

Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE
DESARROLLO ECONÓMICO



Mensaje del Secretario de Desarrollo Económico de la Ciudad de México Lic. Fadlala Akabani Hneide

Estamos transformando la capital del país en una ciudad de derechos; con base en la innovación y la participación entusiasta de los habitantes de la Ciudad de México, este gobierno trabaja por una ciudad en la cual el ejercicio del derecho a un medio ambiente sano y el derecho a la ciencia a la innovación tecnológica, entre otros, sean siempre los ejes fundamentales de la política pública.

Guiados por la Dra. Claudia Sheinbaum Pardo, una gobernante con formación científica, por primera vez en la Ciudad de México se creó un área de la administración encargada de atender específicamente los problemas relacionados con la energía en la Ciudad de México y a través de la estrategia Ciudad Solar estamos trazando el camino de la transición energética, aprovechando las oportunidades de generar riqueza, empleo y bienestar basados en las tecnologías solares, promoviendo el uso de energía limpia en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, en edificios públicos de la administración y en viviendas reconstruidas. Fomentamos la producción de biodiesel, la formación de técnicos especializados en energía solar, la divulgación, actualización y promoción de normas de calor solar y se han iniciado las obras para la construcción de centrales solares de generación eléctrica en la Central de Abasto. La Ciudad de México, está por lo tanto minimizando su huella ecológica, a través de la introducción del uso de energías renovables y está integrando sistemas propios de generación y abasto de energía, pero también lo hace al poner en operación importantes mejoras a los sistemas de transporte, privilegiando el uso del transporte público sobre el transporte privado, principal consumidor de energía final en la Ciudad y en el país.

A través de las ampliaciones al metrobús, la sustitución de autobuses RTP por unidades con filtro, la adquisición de trolebuses, la creación del Cablebús, el trolebús elevado y la promoción del uso de la bicicleta, entre otras acciones, aumentamos la eficiencia energética del sector transporte de la Ciudad de México y estamos reduciendo los impactos ambientales y combatiendo el cambio climático.

Queremos que estos logros continúen más allá de la actual administración, en el mediano y largo plazo. Por ello el Gobierno de la Ciudad de México, a través de la Secretaría de Desarrollo Económico, presenta a la opinión pública este Diagnóstico de Transición Energética, con la finalidad de establecer un punto de partida para continuar con el desarrollo de políticas públicas que impulsen la transición energética y sus beneficios en la Ciudad de México. Este Diagnóstico, parte de una perspectiva de género e igualdad sustantiva para hacer una valoración del uso de la energía y de los potenciales técnicos de aprovechamiento de energías renovables, tomando en cuenta las particularidades del territorio de la Ciudad de México y de sus unidades económicas.

Mediante este documento, que captura el punto de vista de los especialistas de Iniciativa Climática de México, se pone a disposición de los habitantes de la Ciudad de México un conjunto de datos básicos que permiten partir para el trabajo de planeación de la transición energética de la Ciudad.

El Gobierno de la Ciudad de México por su parte, hace un llamado a los sectores académico, empresarial y social para continuar este trabajo y con base científica, dialogar y proponer la visión de largo plazo de política pública en materia energética que continúe en las siguientes administraciones con los logros y el trabajo de Ciudad Solar y permita consolidar, a partir de los logros de este gobierno, el desarrollo y bienestar de los habitantes de la Ciudad, la protección del medio ambiente y la satisfacción de las necesidades de desarrollo de las generaciones presentes y futuras.

Agradecemos el apoyo de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ) quien a través de los recursos de su programa de transición energética ha permitido el desarrollo del presente documento. Asimismo, reconocemos el esfuerzo de los consultores de Iniciativa Climática de México, quienes han trabajado en la elaboración de este documento.

Agradecimientos

Autores:

Daniel Chacón Anaya (ICM)
Luisa Sierra Brozón (ICM)
Alejandro Blázquez García (ICM)
Carlos Correa Larios (ICM)
José David Peñaloza Pérez (ICM)
Ricardo Rubén Cruz Salinas (ICM)
Sandra Rátiva Gaona
Daniela Rátiva Gaona
Ernesto Villava Robles

Coordinación:

Ricardo Rubén Cruz Salinas (ICM)

Revisión y seguimiento:

José Alberto Valdés Palacios (SEDECO)
Juan Carlos Solís Ávila (SEDECO)
Juan José Vidal Amaro (SEDECO)
Sergio Armando Velázquez Trejo (SEDECO)
Gustavo Pichardo de Jesús (Servicio Social UNAM)
Ana Cecilia Porte Petit (GIZ)

Michelle Ramírez Bueno (GIZ)

El **Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México** fue elaborado para la Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO) de la Ciudad de México 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.

ICM agradece a todo el personal de la SEDECO por su ardua colaboración y a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por el financiamiento para la elaboración del presente documento.

Presentación

La Ciudad de México es una de las ciudades con mayor consumo energético debido a su alta densidad de población. Sin embargo, circunstancias tales como su posición geográfica, clima, extensión y grado de urbanización, así como el propio desarrollo de la industria energética del país la han vuelto dependiente a fuentes energéticas que no se producen ni transforman dentro de su territorio. Pero sobre todo, la han puesto en la situación de depender casi totalmente a los combustibles fósiles.

Así, se puede decir que el desarrollo y la vida diaria en la Ciudad de México, como en todas las grandes ciudades del mundo, una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con efectos globales que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático así como emisiones de contaminantes locales, que si bien se están minimizando, es necesario controlar para evitar afectar la calidad del aire de la ciudad.

Sin embargo, estas mismas circunstancias se tornan en grandes oportunidades para reducir el uso combustibles fósiles por medio de la implementación de medidas de eficiencia energética y para sustituir a las fuentes fósiles por fuentes renovables.

Estas oportunidades de eficiencia energética y aprovechamiento de las energías renovables conforman gran parte de la transición energética, la cual no solo tiene beneficios en lo ambiental, sino que también en lo económico y social, al brindar a la población energéticos más económicos, producidos en el territorio capitalino, a partir de tecnologías que requieren y representan una nueva dinámica de negocios.

Es con estas oportunidades en la mira, bajo la idea del desarrollo sustentable, que la Secretaría de Desarrollo Económico de la Ciudad de México (SEDECO) presenta el Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México (el Diagnóstico). Esto con la finalidad de establecer un punto de partida para el desarrollo de políticas públicas que impulsen la transición energética y sus beneficios en la Ciudad la finalidad de establecer un punto de partida para continuar el desarrollo de políticas públicas como la puestas en marcha por Ciudad Solar, que mantengan el impulso de la transición energética y sus beneficios en la Ciudad de México. Por ello, al final de este diagnóstico se presenta un conjunto de acciones que se han implementado o están en proceso de ejecución por el Gobierno de la Ciudad o por la iniciativa privada y que se ponen a consideración de los habitantes de la Ciudad de México para su enriquecimiento.

Contenido

Mensaje del Secretario de Desarrollo Económico de la Ciudad de México Lic. Fadlala Akabani Hneide	2
Agradecimientos	4
Presentación	5
Contenido	6
Marco Jurídico	9
Ámbito federal	10
Ámbito de la Ciudad de México	10
Perspectiva de género	12
¿Por qué es fundamental incluir una perspectiva de género e igualdad sustantiva en una planeación energética?	13
Diagnóstico institucional	15
Iniciativas existentes	16
Recomendaciones	17
Diagnóstico energético	19
Introducción	20
Características generales de la población	21
Resultados	24
Producción	24
Consumo	31
Indicadores	38

Potenciales de aprovechamiento de energías renovables e implementación de medidas de eficiencia energética	45
Potencial de aprovechamiento de las energías renovables	46
Introducción	46
Recurso solar	48
Recurso eólico	69
Recurso geotérmico	76
Recurso bioenergético	78
Medidas potenciales de eficiencia energética	83
Introducción	83
Diagnóstico de los usos de energía	84
Sector industrial	98
Catálogo de medidas para el sector industrial	113
Sector Residencial	120
Sector Comercial y Servicios	128
Sector Público	142
Sector Transporte	145
Sector Agropecuario	148
Ruta para la transición energética de la Ciudad de México	151
Acciones actuales	152
Ejes de la Transición Energética en la Ciudad de México	154
Acciones para la transición energética en la Ciudad de México	156
Referencias	162

Índice de Figuras	172
Índice de Tablas	178
Anexo Metodológico del Diagnóstico	181
Producción	182
Transformación	182
Centrales Eléctricas	182
Generación distribuida	183
Consumo	183
Consumo de Electricidad	183
Consumo de combustibles fósiles	187
Consumo de leña	187
Indicadores	188
Fuentes de energía para la satisfacción del consumo en la Ciudad de México	188
PIB	188
Intensidad energética	188
Sociales	189
ANEXO: Mapas complementarios	191
Tipos de edificios de único uso en cada alcaldía (relacionados con la Tabla 10)	192
Localización de las unidades económicas con alto consumo de calor en la Ciudad de México (relacionados a la Tabla 14)	201



Marco Jurídico

El Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México encuentra su base jurídica desde el nivel federal, con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley de Transición

Energética. Además, en el ámbito de la Ciudad, el Diagnóstico encuentra fundamento en la estructura legislativa de la Ciudad y las estrategias publicadas.

