es baja en emisiones.
T: Tiempo	El soporte en la gestión deberá realizarse durante el año 2022.

Meta 3.2 Contribuir a la materialización exitosa de proyectos que aprovechen los recursos renovables del estado a través de la facilitación del financiamiento, la elaboración de esquemas de aprovechamiento de residuos y el lanzamiento de campañas periódicas de apoyo a proyectos durante el año 2022.

S: Específico	Llevar a cabo al menos una campaña de promoción para el financiamiento de proyectos de generación distribuida se llevará a cabo entre SEMA y SEDE, en conjunto con las asociaciones empresariales, con la participación de instituciones de financiamiento como BANVERDE.
M: Medible	Las campañas de apoyo, así como la evolución del esquema de aprovechamiento energético de los residuos se anunciarán a través de la plataforma web.
A: Alcanzable	La SEMA, en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Económico, promoverá la participación de BANVERDE en la promoción del financiamiento ofrecido a pequeñas y medianas empresas para generación distribuida.
R: Relevante	Contribuir a la materialización de proyectos para la generación de energía a través de fuentes renovables contribuirá a reducir la dependencia de combustibles fósiles del estado y por ende a reducir las emisiones del sector eléctrico en el territorio estatal.
T: Tiempo	La campaña deberá ser lanzada durante el año 2022.

Objetivos del Eje 4 Impulsar la educación y la investigación en materia de transición energética

Meta 4.1 Instrumentar al menos un proyecto de investigación en materia de transición energética en el estado a través de la vinculación de administración pública, academia y sector privado.

S: Específico	Fomentar y vincular la investigación académica en niveles superior y posgrado para el desarrollo, colaboración y éxito de proyectos en materia de transición energética y energías renovables en sinergia con entidades públicas y privadas.
M: Medible	Resultados de proyectos no confidenciales serán públicos y compartidos a través de internet. Aplicabilidad de los mismos.
A: Realizable	La aprobación, coordinación y ejecución de programas, mecanismos, lineamientos, entre otros; cuyos objetivos van alineados a las competencias de la Secretaría.
R: Relevante	El impulso a la investigación permite desarrollar proyectos específicos para la entidad. A su vez, genera recursos humanos necesarios para llevarlos a cabo.
T: Tiempo	Generar la propuesta a lo largo del año de entrada en vigor de este Plan.

Meta 4.2 Impulsar la actualización del marco normativo en materia de cambio climático y proponer la inclusión del cambio climático y la transición energética en los planes de estudio de niveles básico y hasta niveles de educación superior dentro de la entidad.

S: Específico	Impulsar la actualización de la Ley de Acción para el Cambio Climático y la modificación de los planes de estudio de los niveles básico y medio superior para incluir temas de cambio climático, desarrollo sostenible y transición energética.
M: Medible	Propuesta de inclusión de temáticas en los planes de estudio realizados.
A: Realizable	Proponer cambios y mejoras en los planes de estudio haciendo sinergia con la Secretaría de Educación.
R: Relevante	Se encuentra alineado con el instrumento de transición energética al permitir difundir información, conocimiento y educación con el fin de fomentar mejores hábitos de consumo energético, así como el conocimiento de los impactos derivados del uso de la energía.
T: Tiempo	La propuesta debe realizarse durante el primer año a partir de la entrada en vigor de este Plan.

Objetivos del Eje 5 Incrementar el uso del transporte menos contaminante

Meta 5.1 Gestionar con el Instituto de Movilidad del Estado, el diseño e implementación de estrategias para reducir las emisiones en el servicio de transporte público (rural y urbano) y de carga dentro de la entidad hacia el año 2023.

S: Específico	Contribuir a la mejora del transporte público, rural y urbano, con el fin de perfeccionar la movilidad dentro del estado tomando en cuenta la inclusión de un transporte público sustentable. De forma específica rediseñando el espacio vial, reforzando la seguridad y mejorando los tiempos de traslado.
M: Medible	Se encuentra definido por dos etapas: I. Diseño de 5 programas. II. Implementación de programas.
A: Alcanzable	Formar sinergia con el Instituto de Movilidad del estado de Quintana Roo para el desarrollo de las dos etapas de acuerdo a las competencias del Instituto.
R: Relevante	La mejora del sistema de transporte público permite a la población trasladarse de forma segura, en el menor tiempo posible, a su vez, ofrece una mejor calidad de vida a la población. De igual forma, el fomentar el uso del transporte público permitirá colocarlo como la mejor alternativa frente al uso del automóvil particular, impactando en las emisiones y calidad del medio ambiente del estado.
T: Tiempo	Establecer programas a lo largo del año 2022 y 2023.

Objetivos del Eje 6 Reducir la pobreza energética

Meta 6.1 Durante 2022 diseñar y, en 2023 implementar 3 programas a nivel estatal que reduzcan en 20% la pobreza energética de la población vulnerable del estado de Quintana Roo promoviendo con especial atención la igualdad sustantiva.

S: Específico	Diseñar y realizar 1 padrón y 3 programas a nivel estatal enfocados a la reducción de la pobreza energética en el estado de Quintana Roo.
M: Medible	Se debe de realizar 1 padrón de hogares en pobreza o vulnerabilidad energética e implementar 3 programas enfocados al sector residencial en pobreza energética, basado en el padrón de hogares en pobreza energética.
A: Realizable	La pobreza energética se debe reducir en al menos un 20%, a través de la creación de un fideicomiso enfocado en la adquisición de tecnologías de generación y uso eficiente de la energía; implementar un programa para la sustitución de aparatos eléctricos y accesorios de iluminación por tecnologías más eficientes; y la generación de energía eléctrica de manera aislada y/o distribuida para zonas sin acceso a las redes de distribución. Para el beneficio de familias de escasos recursos o en pobreza energética del estado de Quintana Roo.
R: Relevante	La implementación de estos 3 programas permitirá aumentar el bienestar de los habitantes del estado de Quintana Roo en pobreza energética, al reducir los impactos de no recibir la cantidad de energía adecuada para cubrir sus necesidades, y así transitar hacia un modelo energético limpio justo e incluyente que proteja a los sectores más vulnerables del estado de Quintana Roo.
T: Tiempo	El diseño de estos programas deberá realizarse en el año 2022, y su implementación a lo largo del año 2023.

Meta 6.2 Lanzar una campaña de comunicación masiva en televisión, radio, medios impresos y redes sociales para informar a la sociedad quintanarroense acerca de los beneficios sociales, económicos y ambientales del uso eficiente y el consumo responsable de la energía para una transición energética sustentable y que promueve la igualdad sustantiva.

S: Específico	Dar a conocer a la población del estado de Quintana Roo la relevancia y beneficios del uso eficiente y el consumo responsable de la energía para la mitigación del cambio climático. Y como la sociedad puede contribuir hacia una transición energética sustentable y a una economía baja en carbono.
M: Medible	Llevando a cabo una campaña de difusión masiva en televisión, radio, medios impresos y redes sociales.
A: Realizable	La campaña debe ser impulsada por el área de comunicación del estado de Quintana Roo, redes sociales institucionales y material de comunicación del estado.
R: Relevante	Mantener informada a la sociedad de Quintana Roo sobre los beneficios sociales, económicos y ambientales que tiene el uso eficiente y el consumo responsable de la energía para una transición energética sustentable y para la mitigación del cambio climático.
T: Tiempo	Lanzar una campaña de comunicación en el corto plazo (1 año) y mantener periódicamente los materiales de comunicación y publicaciones en redes sociales.

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 Quintana Roo.

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 X), 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).
- **Costo de implementación:** Evalúa el nivel de inversión necesario para llevar a cabo la Línea de Acción.
- **Capacidad de implementación:** Evalúa la capacidad técnica, financiera, jurídica y administrativa del estado para llevar a cabo la Línea de Acción.
- **Factibilidad técnica:** Evalúa la viabilidad técnica de la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- **Factibilidad jurídica:** Evalúa la viabilidad jurídica de la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- **Factibilidad económica:** Evalúa la viabilidad económica de la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- **Beneficios ambientales:** Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para generar beneficios a favor del medio ambiente.
- **Beneficios sociales:** Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para generar beneficios a favor de la sociedad.
- **Beneficios económicos:** Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para generar beneficios económicos.
- **Oposición:** Evalúa la capacidad de la Línea de Acción de generar un rechazo al llevar a cabo su implementación.
- **Recursos humanos:** Evalúa la capacidad del recurso humano con el que cuenta la ciudad para llevar a cabo la implementación de la Línea de Acción.

Eje 1. Brindar información a la población

Meta 1.1 Gestionar 3 estudios que se enfoquen a la viabilidad del uso de diversos energéticos renovables en la entidad, así como indicadores de pobreza energética según la definición convenida para el estado de Quintana Roo.

Línea de Acción 1.1.1 Llevar a cabo estudios enfocados a la evaluación de la viabilidad y rentabilidad de cada energético renovable. El primero de ellos será la hoja de ruta para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos con tecnología de biogás.

Línea de Acción 1.1.2 Realizar un estudio que permita crear una definición de pobreza energética para el estado y contar con información sobre la evolución de indicadores de pobreza energética, incluyendo un desagregado diferencial por sexo, y población indígena.

Línea de Acción 1.1.3 Promover un estudio que permita conocer la composición desagregada por género de los y las trabajadoras de la cadena energética, y de las universidades con carreras afines.

Meta 1.2 Poner en línea una plataforma web de consulta pública con información en materia de eficiencia energética que facilite el desarrollo, implementación y monitoreo de proyectos para la transición energética, en un periodo no mayor a un año.

Línea de acción 1.2.1 Crear un sistema estatal de información energética, alojado en la web y con acceso libre al público, donde se pueda consultar la información referente a las demás líneas de acción de este objetivo y otras ramas que resulten útiles para este eje.

Línea de Acción 1.2.2 Crear y mantener un sistema de monitoreo de proyectos de eficiencia energética y energías renovables que recopile la información más importante sobre sus detalles técnicos, costos, logros y aprendizajes que puedan ser utilizados como insumos para el desarrollo de nuevos proyectos, incluyendo proyectos de uso público y de infraestructura asociada a la economía del cuidado.

Eje 2. Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética

Meta 2.1 Gestionar y convenir con los municipios del estado, durante el primer semestre de 2022, 2 programas que mejoren la eficiencia energética en los servicios públicos municipales.

Línea de acción 2.1.1 Gestionar un programa para mejorar la eficiencia energética del servicio de alumbrado público.

Línea de acción 2.1.2 Diseñar e implementar un programa para mejorar la eficiencia de los servicios de bombeo de agua, ya sea sustituyendo maquinaria, realizando gestión energética o integrando esquemas de aprovechamiento de la energía de las aguas residuales.

Meta 2.2 Impulsar la adopción de eficiencia energética mediante la propuesta de una regulación estatal y el lanzamiento de un programa de apoyo a proyectos, ambos en el segundo semestre de 2023.

Línea de acción 2.2.1 Proponer una normativa regulatoria que incentive la adopción de procesos de cogeneración en los sectores industrial y comercial, con especial énfasis, aunque no de forma exclusiva, en el subsector hotelero.

Línea de acción 2.2.2 Lanzar un programa de apoyo al desarrollo de proyectos de eficiencia energética facilitando los rubros como vinculación con instituciones y proveedores; acceso a financiamiento; asesoramiento técnico.

Meta 2.3 Diseñar un programa para mejorar la eficiencia energética de los sectores de consumo, el cual debe estar listo a más tardar en diciembre de 2022

Línea de acción 2.3.1 Diseñar e implementar un programa para el apoyo de la sustitución de equipos por otros más eficientes en el sector comercial, con énfasis al subsector turístico, incluyendo, pero no limitándose a equipos de aire acondicionado y refrigeración.

Línea de acción 2.3.2 Diseñar e implementar un programa de apoyo para la sustitución de los sistemas de iluminación para que éstos sean eficientes conforme a las normas oficiales mexicanas.

Línea de acción 2.3.3 Diseñar e implementar un programa de apoyo para la instalación de calentadores solares, dirigido tanto al sector residencial como al comercial, incluyendo el subsector hotelero.

Línea de acción 2.3.4 Diseñar e implementar un programa de apoyo para que las familias de escasos recursos puedan sustituir sus refrigeradores por unos más eficientes, priorizando hogares con jefaturas femeninas.

Línea de acción 2.3.5 Diseñar e implementar un programa de apoyo para que las familias de escasos recursos sustituyan sus estufas de leña por otras eficientes, o de gas o eléctricas según sea más conveniente para ellas. El programa incluirá una perspectiva de salud integral de las mujeres y de cuidado de la biomasa.

Línea de acción 2.3.6 Diseñar e implementar un programa de apoyo al sector residencial para sustituir los electrodomésticos por aquellos más eficientes con base en las normas oficiales mexicanas e incluyendo criterios que contribuyan con la disminución de la brecha de acceso para mujeres cabeza de hogar.

Línea de acción 2.3.7 Diseñar e implementar un programa de apoyo al sector agropecuario para la sustitución de maquinaria, tractores y vehículos de trabajo por otros más modernos y eficientes.

Eje 3. Fomentar la inversión en energías renovables

Meta 3.1. Gestionar ante las autoridades federales correspondientes los permisos para la construcción y operación de proyectos de al menos 3 proyectos de energías renovables de gran escala.

Línea de acción 3.1 Realizar el acompañamiento a proyectos de generación eléctrica de la iniciativa privada para facilitar su materialización.

Meta 3.2 Contribuir a la materialización exitosa de proyectos que aprovechen los recursos renovables del estado a través de la facilitación del financiamiento, la elaboración de esquemas de aprovechamiento de residuos y el lanzamiento de campañas periódicas de apoyo a proyectos durante el año 2022.

Línea de acción 3.2.1 Facilitar el financiamiento de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida para MiPyMEs a través de la vinculación entre proveedores y fuentes de financiamiento.

Línea de acción 3.2.2 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; vinculación de empresas y proveedores; cumplimiento de trámites; y búsqueda de financiamientos. El sistema incluirá términos que promuevan los compromisos establecidos en el "Manifiesto por la igualdad Sustantiva entre hombres y mujeres en el sector energético" impulsado por la Red de Mujeres en Energías Renovables y Eficiencia Energética -REDMERE.

Línea de acción 3.2.3 A partir de la línea de acción 1.1.1, identificar un proyecto con alto grado de certidumbre para su desarrollo, de tal forma que se aproveche la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos con tecnología de digestión anaerobia para la producción de biogás y utilizarlo como combustible renovable en procesos para la generación de energía.

Eje 4. Impulsar la educación y la investigación en materia de transición energética

Meta 4.1 Instrumentar al menos un proyectos de investigación en materia de transición energética en el estado a través de la vinculación de administración pública, academia y sector privado.

Línea de acción 4.1 Vincular la investigación académica de licenciatura, maestría y doctorado con proyectos de eficiencia energética, energías renovables, pobreza energética y participación de las mujeres en el sector energético.

Meta 4.2 Impulsar la actualización del marco normativo en materia de cambio climático y proponer la inclusión del cambio climático y la transición energética en los planes de estudio de niveles básico y hasta niveles de educación superior dentro de la entidad.

Línea de acción 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.

Eje 5. Incrementar el uso del transporte menos contaminante

Meta 5.1 Gestionar con el Instituto de Movilidad del Estado, el diseño e implementación de estrategias para reducir las emisiones en el servicio de transporte público (rural y urbano) y de carga dentro de la entidad hacia el año 2023.