Ámbito federal

En su artículo cuarto, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos funda los derechos a un medio ambiente sano y a la protección de la salud. Además, en el artículo vigésimo quinto establece que el desarrollo nacional debe ser integral y sustentable.

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 de la Ciudad de México

El Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México se publica en concordancia con las acciones de la Secretaría de Desarrollo Económico que tiene como base, además del artículo 16 apartados A y F de la Constitución Política de la Ciudad de México, la Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México 2021-2030 (SEDEMA, 2020) y el Programa Ambiental y de Cambio climático para la Ciudad de México 2019-2024 (Gobierno de la Ciudad de México, 2019), el cual contempla los siguientes ejes:

1. Revegetación: Campo y ciudad

2. Rescate de ríos y cuerpos de agua
3. Manejo sustentable del agua
4. Cero basura
5. Movilidad integrada y sustentable
6. Calidad del aire
7. Ciudad solar

Además, el Diagnóstico tiene bases en las leyes según se muestra en la Figura 1:

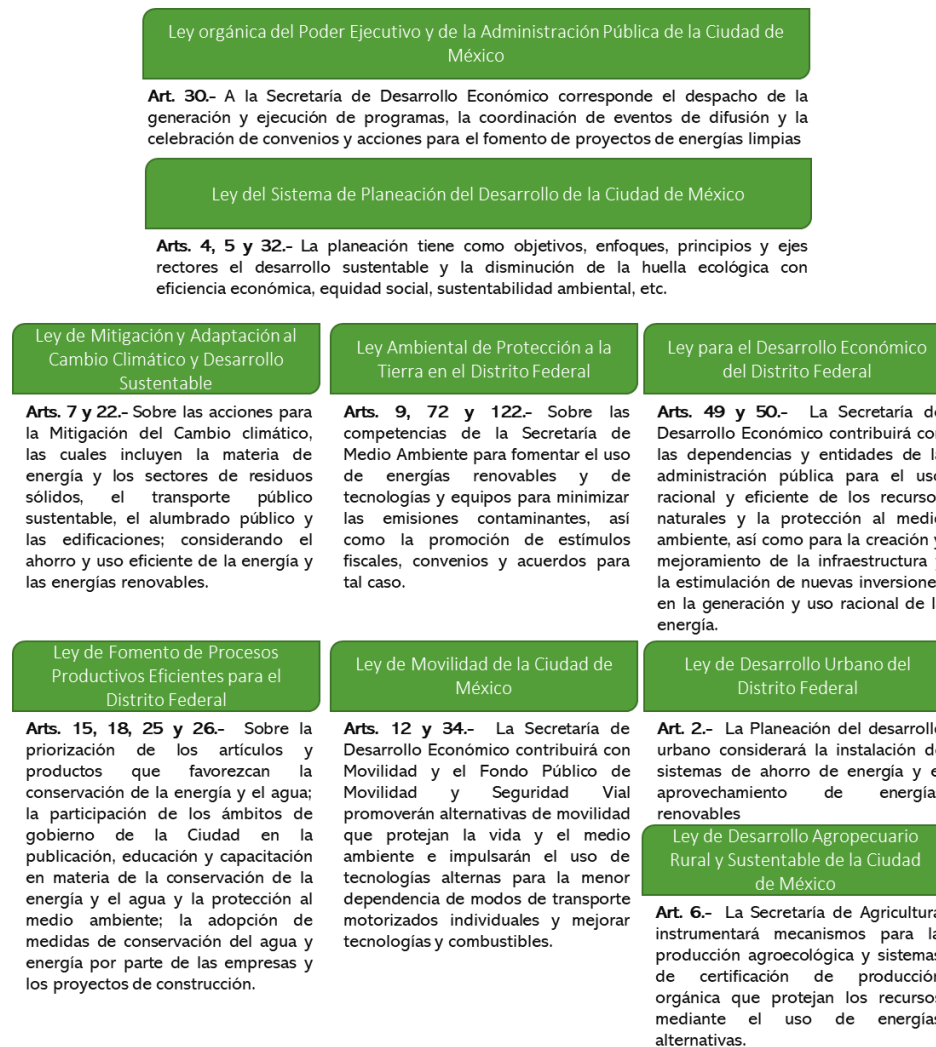


Figura 1. Base legal del Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México



Perspectiva de género

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

Es un hecho que el sector energético es fundamentalmente masculino:

“Con relación al sector de electricidad, agua y gas, del total de población ocupada, solo dos de cada diez personas ocupadas son mujeres, es decir, el sector de energía y agua es un ámbito poblado sobre todo por hombres (INEGI, 2019) (...) 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.” (Ley, D. C. P., 2020)

Y es masculino, no solo por la mayoritaria participación de hombres como trabajadores y tomadores de decisiones, sino por las dimensiones que son comúnmente consideradas importantes en el. Entonces, para que las políticas públicas tengan un efecto de reducción en la brecha entre mujeres y hombres, el estudio del sector energético desde la perspectiva de género es fundamental.

Como se ha documentado ampliamente en las últimas décadas, la construcción de sociedades más justas y equitativas pasa necesariamente por mejorar la calidad de vida de niñas, adolescentes y mujeres, que constituyen el 49.5% de la población

sector, donde hasta ahora se ha relacionado el bienestar únicamente con el crecimiento económico y con el ingreso, invisibilizando otras dimensiones como:

- i. el tiempo del trabajo de cuidado (crianza de los y las niñas, de las personas enfermas o ancianas, limpieza y mantenimiento de las viviendas, y otros trabajos domésticos), que se ha impuesto social, histórica y culturalmente a las mujeres,
- ii. el cuidado del medio ambiente y de los ecosistemas para garantizar las condiciones de vida de las generaciones futuras o
- iii. la importancia de actividades no productivas, como el ocio, el arte o la vida comunitaria para garantizar el bienestar colectivo y la salud mental.

mundial, lo cual incluye la eliminación de todas las formas de violencia contra ellas, y la construcción social de condiciones para superar las brechas, las desigualdades en el acceso a recursos y oportunidades y la inclusión de asuntos y temáticas asociados al bienestar de la sociedad en su conjunto.

Una perspectiva de género y de igualdad sustantiva, que intenta garantizar el pleno disfrute de los derechos humanos, superando la

igualdad formal y de la igualdad de oportunidades mediante la garantía de la igualdad de los resultados, busca construir medidas efectivas y aprovechar el ordenamiento jurídico, institucional y social para construir el disfrute efectivo de los derechos, en este caso, para niñas, adolescentes y mujeres.

Para aportar en este sentido, a continuación, se presenta el diagnóstico institucional de la perspectiva de género en la Ciudad de

México y, posteriormente, 4 recomendaciones para la inclusión de la perspectiva de género en la planeación de la transición energética en la Ciudad.

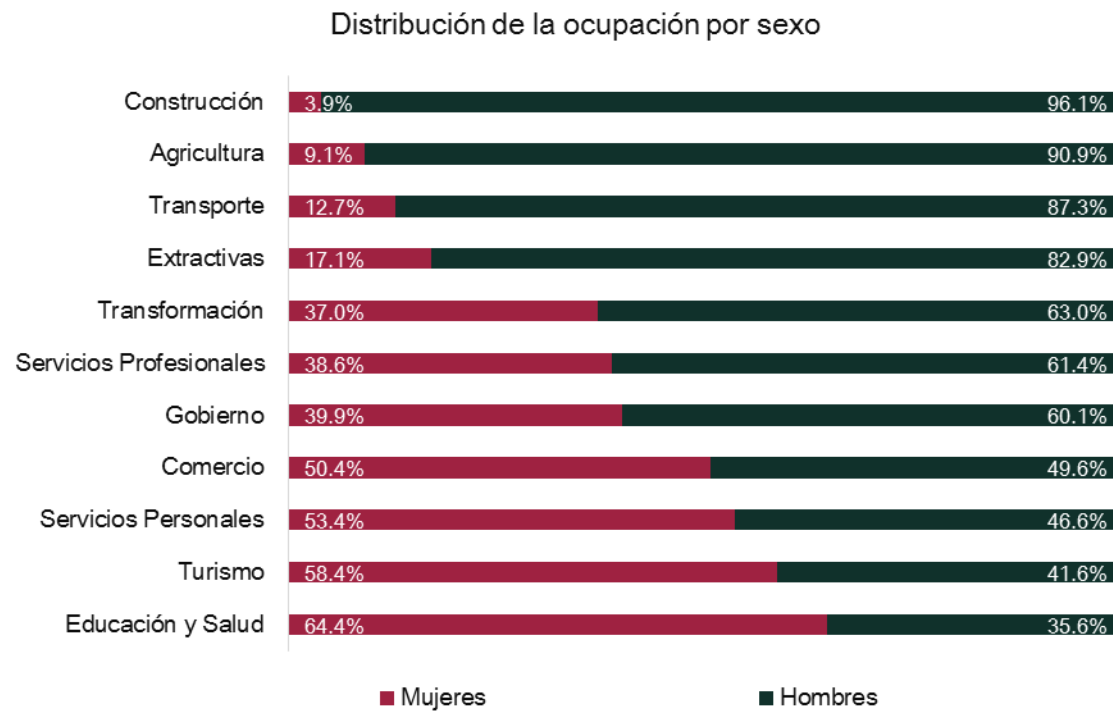


Figura 2. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020. Fuente: (STPS, 2020)