Línea de acción 5.1.1 Implementar un programa voluntario de reforzamiento de los sistemas de control de emisiones vehiculares

Línea de acción 5.1.2 Rediseño del espacio vial que priorice al transporte colectivo (bahías para paradas, carriles específicos, entre otros) y la promoción del uso de la bicicleta con la construcción de infraestructuras de ciclovías en las ciudades.

Línea de acción 5.1.3 Aumentar la iluminación y seguridad de las paradas y paraderos de taxis y transporte colectivo, contribuyendo a una movilidad más segura para niñas, adolescentes y mujeres en general.

Línea de acción 5.1.4 Diseñar un manual de buenas prácticas y recomendaciones para facilitar la movilidad de las mujeres en términos de seguridad, eliminación de las violencias y agresiones callejeras y uso de medios de transporte más eficientes como la bicicleta.

Eje 6. Reducir la pobreza energética

Meta 6.1 Durante 2022 diseñar y, en 2023 implementar 3 programas a nivel estatal que reduzcan en 20% la pobreza energética de la población vulnerable del estado de Quintana Roo promoviendo con especial atención la igualdad sustantiva.

Línea de acción 6.1.1 Crear un padrón de hogares en pobreza energética utilizando los resultados de la Línea de Acción 1.1.3.

Línea de acción 6.1.2 Crear un programa de apoyo para la adquisición de tecnologías de generación y uso eficiente de la energía a familias de escasos recursos o en pobreza energética, priorizando los hogares de jefaturas femeninas y/o monoparentales.

Línea de acción 6.1.3 Diseñar e implementar un programa de apoyo a familias de escasos recursos o pobreza energética para evitar que sufran de cortes de suministro eléctrico, priorizando los hogares de jefaturas femeninas y/o monoparentales.

Línea de acción 6.1.4 Diseñar e implementar un programa estatal de sustitución de estufas de leña convencionales por estufas de leña eficientes u otras tecnologías disponibles.

Línea de acción 6.1.5 Diseñar e implementar un programa para la generación de energía eléctrica de manera aislada y/o distribuida para zonas sin acceso a las redes de distribución cuidando de los usos costumbres de las comunidades involucradas.

Meta 6.2 Lanzar una campaña de comunicación masiva en televisión, radio, medios impresos y redes sociales para informar a la sociedad quintanarroense acerca de los beneficios sociales, económicos y ambientales del uso eficiente y el consumo responsable de la energía para una transición energética sustentable y que promueve la igualdad sustantiva.

Línea de acción 6.2 Realizar una campaña de comunicación para informar sobre el consumo responsable de energía y los mejores hábitos de consumo energético en los hogares, comercios e industrias.

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. En ninguno de ambos casos, Quintana Roo cuenta con producción.

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 Quintana Roo”, 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:

$$TCA_{2018} = \frac{E_{2018} [\text{GWh}] - E_{2017} [\text{GWh}]}{E_{2017} [\text{GWh}]}$$

$$TCA_{2019} = \frac{E_{2019} [\text{GWh}] - E_{2018} [\text{GWh}]}{E_{2018} [\text{GWh}]}$$

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:

$$E_{\text{ELEC}} \left[\frac{\text{GWh}}{\text{año}} \right] = \text{FP} \cdot P [\text{MW}] \cdot 8760 \left[\frac{\text{h}}{\text{año}} \right] \cdot \frac{1 \text{ GWh}}{1000 \text{ MWh}}$$

Por otra parte, el consumo de energéticos primarios (combustibles) de las centrales térmicas es calculada 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, tomando como base la siguiente ecuación:

$$E_{\text{TERM}} [\text{PJ}] = E_{\text{ELEC}} [\text{MWh}] \cdot RT \left[\frac{\text{GJ}}{\text{MWh}} \right] \cdot \frac{1 [\text{PJ}]}{10^6 [\text{GJ}]}$$

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 17. Capacidad instalada por tecnología y combustible que utiliza.

TECNOLOGÍA	CAPACIDAD (MW)	Combustible
Turbina de vapor	9.00	Combustóleo
Turbina de gas	315.95	Diésel
Combustión interna	23.41	Diésel
Eólica	1.50	N/A
Solar fotovoltaica	2.44	N/A

Fuente: (CRE, 2020).

Tabla 18. Capacidad de generación por tipo de permiso a 2019.

TIPO DE PERMISO	CAPACIDAD (MW)
CFE	318.90
PIE	0.00
Autoabastecimiento	30.96
Generación	2.44
Solar Fotovoltaica	2.44

Tabla 19. Generación eléctrica por tecnología.

TECNOLOGÍA	2016	2017	2018	2019
Turbina de vapor	39.9	22.0	20.2	19.5
Turbina de gas	64.7	105.16	103.05	117.09
Combustión Interna	19.8	20.3	22.3	27.5
Ciclo combinado	0.00	0.00	0.00	0.00
Turbina hidráulica	0.00	0.00	0.00	0.00
Eólica	2.30	1.60	2.20	2.20
Fotovoltaica	0.00	0.00	0.00	1.40

Fuente: (CRE, 2020).

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 de Quintana Roo. Cabe señalar que todos los sistemas de generación

distribuida en Quintana Roo 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:

Tabla 20. Tarifas 2010-2017.

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

Fuente: (CFE, 2019).

Tabla 21. Tarifas 2018-2019.

Tarifas localizadas para cada municipio 2018-2019	
1	DAC
1A	DB1
1B	DB2
1C	DIST
1D	9M
1E	DIT
GDBT	APBT
1F	GDMTH
9CU	GDMTO
9N	PDBT
APBT	RABT
APMT	RAMT

Fuente: (CFE, 2019).

- 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 22. Tarifas sector residencial.

Tarifas correspondientes al 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
APBT	RABT
APMT	RAMT

Fuente: (CFE, 2019).

Tabla 23. Tarifas sector comercial y de servicios.

Tarifas correspondientes al 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

Fuente: (CFE, 2019).

Tabla 24. Tarifas sector industrial.

Tarifas correspondientes al 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

Fuente: (CFE, 2019).

Tabla 25. Tarifas sector público.

Tarifas correspondientes al Sector Público	
Tarifa	Descripción
APBT	Alumbrado público en baja tensión
APMT	Alumbrado público en media tensión

Fuente: (CFE, 2019).

Tabla 26. Tarifas sector agropecuario.

Tarifas correspondientes al 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

Fuente: (CFE, 2019).

- 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:

$$\text{barriles (bl)} = \text{Días del mes (30 ó 31)} \cdot 10^3$$

$$\text{pies cúbicos (pc)} = \text{Días del mes (30 ó 31)} \cdot 10^6$$

$$\text{PJ} = (\text{bl ó pc}) \cdot \text{Poder calorífico del energético} \cdot 10^{-9}$$

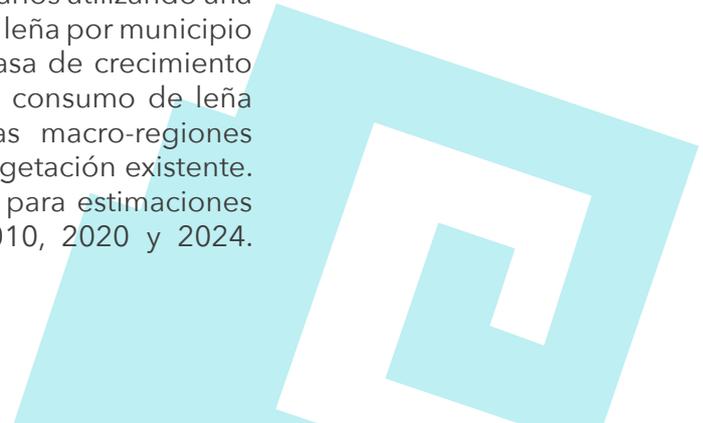
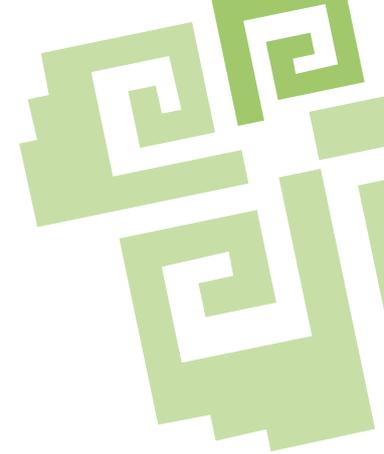
El poder calorífico utilizado se obtuvo de datos reportados por la Comisión Nacional de Uso Eficiente de Energía (CONUEE, 2020).

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 prospectivas 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* (Masera, 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. (Masera, 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 de Quintana Roo (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 Quintana Roo 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:

$$\text{Consumo final} = \sum_e \text{consumo}_e \text{ (PJ)}$$

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 27. Consumo total de energía anual periodo 2016-2019 (PJ).

Año	Total
2016	62.70
2017	100.74
2018	106.93
2019	107.235

Fuente: (SENER, 2019 a).

Tabla 28. Consumo sectorial y su participación relativa para 2019.

Sector	PJ	Participación (%) 2019
Residencial	12.53	11.7%
Comercial	5.13	4.8%
Público	0.47	0.4%
Industrial	14.09	13.1%
Agropecuario	0.11	0.1%
Transporte	74.90	69.8%
Totales	107.23	100.0%

Fuente: (SENER, 2019 a).

Tabla 29. Consumo de energía eléctrica por sector periodo 2016-2019 (PJ).

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%

Fuente: (CFE, 2018a).

Tabla 30. Consumo de energéticos en el sector residencial periodo 2016-2019 (PJ).

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%	

Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Tabla 31. Consumo de energéticos en el sector agropecuario periodo 2016-2019 (PJ).

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%	

Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Tabla 32. Consumo de energéticos en el sector comercial periodo 2016-2019 (PJ).

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%	

Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Tabla 33. Consumo de energéticos en el sector transporte periodo 2016-2019 (PJ).

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%	

Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Tabla 34. Consumo de energéticos en el sector industrial periodo 2016-2019 (PJ).

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%	

Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Tabla 35. Consumo de energéticos en el sector público periodo 2016-2019 (PJ).

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%	

Fuente: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

Tabla 36. Participación (%) por energético en el consumo total 2019.

Electricidad	GLP	Diésel	Leña
17.6%	5.6%	13.4%	
Turbosina	Gasolina	Combustóleo	Total
34.09%	26.7%	0.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia con datos de: (CFE, 2018a) y (SENER, 2019 a).

$$\text{Energías renovables como porcentaje del consumo final} = \frac{\text{consumo renovable (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} \cdot 100\%$$

Donde consumo renovable es la suma del consumo de solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica.

$$\text{Dependencia de Quintana Roo a los combustibles fósiles} = \frac{\text{consumo fósil (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} \cdot 100\%$$

Donde consumo fósil es la suma del consumo de gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo, carbón, gas seco y gas LP

$$\text{Uso de leña como porcentaje del consumo final} = \frac{\text{consumo leña (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} \cdot 100\%$$

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:

$$\text{Intensidad Energética} = \frac{\text{Consumo energético del sector (PJ)}}{\text{PIB actividad (Millones de MXN)}}$$

Tabla 37. Sectores y tipo de actividades económicas consideradas.

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

Sociales

De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Rigoberto García-Ochoa (García Ochoa & Graizbord, Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional, 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.

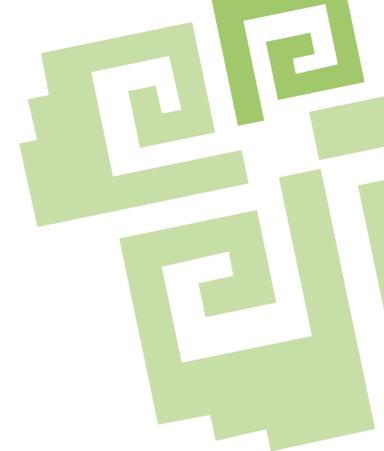
Para los estados localizados en clima templado no se considera el confort térmico como un indicador. Mientras que, para aquellos localizados en climas cálidos, si se considera. En cualquier caso, al contar con el bien económico, el indicador para la necesidad absoluta obtiene un valor de uno, mientras 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 georeferenciada 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 38. Número de contratos y capacidad total por rangos de capacidad del SFVGD.

Rango de potencia (kW)	Usuarios	Capacidad total (kW)
<2.5	136	259.64
2.5 a 5	389	1,389.67
5 a 15	449	2,846.74
15 a 30	11	236.65
30 a 50	11	420.00
50 a 100	4	283.00
100 a 250	2	276.00
250 a 500	1	270.00

Tabla 38. Número de contratos y capacidad total por rangos de capacidad del SFVGD.

Sector	Usuarios	Capacidad promedio (kW/ contrato)
Residencial	974	4.62
Comercial	26	36.14
Industrial	3	182.00

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 Quintana Roo 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.

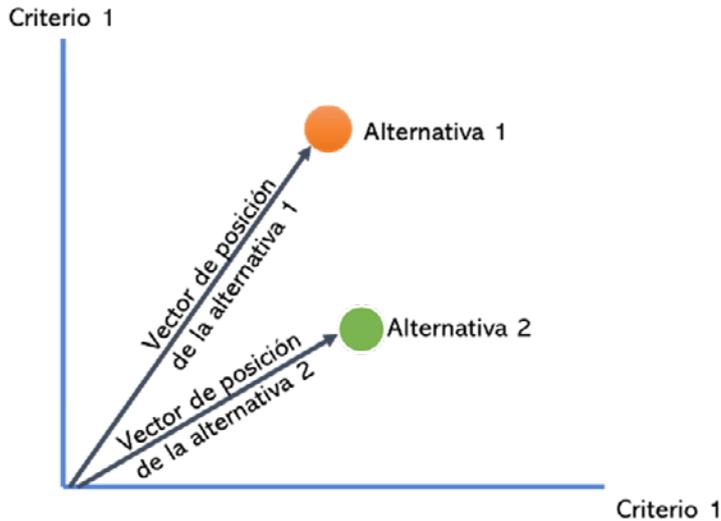
El método de decisión multicriterio que se utilizó fue el conocido como **vector de posición de mínimo arrepentimiento** (VPMA) debido a que permite la comparación de las alternativas bajo criterios que pueden ser tanto cualitativos como cuantitativos.

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 68 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).

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.

Figura 68. Representación gráfica del vector de posición de mínimo arrepentimiento.



A continuación las alternativas de líneas de acción se enumeran.

Alternativas para el Eje 1

- A.1.1. Crear un sistema estatal de información energética.
- A.1.2. Llevar a cabo estudios enfocados a la evaluación de la viabilidad y rentabilidad de cada energético renovable.
- A.1.3. Crear y mantener un sistema de monitoreo de proyectos de eficiencia energética y energías renovables.
- 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. Creación de un padrón de hogares en pobreza o vulnerabilidad energética.

A.1.6. 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 rubros de 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.

Alternativas para el Eje 6

A.6.1. Realizar programas de cambio de tecnología y/o energéticos modernos (sustitución de refrigeradores, lámparas, etc.).

A.6.2. Implementar programas de generación distribuida en zonas sin acceso a la electricidad.

A.6.3. Implementar programas de sustitución de estufas de leña por estufas eficientes.

A.6.4. Implementar programas de apoyo a familias de escasos recursos para evitar cortes de suministro energético.

A.6.5. Crear un fideicomiso para apoyo energético a familias de escasos recursos.

A.6.6. Realización de campañas de información, dirigidas a los hogares, sobre el consumo de energía.

La Tabla 40 muestra la escala con la cual cada criterio fue calificado de forma cualitativa.

Tabla 40. Escala de calificación para criterios de evaluación de Líneas de Acción.