Diagnóstico institucional

La Ciudad de México cuenta con herramientas de acuerdo con el marco normativo para implementar acciones que contribuyan con la eliminación de las violencias hacia las mujeres, con la disminución de las brechas en el ámbito laboral, educativo y de participación de la toma de decisiones, y con la construcción de condiciones para mejorar la calidad de vida de niñas, adolescentes y mujeres. Estas herramientas institucionales (que se muestran en la

género.

Tabla 1) así como el presupuesto (mostrado en la Tabla 2) son indicadores de que en la Ciudad de México existen políticas por la equidad de género, lo cual sirve como parteaguas para que las políticas por la transición energética en la Ciudad de México se desarrollen con perspectiva de

Tabla 1. Herramientas institucionales para la igualdad de género en la Ciudad de México
 Fuente: Elaborado por ICM con información de la Gaceta Oficial de la Ciudad de México y de (INMUJERES, 2021)

Ley del Instituto de las Mujeres del Distrito Federal	Publicada el 9 de agosto de 2013 en la Gaceta de la Ciudad de México
Ley de Igualdad Sustantiva entre Mujeres y Hombres en el Distrito Federal	Publicada el 15 de mayo de 2007 en la Gaceta de la Ciudad de México y reformada el 10 de febrero de 2021
Instituto de las Mujeres del Distrito Federal	Creado el 5 de diciembre de 2002
Ley de Acceso a las Mujeres a una Vida Libre de Violencia	Publicada el 29 de enero de 2008 en la Gaceta de la Ciudad de México y reformada el 26 de febrero de 2021
Reglamento de la Ley de Acceso a las Mujeres a una Vida Libre de Violencia	Publicada el 26 de febrero de 2009 en la Gaceta de la Ciudad de México y reformada el 25 de mayo de 2018
Eje 1. Igualdad y Derechos del Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024	
Transversalidad de Género	Objetivo: Desarrollar los mecanismos institucionales que garanticen que en todo el ciclo de la política pública y la cultura institucional así como los programas, proyectos y servicios que impulsen los entes públicos del Gobierno de la Ciudad de México hayan incorporado la perspectiva de género, con el fin de garantizar los Derechos Humanos de las mujeres y las niñas.
Corresponsabilidad Social en Beneficio de las Mujeres	Objetivo: Coadyuvar en la integración de recursos, experiencias y conocimientos de instituciones públicas, privadas y organizaciones civiles en una relación de corresponsabilidad social para beneficio de todas las Mujeres de la Ciudad de México

Tabla 2. Presupuesto asignado a la igualdad de género en la Ciudad de México

Total presupuestario (pesos)	Secretaría de las Mujeres	Porcentaje del presupuesto
\$217,962,153,520.00	\$ 233,054,164.00	0.1 %

Iniciativas existentes

De acuerdo con la información reportada en el Programa Ciudad Solar, de la Dirección General de Desarrollo y Sustentabilidad Energética (DGDSE) de la SEDECO (DGDSE, 2019), “la DGDSE tiene como objetivo crear estrategias y programas que impulsen a las energías renovables, que mejoren la eficiencia en el consumo de la energía y la optimización de la demanda eléctrica, para incentivar las cadenas de valor de las energías renovables y aprovechar su potencial como motor de desarrollo económico. Aunado a ello, mediante estas estrategias y programas se transitará a una

economía de bajas emisiones de gases de efecto invernadero en la Ciudad de México.”

Uno de los programas del Programa Ciudad Solar es el **Programa de Fortalecimiento de competencias en energía solar en la Ciudad de México**, en el cual el 18% de las personas capacitadas son mujeres, lo cual muestra un importante esfuerzo por reducir la masculinización del sector, en el cual, como ya se ha mencionado, la participación de la mujer es del 2%

Recomendaciones

Como resultado del análisis desde la perspectiva de género para la transición energética en la Ciudad de México, la DGDSE ha identificado 2 recomendaciones.

1. **Producción de conocimiento de la participación de las mujeres en el sector.** A partir de la estrategia Ciudad Solar y de su programa de capacitación en energía solar se cuenta con información sobre la participación de la mujer en el sector energético. Sin embargo, se requiere seguir construyendo más indicadores e información detallada de la cantidad de mujeres que participan en los programas educativos asociados al sector energético, de su vinculación laboral en el sector público o en el sector privado. Por este motivo, es importante la labor de Ciudad Solar y la participación de las empresas del sector por generar información al respecto, centrada principalmente en conocer las causas de las diferencias de participación con respecto al género.
2. **Producción de conocimiento sobre los consumos y los impactos diferenciales de energía.** El indicador de pobreza

energética, presentado más adelante, muestra las dificultades de los hogares para acceder a algunas energías. Sin embargo, aún falta desarrollar mejor información respecto del consumo diferencial de la energía dentro del hogar y, específicamente, el uso que hombres y mujeres pueden hacer de diferentes tecnologías de aprovechamiento de la energía. Por esto, es fundamental el esfuerzo de Ciudad Solar para, a qué través del presente Diagnóstico, promover la investigación interdisciplinaria que indique cómo las mujeres usan y consumen la energía en los diferentes sectores y espacios de la vida de la Ciudad de México; tanto dentro del hogar (energía eléctrica, biomasa o gas) como en espacios públicos, por ejemplo, los usos diferenciales de los medios de transporte público, buscando mayores beneficios de la implementación de infraestructura para las bicicletas, o el uso de la energía eléctrica como parte de los sistemas de alumbrado que contribuyen con la sensación de seguridad y la disminución de agresiones callejeras hacia las mujeres.

Diagnóstico energético

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

El Diagnóstico Energético presentado a continuación se basa en el enfoque sistémico del sector energético de la Ciudad de México, 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, energéticos que pueden ser utilizados de forma más fructífera en los equipos que satisfacen las necesidades. Así, la gasolina, el diésel, el gas seco o la electricidad (por mencionar algunos) son conocidos como energéticos secundarios.
3. Consumo. En este último paso, los energéticos secundarios son usados en dispositivos, aparatos, máquinas o equipos que los necesitan para poder funcionar y realizar la tarea para la que fueron creados, satisfaciendo así las necesidades humanas.

Los apartados restantes de esta sección están comprendidos por los Resultados, los Indicadores y el Anexo Metodológico. Los resultados muestran la información energética de la Ciudad de México siguiendo el enfoque sistémico de la cadena energética. Los indicadores contienen información que se genera a partir del tratamiento de los resultados y que permite ir más allá en la comprensión del contexto energético de la Ciudad. El Anexo Metodológico contiene la descripción de cómo se obtuvo y trató toda la información, tanto la de los resultados como la de los indicadores.

Características generales de la población

La Ciudad de México es la capital del país; la cual se encuentra ubicada a 2,240 metros sobre el nivel del mar, en el Valle de México. Con una superficie de 1,495 km² es la ciudad más grande del país y también el centro político, económico, administrativo, académico, turístico, cultural, empresarial y de entretenimiento en el país. El territorio de la Ciudad de México y gran parte de su área metropolitana se encuentra en lo que era una zona de lagos y el hecho de que el territorio de la ciudad sea un valle, genera que la ciudad esté rodeada de varios relieves y volcanes importantes. La Ciudad de México posee climas que van desde el templado hasta el frío húmedo y tundra alpina en las partes más altas de las sierras del sur (OECD, 2015).

La Ciudad de México alberga a 9,209,944 personas, de las cuales 4,805,017 son mujeres (52.2%) y 4,404,927 (47.8%) hombres, siendo la segunda unidad federativa con mayor cantidad de habitantes, después del Estado de México (INEGI, 2020). Sin embargo, al considerar la zona metropolitana del Valle de México, la población total es de 21,804,515 habitantes, lo que la coloca en el noveno puesto de las aglomeraciones urbanas más grandes y pobladas del mundo, y consecuentemente la más grande del continente y de los países hispanohablantes (Naciones Unidas, 2011).

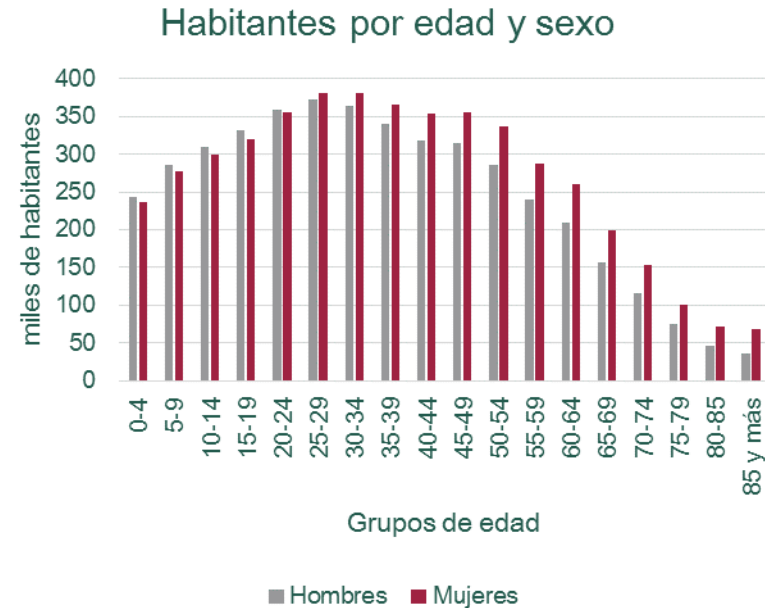


Figura 3. Habitantes por rangos de edad y sexo en la Ciudad de México.
Fuente: INEGI, 2020

Su densidad poblacional es de 6,163 personas por kilómetro cuadrado, esta ciudad está dividida en 16 demarcaciones territoriales y es Iztapalapa la más poblada, con 1,835,486 habitantes. Para el año 2020 la población vive en un 99% localidades urbanas y 1% localidades rurales y había 599 localidades rurales y 35 urbanas (INEGI, 2020).

La Ciudad de México tiene el mayor grado de escolarización del país, en la población de 15 años y más, con un promedio de 11.5 años lo

que significa que la educación de esta población equivale a poco más de segundo año de bachillerato. Por otra parte, de cada 100 personas de 15 años en adelante, 2 no tienen ningún grado de escolaridad, 36 tienen la educación básica terminada, 27 finalizaron la educación media superior y 35 concluyeron la educación superior. Cabe señalar que solo en el rango de edad de 15 a 24 años, la asistencia escolar es mayor en las mujeres que en los hombres (INEGI, 2020).

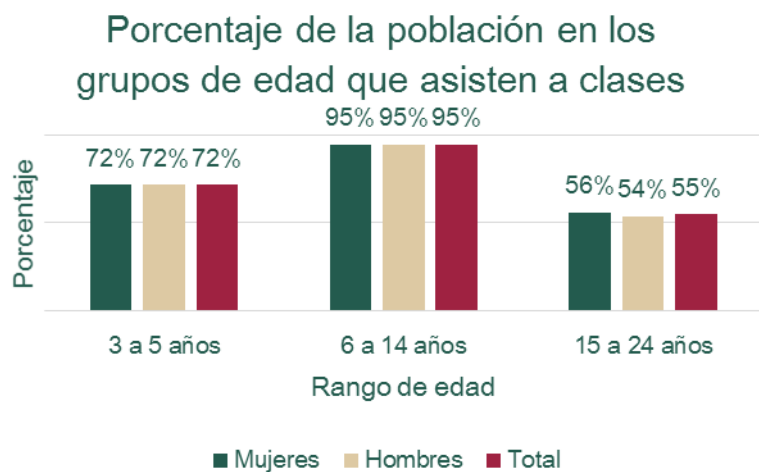


Figura 4. Asistencia escolar en la Ciudad de México, por grupos de edad y sexo 2020.

La composición de la población en la Ciudad de México en el periodo 1990-2020 se mantiene con una tendencia de crecimiento mayor de población urbana con relación al crecimiento de la población rural. Se observa un aceleramiento en el crecimiento de la población urbana, especialmente en la década de 2010 a 2020.

Población rural y urbana en la Ciudad de México

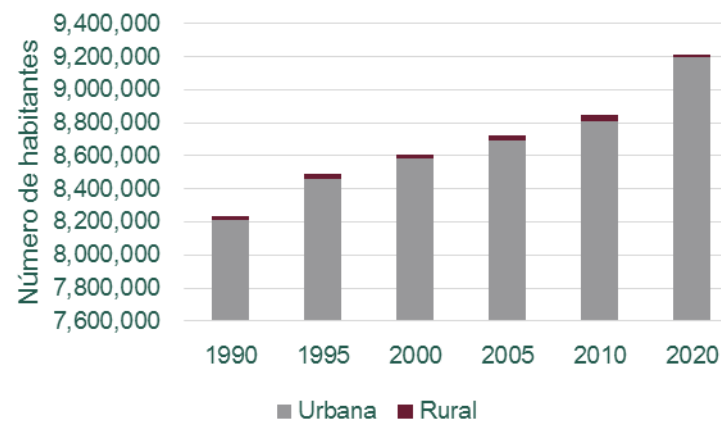


Figura 5. Población rural y urbana de la Ciudad de México. SEMARNAT, 2010; INEGI, 2020

De acuerdo con el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (SENER, 2018 a), 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”.

Todas las alcaldías de la Ciudad de México cuentan con presencia de población indígena. En el caso de la alcaldía de Cuajimalpa, la población indígena se considera dispersa.

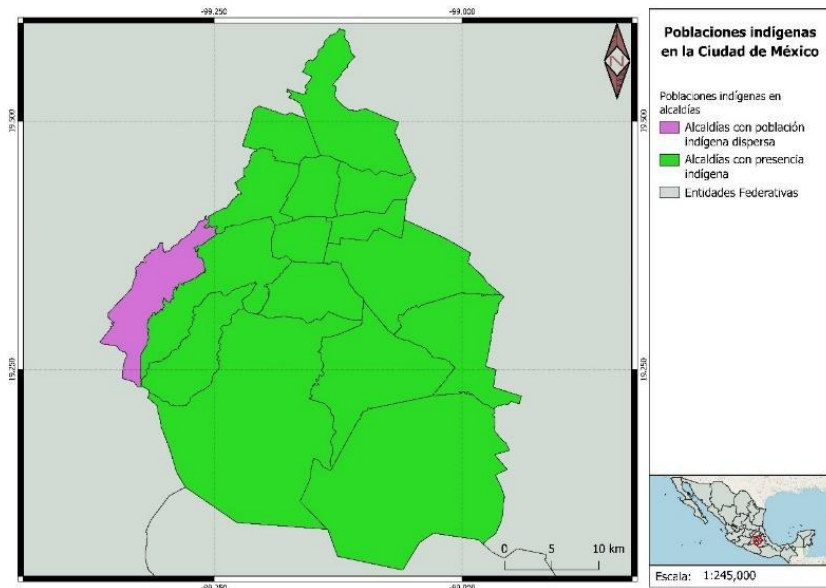


Figura 6. Tipo de presencia de poblaciones indígenas en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2018 a)

En total, en las alcaldías existen 69 localidades con población indígena. En ellas, el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2020) identificó al 3.4% con un grado de marginación muy alto y un 42.4% con grado alto.

Aunque el promedio por localidad ronda los 3 mil habitantes indígenas, existen 9 localidades con más de 10 mil, todas en alcaldías distintas (Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Xochimilco, Tlalpan, Álvaro Obregón, Cuauhtémoc, Coyoacán, Tláhuac, Venustiano Carranza). Sin embargo, ninguna alcaldía se considera mayoritariamente indígena, siendo Milpa Alta la que cuenta con una proporción más alta (8.5%).

Por otra parte, la población indígena más grande (79,826 habitantes) se encuentra en Iztapalapa, aunque ésta solo representa un 4.4 % de la población total de aquella alcaldía.

Reconocerla presencia de población indígena es fundamental para la ejecución de proyectos energéticos, tanto por las posibles legislaciones en materia de impacto social, como en la inclusión de una perspectiva de inclusión social e igualdad sustantiva.