5	Muy bueno
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Muy malo

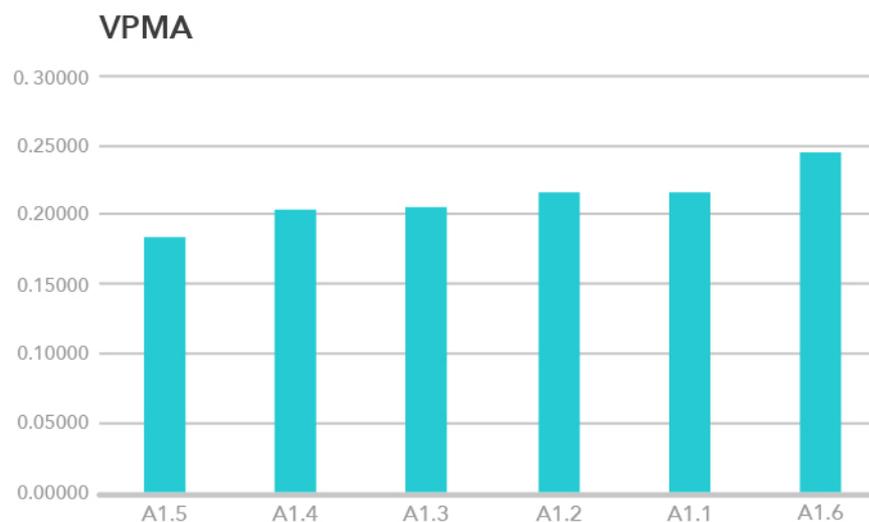
De acuerdo con lo anterior, dentro del **Eje 1: Crear y mantener un sistema de información energética**, la Tabla 41 muestra la evaluación de cada una de las Líneas de Acción consideradas para este Eje, para cada uno de los criterios.

Tabla 41. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 1.

Criterios	Alternativas de Líneas de Acción					
	A.1.1	A.1.2	A.1.3	A.1.4	A.1.5	A.1.6
Beneficios ambientales	3.00	3.00	3.00	2.75	2.50	3.25
Beneficios económicos	3.75	3.75	3.25	4.00	3.75	4.25
Beneficios sociales	3.75	3.75	3.50	4.00	3.50	4.25
Recursos humanos	4.00	4.25	4.25	4.00	4.00	4.25
Costo de implementación	4.00	4.25	4.00	3.75	3.50	4.25
Factibilidad económica	3.25	2.75	2.75	2.50	2.25	3.00
Factibilidad jurídica	3.00	3.00	3.25	2.75	2.50	3.25
Factibilidad técnica	3.25	3.00	3.25	2.50	3.00	3.00
Oposición	3.25	3.00	2.75	2.75	2.75	3.00
Reducción de emisiones	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.75
Reducción de emisiones	4.5	4.5	4	3.5	3.5	4

De esta manera, la Figura 69, muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 1.

Figura 69. 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. Tal y como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 2.

Criterios	Alternativas de Líneas de Acción						
	A.2.1	A.2.2	A.2.3	A.2.4	A.2.5	A.2.6	A.2.7
Beneficios ambientales	3.67	2.95	2.50	2.50	2.81	2.75	2.64
Beneficios económicos	3.56	2.95	2.08	2.25	2.13	1.75	2.25
Beneficios sociales	3.33	2.75	2.33	2.38	2.44	2.63	2.50
Recursos humanos	3.11	3.40	3.58	3.63	3.88	3.63	3.79
Costo de implementación	3.67	3.45	3.92	3.63	3.75	3.75	3.68
Factibilidad económica	2.78	2.95	2.50	3.06	2.75	2.25	2.86
Factibilidad jurídica	3.22	3.70	3.83	3.81	3.88	3.25	3.68
Factibilidad técnica	3.56	3.40	3.67	3.56	3.63	3.63	2.93
Oposición	2.22	3.55	3.50	3.56	4.00	3.50	3.36
Reducción de emisiones	3.56	2.65	3.00	2.81	2.75	2.63	2.64

La siguiente figura, muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 2.

Figura 70. Priorización de Líneas de Acción Eje 2



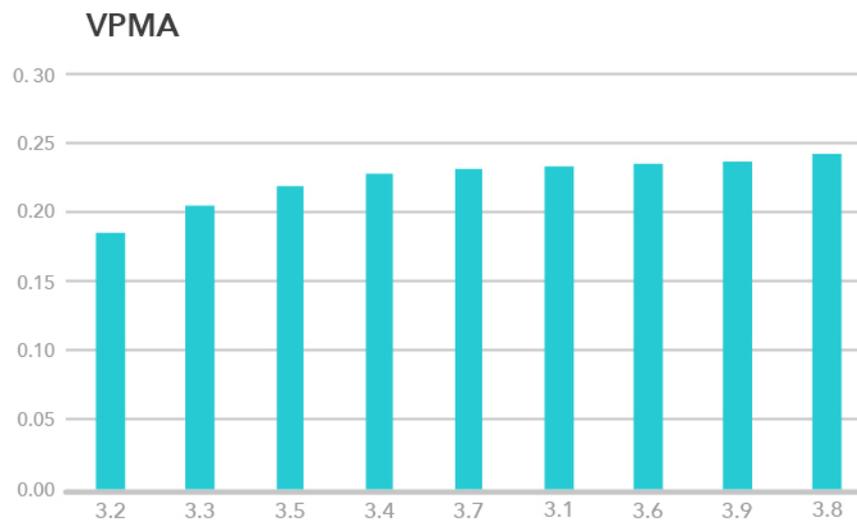
Para el **Eje 3: Fomentar la inversión en energías renovables**, la Tabla 43 muestra que la Línea de Acción con mayor prioridad para ser llevada a cabo fue **3.6 Facilitar el financiamiento de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida para MiPyMEs a través de la vinculación entre proveedores y fuentes de financiamiento**; mientras que la de menor prioridad fue **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**.

Tabla 43. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 3.

Criterios	Alternativas de Líneas de Acción							
	A.3.1	A.3.2	A.3.3	A.3.4	A.3.5	A.3.6	A.3.7	A.3.8
Beneficios ambientales	5.00	3.67	4.00	4.00	3.00	2.00	4.00	4.50
Beneficios económicos	3.00	3.67	3.50	3.00	3.00	2.25	3.25	3.25
Beneficios sociales	5.00	3.67	4.00	4.00	4.00	2.75	3.00	3.25
Recursos humanos	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	2.75	3.75	3.50
Costo de implementación	3.00	3.00	3.00	4.00	2.00	2.25	3.50	3.25
Factibilidad económica	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.50	3.00
Factibilidad jurídica	4.00	2.67	3.50	5.00	3.00	2.25	4.50	4.75
Factibilidad técnica	4.00	4.00	4.00	5.00	3.00	2.75	3.50	4.25
Oposición	2.00	2.00	2.00	3.00	4.00	2.50	4.25	4.00
Reducción de emisiones	4.00	3.33	3.50	2.00	2.00	2.25	2.50	2.50
Beneficios ambientales	5.00	3.67	4.00	4.00	3.00	2.00	4.00	4.50

La priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 3, se muestra en la Figura 71.

Figura 71. Priorización de Líneas de Acción Eje 1.