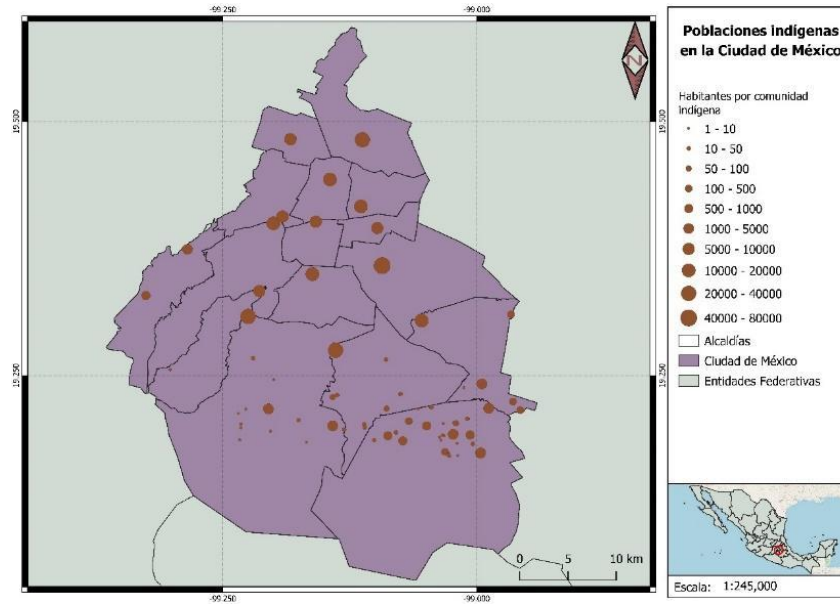


Figura 7. Localización de las poblaciones indígenas en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2018 a)

Metodología del diagnóstico energético.

La metodología utilizada para realizar el diagnóstico de transición energética se basa en la elaboración del balance de energía (la cual se describe con mayor detalle en el Anexo de este documento). Este balance considera las transformaciones de energéticos en electricidad según se dan en cada central eléctrica, de acuerdo con su régimen térmico y poder calorífico sin considerar las pérdidas por transformación. Es decir, únicamente se toma en cuenta la electricidad neta importada y disponible para uso final. Esto puede ser distinto a la consideración utilizada para la estimación de emisiones en las que se asume un poder calorífico¹ para la electricidad y que es calculado con base en la mezcla de combustibles de generación eléctrica y las pérdidas de transformación, transporte y distribución. La metodología de este balance, además, contempla el total de la gasolina, diésel y querosenos vendidos dentro del territorio capitalino y no considera si la utilización (quema) de estos combustibles se da efectivamente dentro del territorio capitalino o más bien, en otras regiones, como lo pueden ser los municipios de la zona metropolitana; tampoco considera el combustible quemado en el territorio de la Ciudad que ha sido comprada fuera de la misma. La justificación para esta metodología yace en que, en términos económicos y de seguridad energética de la Ciudad, vale la pena conocer la cantidad de combustibles que deben ser importados a la Ciudad de México.

En segunda instancia, a partir del balance energético se obtienen distintos datos e indicadores que reflejan el contexto energético de la ciudad, como se verá en el siguiente capítulo. Así, por ejemplo, se obtienen datos sobre la participación de las energías renovables en el consumo de energía de la Ciudad de México. Por otro lado, la observación de los datos arrojados por el balance permite identificar qué sectores son los que más energía consumen y qué energéticos utilizan para sus actividades, lo que a su vez deriva en información básica para la propuesta de líneas de acción.

¹ Si bien el concepto de poder calorífico no es aplicable a la electricidad, éste se utiliza de forma análoga en este caso comentado; a diferencia de la metodología empleada en el análisis de este diagnóstico

Resultados

En este apartado se recopila la información obtenida para la elaboración del balance de energía de la Ciudad de México y que sirve de base para el diagnóstico energético. La información se presenta siguiendo el orden lógico de la cadena energética como se muestra en la Figura 8.

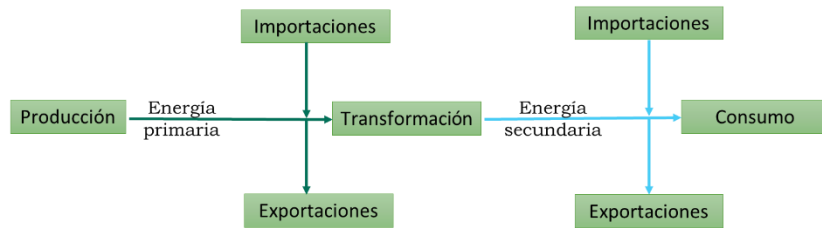


Figura 8. Cadena energética. Fuente: Elaboración propia

Producción

Como se puede apreciar en la Figura 9, los energéticos primarios que se producen provienen de la captación de energía solar para la generación de energía eléctrica y del uso de leña. No se considera ninguna eficiencia en la captación de energía. Por lo tanto, se asume que la cantidad de energía a la salida de las tecnologías basadas en fuentes renovables es la misma cantidad de energía que dichas tecnologías captaron del medio ambiente. Por ejemplo, se asume que la cantidad de energía solar que capta un panel fotovoltaico es la misma cantidad de energía eléctrica que éste genera.

Producción de energéticos primarios (PJ)

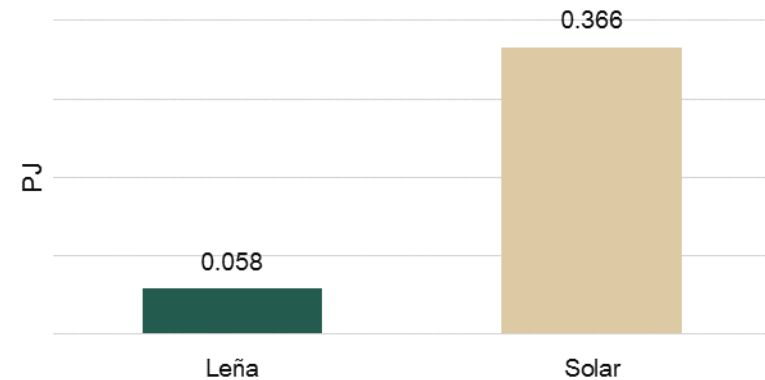


Figura 9. Producción de energéticos primarios en la Ciudad de México²
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020), (CRE, 2021) y (Masera, 2010)

Transformación

La única transformación de energéticos que se da dentro de la Ciudad de México es la de la generación de energía eléctrica, tanto en centrales de gran escala como en las de generación distribuida. Esto se debe a que no existen ni refinerías ni complejos procesadores de gas natural en la Ciudad. Además, se considera que la leña no requiere ninguna transformación pues es usada directamente en la forma en la que se recolecta.

² No se contabiliza la energía solar aprovechada para el calentamiento de agua en colectores solares o tecnologías similares.

En la transformación de energía primaria a electricidad existen dos categorías administrativas, generación eléctrica (a gran escala) que requiere de permisos de la Comisión Reguladora de Energía y Generación Eléctrica Distribuida, que no requiere de tal autorización.

Generación eléctrica a gran escala

Las centrales eléctricas de gran escala (mayores a 500 kW) dentro de la Ciudad de México, tal y como se puede apreciar en la Figura 10, suman un total de 417.4 MW de capacidad instalada. La principal tecnología de generación es la turbogás, con el 77% de esa capacidad y utilizando gas natural. Le sigue la combustión interna con 18.3%, utilizando diésel y gas natural. El resto corresponde a turbinas de vapor con solo 4.5%, utilizando también diésel y gas natural. (ver Tabla 3)

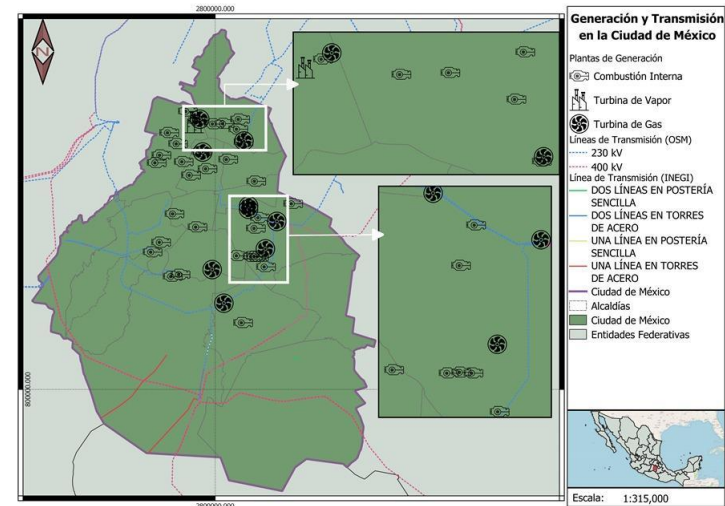


Figura 10. Mapa de ubicación de las centrales eléctricas de gran escala en la Ciudad de México a diciembre de 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019)

Tabla 3. Capacidad instalada de generación eléctrica a gran escala por tipo de tecnología. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019).

Tecnología	Capacidad (MW)	Combustibles
Combustión Interna	76.6	Diésel, Gas Natural
Turbogás	321.8	Gas Natural
Turbina de Vapor	19.0	Diésel, Gas Natural

Estas centrales eléctricas operan bajo distintos permisos otorgados por la CRE, según se aprecia en la Figura 11. Tres cuartas partes corresponden a centrales propiedad de la Comisión Federal de

Electricidad (CFE), mientras que un 12% es de centrales privadas en esquema de autoabastecimiento³. Otro 7% de las centrales se encuentra con un permiso de generación bajo el amparo de la Ley de la Industria Eléctrica⁴. Los permisos del tipo usos propios continuos⁵ y cogeneración⁶ corresponden al 5% y el 1% del total, respectivamente.

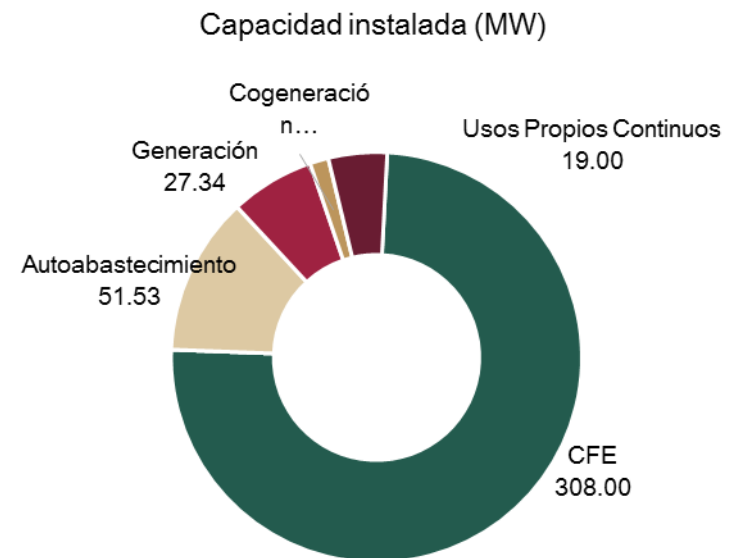


Figura 11. Capacidad instalada de generación eléctrica por tipo de permiso. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019)

³ Autoabastecimiento. Esquema legado de la abrogada Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en el que una entidad económica podía instalar una central eléctrica para consumir la energía generada por ésta en uno o varios centros de carga de la misma entidad económica, pagando a CFE una tarifa por transmitir la energía (porteo). Las centrales que así lo decidieron a la entrada en vigor de la Ley de la Industria Eléctrica continúan operando bajo este esquema (de ahí que sean centrales legadas). Sin embargo, no puede haber nuevas centrales en este esquema.

⁴ Todas las centrales eléctricas posteriores a la entrada en vigor de la Ley de la Industria Eléctrica, o las que ya existían previamente, pero hayan deseado migrar, deben contar con un permiso de generación expedido por la CRE.

⁵ Usos propios continuos. Esquema legado de la abrogada Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en el que una entidad económica podía instalar una central eléctrica en las mismas instalaciones donde consumiría la electricidad. A diferencia del autoabasto, no utilizaba infraestructura de transmisión o distribución.

⁶ Cogeneración. Esquema legado de la abrogada Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en el que una entidad económica aprovecha el vapor de sus procesos para la generación eléctrica o viceversa.

La generación de energía eléctrica en la Ciudad ha aumentado un 53% entre 2016 y 2019, habiendo experimentado su mayor crecimiento (32%) entre 2016 y 2017, gracias al aumento de generación en las centrales de turbogás como se aprecia en la Figura 12.

El flujo energético para satisfacer las necesidades de demanda eléctrica se muestra en la Figura 13. Este diagrama de Sankey señala que en las centrales eléctricas de gran escala de la Ciudad de México, se transforman en energía eléctrica 12.1 PJ de gas seco y 0.07 de diésel. De la suma de ambos (12.17 PJ), solo 4.24 PJ se convierten efectivamente en electricidad, mientras que 7.82 PJ y 0.15 PJ se pierden en transformación y usos propios, respectivamente. A los 4.24 PJ de energía eléctrica generados en la Ciudad de México, se le añaden 51.8 PJ por medio de importaciones a través de la Red Nacional de Transmisión (RNT) y las Redes Generales de Distribución (RGD), las cuales tienen pérdidas de 2.02 PJ y 5.43 PJ, respectivamente. Los 42.91 PJ restantes son consumidos por los sectores económicos de la Ciudad. En primer lugar, por el sector industrial, con 25.9 PJ; seguido del sector residencial, con 11.6 PJ; el

sector comercial con 7.44 PJ; el público, con 3.54 PJ y el agropecuario, con tan solo 0.003 PJ.

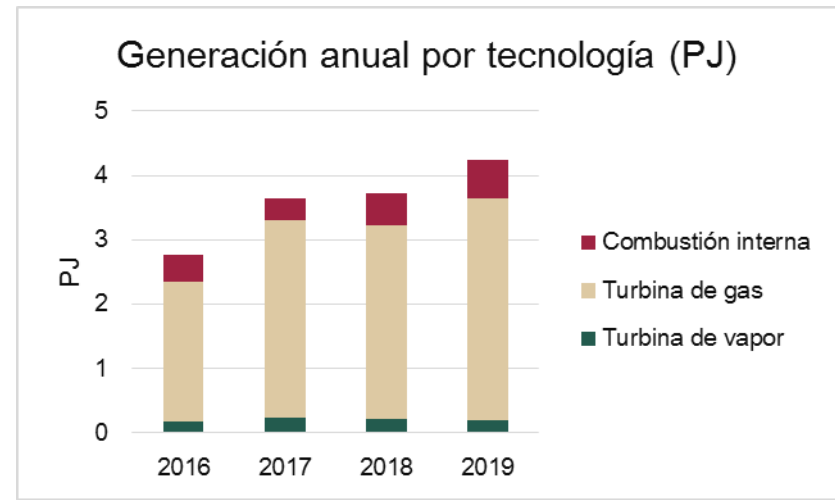


Figura 12. Generación anual por tecnología. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019)

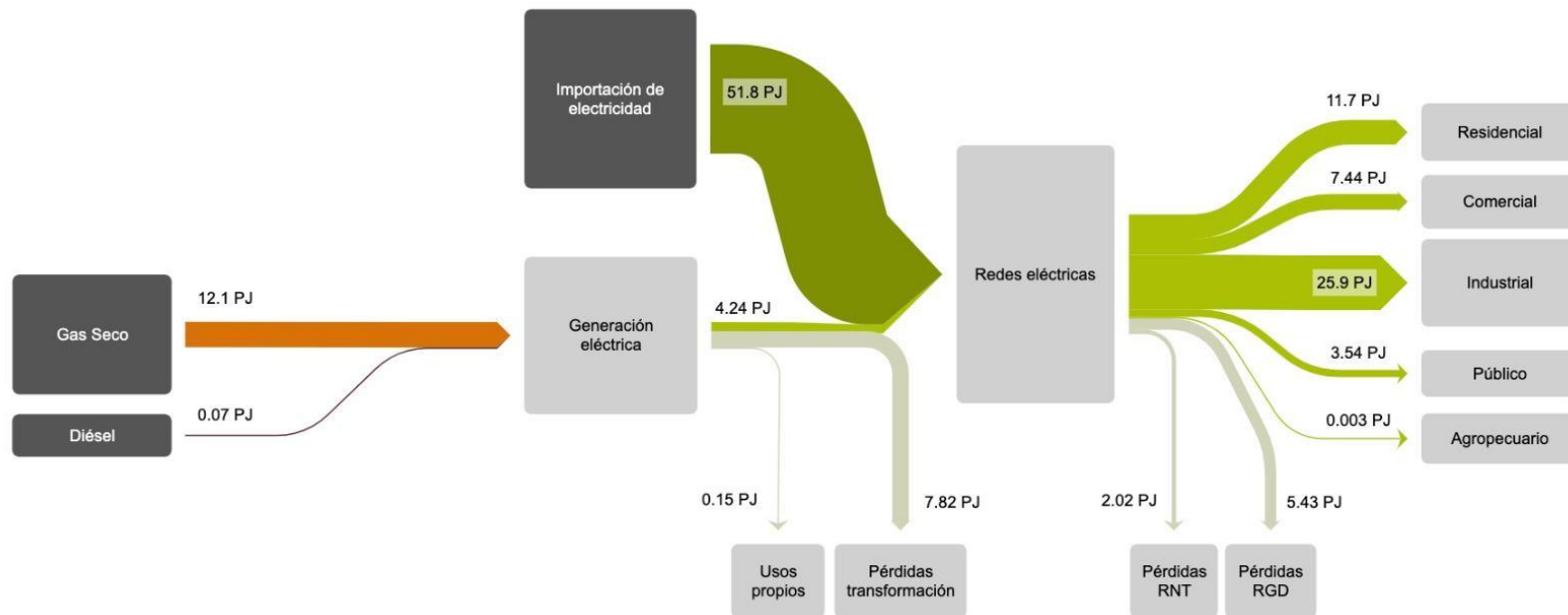


Figura 13 Diagrama de Sankey de la cadena energética de la electricidad en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con base en datos de: (CRE, 2020), (SENER, 2021) y (SENER, 2021)

Generación distribuida

La generación distribuida se diferencia de la generación a gran escala en que, por regla general, las centrales eléctricas deben ser de una capacidad menor a 500 kW. Además, estas centrales se conectan a las redes de distribución eléctrica en el mismo punto del centro de carga de un usuario. Esto último se debe a que el propósito principal de la generación distribuida es el de satisfacer la demanda propia del usuario.