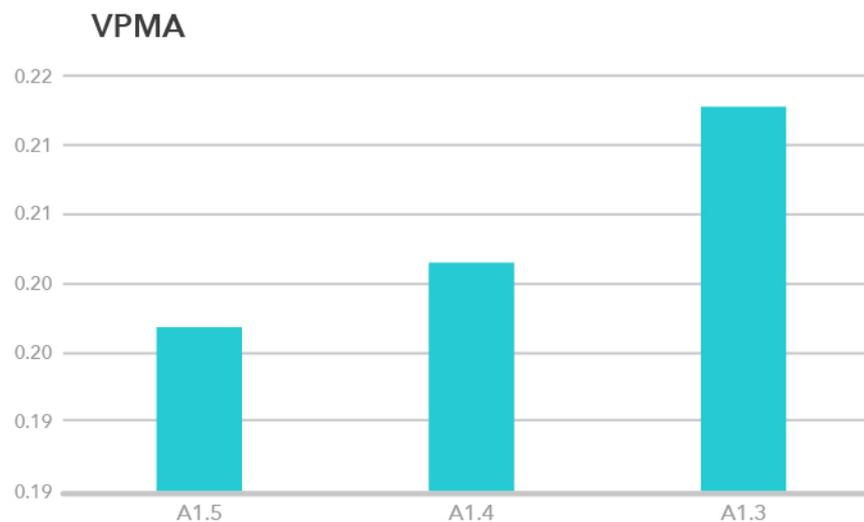
Dentro del **Eje 4: Impulsar la educación e investigación de la transición energética**, la Tabla 44 muestra la evaluación de cada una de las Líneas de Acción consideradas para este Eje, para cada uno de los criterios.

Tabla 44. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 4.

Criterios	Alternativas de Líneas de Acción		
	A.1.1	A.1.2	A.1.3
Beneficios ambientales	2.25	2.75	2.25
Beneficios económicos	3.00	3.25	3.25
Beneficios sociales	2.75	3.25	3.00
Recursos humanos	2.75	3.25	2.50
Costo de implementación	3.00	3.25	3.25
Factibilidad económica	3.25	1.75	2.75
Factibilidad jurídica	1.75	2.75	2.25
Factibilidad técnica	2.00	3.25	3.25
Oposición	2.00	2.25	3.00
Reducción de emisiones	3.00	4.00	3.25
Beneficios ambientales	2.25	2.75	2.25

De esta manera, la Figura 72 muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 4.

Figura 72. Priorización de Líneas de Acción Eje 4.



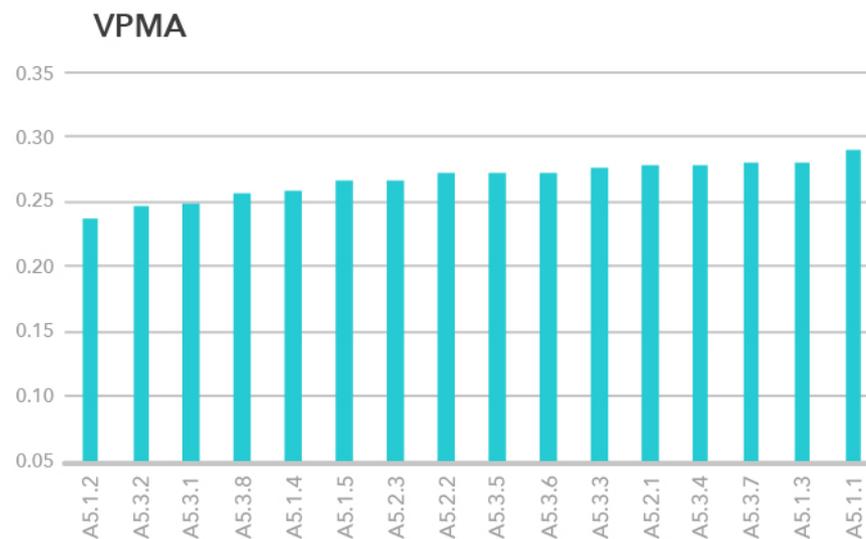
Para el **Eje 5: Impulsar el uso del transporte menos contaminante**, la Tabla 45 muestra que la Línea de Acción con mayor prioridad para ser llevada a cabo fue *5.1.2 Implementar un programa de reforzamiento de los sistemas de seguridad y cámaras de videovigilancia*; mientras que la de menor prioridad fue *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*.

Tabla 45. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 5.

Criterios	Alternativas de Líneas de Acción		
	A.5.1	A.5.2	A.5.3
Beneficios ambientales	3.20	4.08	3.91
Beneficios económicos	3.15	3.08	3.16
Beneficios sociales	3.60	3.50	3.28
Recursos humanos	3.60	3.42	3.31
Costo de implementación	4.10	3.75	3.59
Factibilidad económica	2.85	2.50	3.09
Factibilidad jurídica	3.10	4.00	4.00
Factibilidad técnica	3.90	4.17	3.69
Oposición	3.15	3.50	3.59
Reducción de emisiones	2.70	2.42	2.75
Beneficios ambientales	3.20	4.08	3.91

La priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 5, se muestra en la Figura 73.

Figura 73. Priorización de Líneas de Acción Eje 5.



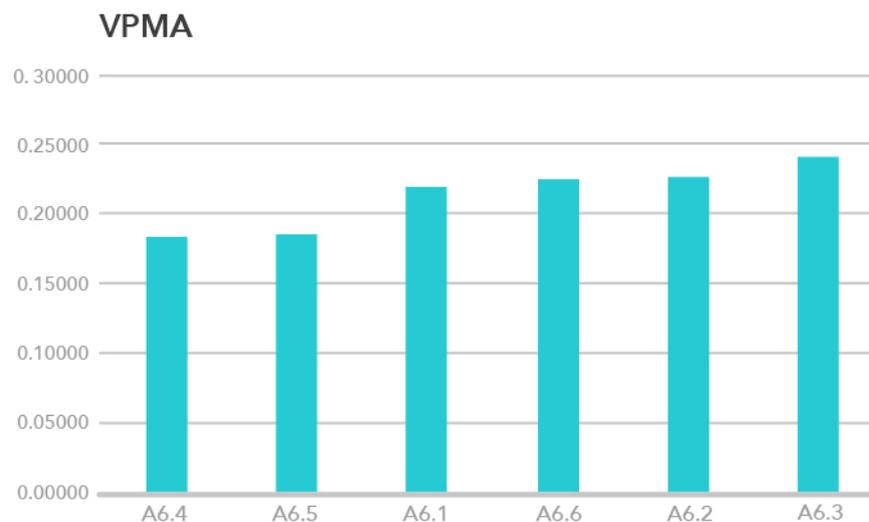
Finalmente, con respecto al **Eje 6: Reducir la pobreza energética**, la Línea de Acción mejor calificada fue **6.2 Implementar programas de generación distribuida en zonas sin acceso a la electricidad**; mientras que **6.3 Implementar programas de sustitución de estufas de leña por estufas eficientes** fue la de menor calificación. Tal y como se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 6.

Criterios	Alternativas de Líneas de Acción					
	A.6.1	A.6.2	A.6.3	A.6.4	A.6.5	A.6.6
Beneficios ambientales	3.75	3.00	4.25	2.75	3.00	3.75
Beneficios económicos	3.25	2.75	3.50	3.25	3.25	3.50
Beneficios sociales	3.00	2.50	3.25	3.50	3.25	3.75
Recursos humanos	3.25	2.75	3.75	3.25	3.25	3.75
Costo de implementación	3.50	3.00	4.25	3.25	3.25	4.00
Factibilidad económica	2.50	2.00	3.25	2.50	2.25	3.25
Factibilidad jurídica	3.75	2.75	4.00	2.50	2.75	4.00
Factibilidad técnica	3.75	3.25	4.00	4.00	4.25	3.75
Oposición	3.50	2.75	3.50	3.25	3.50	3.50
Reducción de emisiones	3.00	1.75	3.25	2.75	2.75	2.75
Beneficios ambientales	3.75	3.00	4.25	2.75	3.00	3.75

La siguiente figura, muestra la priorización de las Líneas de Acción como resultado de la implementación del VPMA para este Eje 6.

Figura 74. Priorización de Líneas de Acción Eje 6.



Referencias



BENLESA. (2010). CCA. Recuperado el 12 de mayo de 2021

CENACE. (2021). *Liquidaciones*. Obtenido de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Liquidaciones.aspx>

CEPAL, (. L. (2020). *Mujeres y energía*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45377/4/S2000277_es.pdf

CFE. (2018). *COPAR*.