La generación distribuida es un esquema de generación reconocido en la LIE⁷ que permite a los usuarios del servicio eléctrico contar con generación en sistemas de su propiedad (de cualquier tipo de tecnología de generación) para satisfacer su demanda energética, a la vez que pueden obtener remuneraciones en caso de tener excedentes de energía.

En la Ciudad de México, hay interconectados, a diciembre de 2020, un motogenerador de 9.6 kW en Iztapalapa y un generador que utiliza biogás con una capacidad de 1 kW instalado en Miguel Hidalgo; sin embargo, el 99.9% de la energía transformada en centrales de generación distribuida proviene de la energía solar, puesto que hay 6,343 sistemas fotovoltaicos de generación distribuida que suman un total de 60,386 kW. Éstos generan anualmente un estimado de 101.69 GWh, equivalentes a 0.366 PJ. El mapa de la Figura 14 muestra la distribución de la capacidad por alcaldía, mientras que el gráfico de la Figura 15 muestra que en 5 de las 16 alcaldías de la Ciudad se concentra el 80% de la capacidad instalada, siendo éstas Álvaro Obregón, Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Coyoacán y Tlalpan.

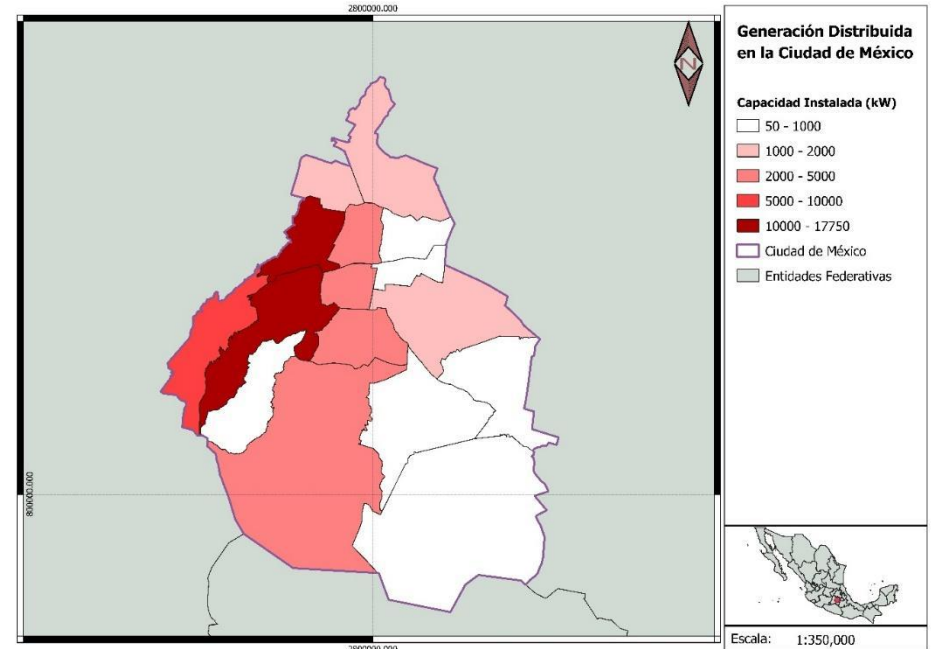


Figura 14. Capacidad instalada de generación distribuida en las alcaldías de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021)

⁷ Artículo 3 fracción XXIII

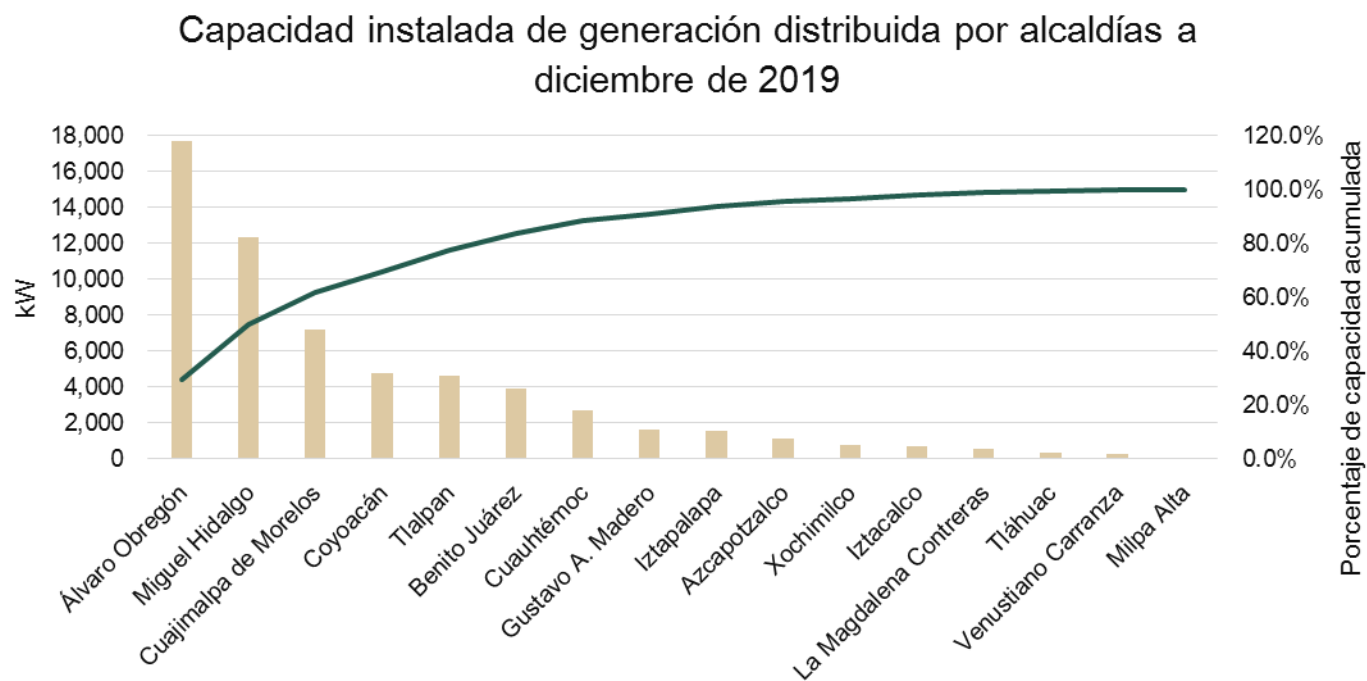


Figura 15. Capacidad fotovoltaica de generación distribuida por alcaldía a diciembre de 2019. Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021)

Importaciones /exportaciones

En la Figura 16, donde se grafica el balance de energía de la Ciudad de México para el año 2019, se puede apreciar que prácticamente la totalidad de la energía que se consume en la Ciudad proviene de las importaciones desde otros estados si consideramos la importación de energéticos primarios para generación de electricidad. Esto se debe a que los 12.17 PJ de gas natural y diésel que se transforman en energía eléctrica dentro de la Ciudad, provienen de importaciones, mientras que sólo los 0.058 PJ de leña y los 0.366 PJ de generación distribuida se consideran producción⁸. En otras palabras, el 99.9% de la energía que se utiliza en la Ciudad de México proviene del resto de la república.

Respecto de las exportaciones, la Ciudad de México no exporta energía a otras Entidades.

Consumo

El consumo de energía es aquel uso de los energéticos de uso final que los sectores económicos de la Ciudad demandan para la satisfacción de sus necesidades. A la suma del consumo de todos los sectores se le conoce como consumo final total, el cual es satisfecho a través de la oferta interna bruta, la cual es igual a la producción de energía dentro del territorio de la Ciudad, más las importaciones provenientes de otros estados de la República, menos las exportaciones.