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

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 en mayo de 2021, de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/centrales-electricas-de-generacion-distribuida>

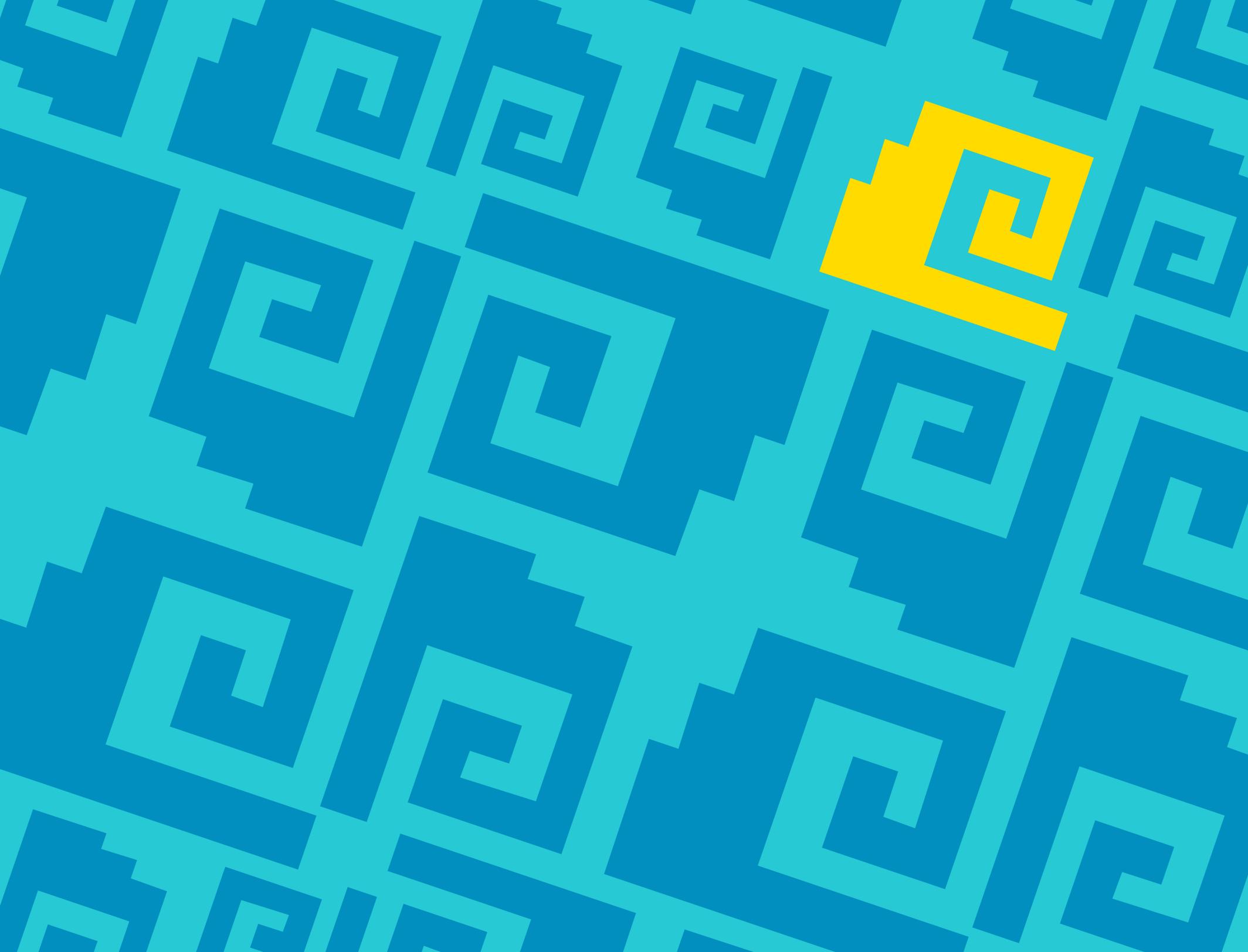
CRE. (2021c). *Memorias de calculo de tarifas de suministro básico 2020*. Recuperado en mayo de 2021, de <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/memorias-de-calculo-de-tarifas-de-suministro-basico>

Crespo, C. (24 de Julio de 2019). *Indicadores de eficiencia energética. Seminario taller para el monitoreo del ODS7. Proyecto del Observatorio Regional de Energías Sostenibles (ROSE)*. Obtenido de <https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/carmencrespo3.pdf>

- Doran, G. T. (1981). *There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives*. Recuperado en 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 en 2021, de <https://www.projectsmaart.co.uk/brief-history-of-smart-goals.php>
- 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 en 20 de mayo 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 en 2021, de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/>
- INEGI. (2019a). *Cuéntame Información por Entidad Quintana Roo*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/economia/pib.aspx?tema=me&e=23>
- INEGI. (2019b). *Censos Económicos 2019*. Recuperado en 2021, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- INEGI. (2020). *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa*. Ciudad de México.
- INEGI. (2020a). *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2019*. Recuperado en 2021, de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/PIBEntFed2019.pdf>
- INEGI. (2020b). *Cuéntame Información por Entidad Quintana Roo Educación*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/educacion.aspx?tema=me&e=23>
- INEGI. (2020b). *Cuéntame Información por Entidad Quintana Roo Población*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/qroo/poblacion/default.aspx?tema=me&e=23>
- INEGI. (2020c). *DENUE*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- 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/>
- IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*.
- Jassiel V. Hernández-Fontes, A. F. (2019). On the Marine Energy Resources of México.
- 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.
- 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
- 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>
- 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>
- SCJN. (2014). *CONFLICTO LIMÍTROFE ENTRE LOS ESTADOS DE QUINTANA ROO Y CAMPECHE*. Obtenido de <https://www2.scjn.gob.mx/ConsultaTematica/PaginasPub/DetallePub.aspx?AsuntoID=162597>
- 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/PGN_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 mayo 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
- STPS. (2021). *Información Laboral Quintana Roo Junio 2021*. Obtenido de http://siel.stps.gob.mx:304/perfiles/perfiles_detallado/perfil_quintana_roo.pdf



TABLAS

Tabla 1. Presupuesto para las instituciones y programas de mujeres en Quintana Roo.	11	Tabla 12. Producto Interno Bruto de Quintana Roo 2019.	64
Tabla 2. Marco jurídico en materia de mujeres, género y/o perspectiva de género.	12	Tabla 13. Distribución de unidades económicas en el estado.	65
Tabla 3. Comparativa de costos nivelados, en dólares por MW (USD/MW), de las tecnologías renovables y el ciclo combinado.	42	Tabla 14. Los 12 principales tipos de actividad y número de u.e. en el estado.	66
Tabla 4. Irradiación Directa Normal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar.	44	Tabla 15. Unidades económicas con personal de planta mayor a 251 personas por municipio en Quintana Roo 2020.	66
Tabla 5. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019).	48	Tabla 16. Los 9 principales tipos de actividad y número de unidades económicas en el estado con personal de planta mayor a 251 personas.	67
Tabla 6. Número de usuarios por tarifa.	48	Tabla 17. Capacidad instalada por tecnología y combustible que utiliza.	124
Tabla 7. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado.	48	Tabla 18. Capacidad de generación por tipo de permiso a 2019.	125
Tabla 8. Potencial de generación distribuida por sector.	49	Tabla 19. Generación eléctrica por tecnología.	125
Tabla 9. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias del estado de Quintana Roo.	50	Tabla 20. Tarifas 2010-2017.	126
Tabla 10. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreados.	54	Tabla 21. Tarifas 2018-2019.	126
Tabla 11. Potencial energético de residuos provenientes de actividades pecuarias e industriales.	59	Tabla 22. Tarifas sector residencial.	126
		Tabla 23. Tarifas sector comercial y de servicios.	127

Tabla 24. Tarifas sector industrial.	127
Tabla 25. Tarifas sector público.	127
Tabla 26. Tarifas sector agropecuario.	127
Tabla 27. Consumo total de energía anual periodo 2016-2019 (PJ).	129
Tabla 28. Consumo sectorial y su participación relativa para 2019.	129
Tabla 29. Consumo de energía eléctrica por sector periodo 2016-2019 (PJ).	129
Tabla 30. Consumo de energéticos en el sector residencial periodo 2016-2019 (PJ).	130
Tabla 31. Consumo de energéticos en el sector agropecuario periodo 2016-2019 (PJ).	130
Tabla 32. Consumo de energéticos en el sector comercial periodo 2016-2019 (PJ).	130
Tabla 33. Consumo de energéticos en el sector transporte periodo 2016-2019 (PJ).	130
Tabla 34. Consumo de energéticos en el sector industrial periodo 2016-2019 (PJ).	130

Tabla 35. Consumo de energéticos en el sector público periodo 2016-2019 (PJ).	131
Tabla 36. Participación (%) por energético en el consumo total 2019.	131
Tabla 37. Sectores y tipo de actividades económicas consideradas.	132
Tabla 38. Número de contratos y capacidad total por rangos de capacidad del SFVGD.	133
Tabla 38. Número de contratos y capacidad total por rangos de capacidad del SFVGD.	133
Tabla 40. Escala de calificación para criterios de evaluación de Líneas de Acción.	138
Tabla 41. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 1.	139
Tabla 42. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 2.	140
Tabla 43. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 3.	141
Tabla 44. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 4.	142
Tabla 45. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 5.	143
Tabla 46. Evaluación de Líneas de Acción del Eje 6.	144

FIGURAS

Figura 1. Marco jurídico del Plan Estatal para el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovables. **3**

Figura 2. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020. **9**

Figura 3. Producto interno bruto por entidad federativa en 2019. **9**

Figura 4. Participación de las mujeres en el sector 221 de las cuentas nacionales. **10**

Figura 5. Diferencias en el salario según el sexo y la escolaridad en el estado de Quintana Roo. **11**

Figura 6. Habitantes por rangos de edad y sexo en el estado de Quintana Roo. **15**

Figura 7. Asistencia escolar en el estado de Quintana Roo, por grupos de edad y sexo 2020. **16**

Figura 8. Población rural y urbana del Estado de Quintana Roo. **16**

Figura 9. Situación laboral por sexo en Quintana Roo. **16**

Figura 10. Presencia de poblaciones indígenas en municipios. **17**

Figura 11. Localidades indígenas en territorio estatal de Quintana Roo. **18**

Figura 12. Producción de energéticos primarios en Quintana Roo en 2019. **20**

Figura 13. Capacidad instalada por tipo de tecnología a 2019. **20**

Figura 14. Capacidad instalada por tipo de permiso a 2019 **21**

Figura 15. Evolución de la generación anual por tecnología periodo 2016-2019. **21**

Figura 16. Diagrama de Sankey del sector eléctrico en el estado para el año 2019. **23**

Figura 17. Capacidad de generación distribuida por municipio a 2019. **24**

Figura 18. Generación distribuida por municipio en el estado de Quintana Roo. **25**

Figura 19. Consumo de combustible por sector para 2019. **27**

Figura 20. Consumo eléctrico de sectores industrial y comercial y de servicios. **28**

Figura 21. Consumo de energía por sector periodo 2016-2019. **29**

Figura 22. Participación en el PIB estatal de las principales actividades económicas en el estado. **32**

Figura 23. Contribución de Quintana Roo al PIB nacional periodo 2016-2019. **33**

Figura 24. PIB por actividad económica sin considerar actividades 48-49 y 93 periodo 2016-2019. **33**

Figura 25. Participación en PIB por tipo de actividad económica periodo 2016-2019. **33**

Figura 26. Intensidad energética por sector económico periodo 2016-2019. **35**

Figura 27. Comparativa de intensidad energética en el sector industrial periodo 2016-2019. **35**

Figura 28. Comparativa de intensidad energética en el sector Agropecuario periodo 2016-2019. **36**

Figura 29. Comparativa de intensidad energética del sector Comercial y de Servicios periodo 2016-2019. **36**

Figura 30. Comparativa de intensidad energética en vehículos periodo 2016-2019. **37**

Figura 31. Comparativa de consumo de energía per cápita en sector residencial periodo 2016-2019. **37**

Figura 32. Hogares con privación de bienes económicos. **39**

Figura 33. Índice de pobreza en el estado de Quintana Roo. **39**

Figura 34. Infraestructura de transmisión eléctrica en el estado de Quintana Roo y alrededores. **41**

Figura 35. Mapa de Irradiación Directa Normal promedio ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$) con una resolución espacial de 4 km^2 . **43**

Figura 36. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL. **45**

Figura 37. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial. **45**

Figura 38. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial. **46**

Figura 39. Evolución de la capacidad instalada de SFVGD. **47**

Figura 40. Comparativa de Capacidad SFVGD instalada per cápita. **47**

Figura 41. Evolución del uso de calentadores solares de agua en el sector residencial. **50**

Figura 42. Tecnología de calentamiento de agua en residencias del estado de Quintana Roo. **50**

Figura 43. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 120 metros de altura. **51**

Figura 44. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura. **52**

Figura 45. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura. **52**

Figura 46. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación A. **53**

Figura 47. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación B. **53**

Figura 48. Distribución en frecuencia de velocidades estimadas entre 2016 y 2019 en la ubicación C. **54**

Figura 49. Líneas de transmisión y polígonos con elevado potencial eólico según Escenario 3 de AZEL. **55**

Figura 50. Factor de Planta estimado para parques eólicos ubicados en los polígonos del Escenario 3 de AZEL. **55**

Figura 51. Potencial energético por biomasa de cultivos especializados en Quintana Roo. **56**

Figura 52. Potencial energético de biomasa proveniente de tala sustentable en Quintana Roo. **57**

Figura 53. Potencial energético de residuos agrícolas y forestales. **58**

Figura 54. Potencial energético de residuos urbanos municipales. **59**

Figura 55. Aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento "El Ahogado". **60**

Figura 56. Aprovechamiento energético de biogás proveniente de un relleno sanitario (BENLESA, Nuevo León). **61**

Figura 57. Potencia disponible por gradiente térmico para plantas OTEC en las coordenadas 20.40°N, 86.80°O. Datos del 1 de septiembre de 2013 al 31 de

agosto de 2018.

62

Figura 58. Densidad de potencia promedio de las corrientes oceánicas en las coordenadas 20.32°N, 86.72°O. Datos del 1 de septiembre de 2013 al 31 de agosto de 2018. **63**

Figura 59. Actividades con mayor aportación al PIB estatal 2019. **65**

Figura 60. Unidades económicas por municipio en Quintana Roo 2020. **65**

Figura 61. Porcentaje de unidades económicas con personal de planta mayor a 251 personas por municipio en Quintana Roo 2020. **67**

Figura 62. Unidades económicas, por su tipo de actividad, con mayor presencia en el total estatal. **68**

Figura 63. Consumo de energía en el estado por sector. **69**

Figura 64. Consumo energético promedio del sector hotelero. **80**

Figura 65. Árbol de problemas del estado de Quintana Roo. **98**

Figura 66. Árbol de soluciones del estado de Quintana Roo. **101**

Figura 67. Ejes del Plan. **102**

Figura 68. Representación gráfica del vector de posición de mínimo arrepentimiento. **135**



SEMA
SECRETARÍA DE ECOLOGÍA
Y MEDIO AMBIENTE

Figura 69. Priorización de Líneas de Acción Eje 1. **139**

Figura 70. Priorización de Líneas de Acción Eje 2 **140**

Figura 71. Priorización de Líneas de Acción Eje 1. **141**

Figura 72. Priorización de Líneas de Acción Eje 4. **142**

Figura 73. Priorización de Líneas de Acción Eje 5. **143**

Figura 74. Priorización de Líneas de Acción Eje 6. **144**



SEMA
SECRETARÍA DE ECOLOGÍA
Y MEDIO AMBIENTE