El consumo final total de la Ciudad de México asciende a 415.78 PJ, del cual la leña representa el 0.01%, la electricidad aporta un 11.68% y el 88.37% restante se abastece como hidrocarburos. Este total se divide entre los distintos sectores, siendo el transporte el principal consumidor, que con 292.98 PJ demanda el 70% del total de la energía de uso final. Le siguen el sector industrial, con 64.9 PJ equivalentes al 16% y el residencial, con 38.56 PJ equivalentes al 9%. El sector comercial aporta un 4% al consumo total a través de los 15.39 PJ que demanda. Finalmente, el sector público consume 3.54 PJ (1%) y el agropecuario 0.41 PJ (casi 0%).

⁸ Como se detalló anteriormente, al no asumirse pérdidas por eficiencia en el proceso de transformación en una central de generación distribuida fotovoltaica, la energía solar que se contabiliza como producción es igual a la energía eléctrica que se contabiliza como transformación.

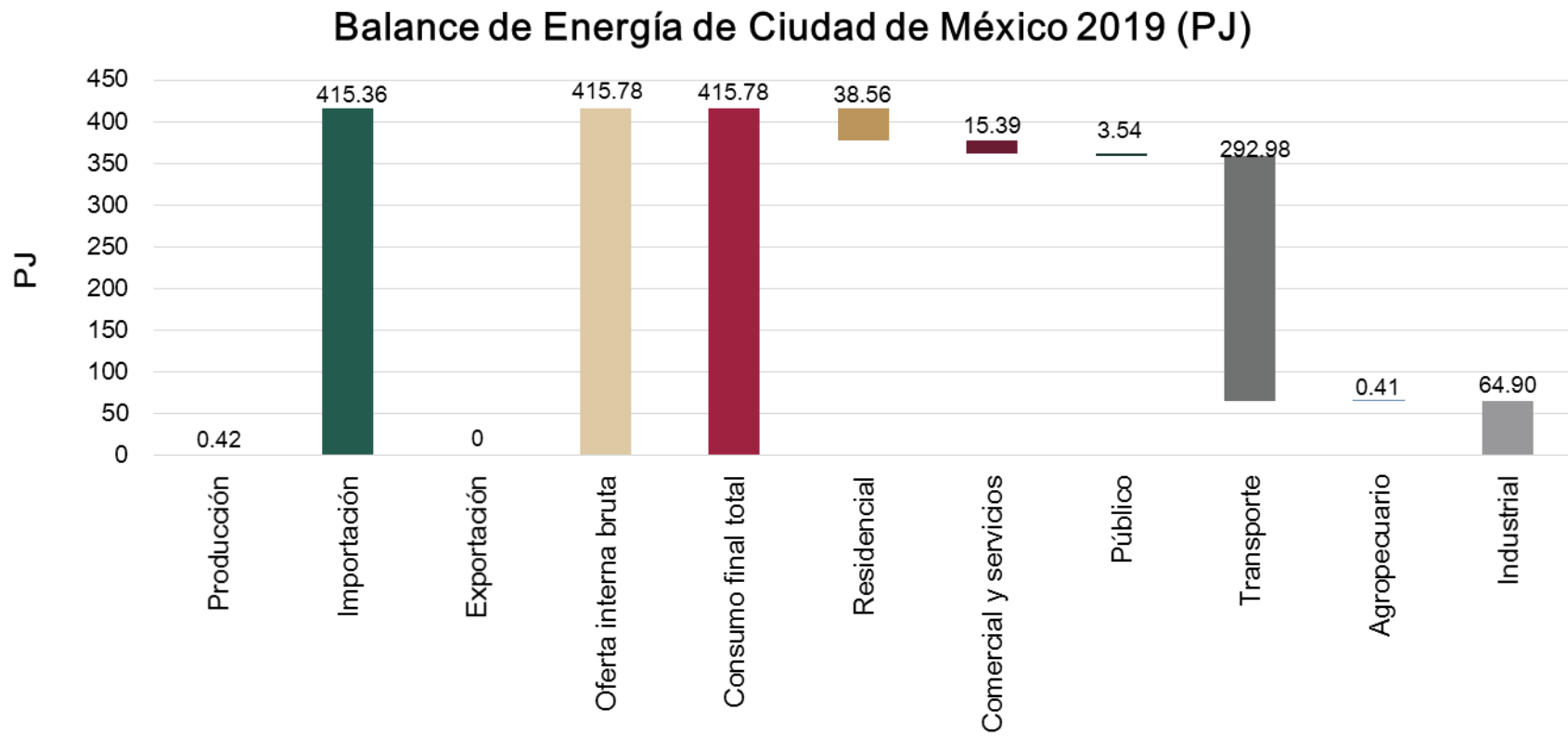


Figura 16. Balance de Energía de la Ciudad de México para el año 2019. Elaboración propia con base en datos de (SENER, 2021), (CFE, 2018), (CFE, 2019), (CRE, 2020) y (Masera, 2010)

Distribución sectorial del consumo de energía en la Ciudad de México en 2019

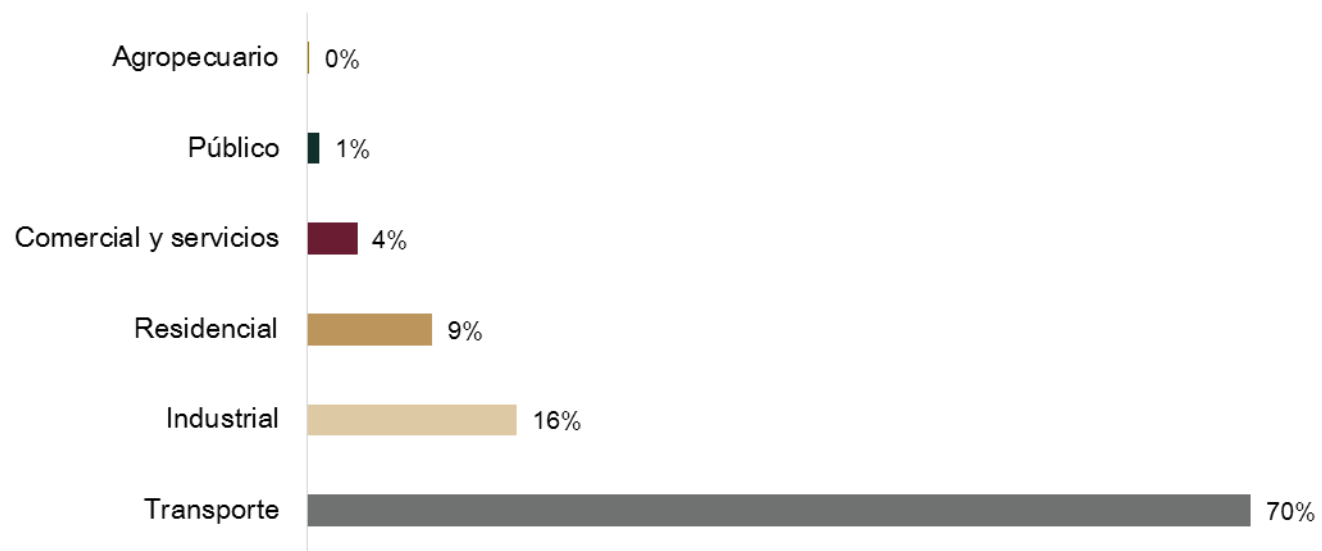


Figura 17. Distribución sectorial del consumo total de energía de la Ciudad de México en el año 2019. Fuente: Elaboración propia con base en datos de (SENER, 2021), (CFE, 2018), (CFE, 2019), (CRE, 2020) y (Masera, 2010)

Ahora bien, en la Figura 18 se muestra la distribución de los energéticos consumidos por los sectores de la Ciudad de México, que como se mencionó anteriormente suman un total de 415.78 PJ. El sector transporte utiliza principalmente gasolina, con un total de 177.66 PJ. Después demanda 71.5 PJ de turbosina, 38 PJ de diésel y en último lugar, 5.26 PJ de gas L.P. Cabe señalar que el consumo de gasolina es mayor al consumo energético total de cualquier otro sector.

El energético con mayor uso en el sector industrial es el gas seco, que tiene una demanda de 34.7 PJ. En segundo lugar, se encuentra la

electricidad, con 25.9 PJ, y después el gas L.P., con 3.95 PJ y el diésel, con tan solo 0.35 PJ. En el sector residencial se utilizan 21.2 PJ de gas L.P., 11.6 PJ de electricidad y 5.7 PJ de gas seco. Cabe señalar que la población marginada de este sector además consume un total de 0.055 PJ de leña.

El sector comercial utiliza 8.58 PJ de electricidad, otros 5.45 PJ de gas L.P. y finalmente 2.5 PJ de gas seco.

Por último, el sector público solamente consume 5.26 PJ de electricidad, mientras que el sector agropecuario consume apenas 0.41 PJ de gas L.P. y 0.003 PJ de electricidad.

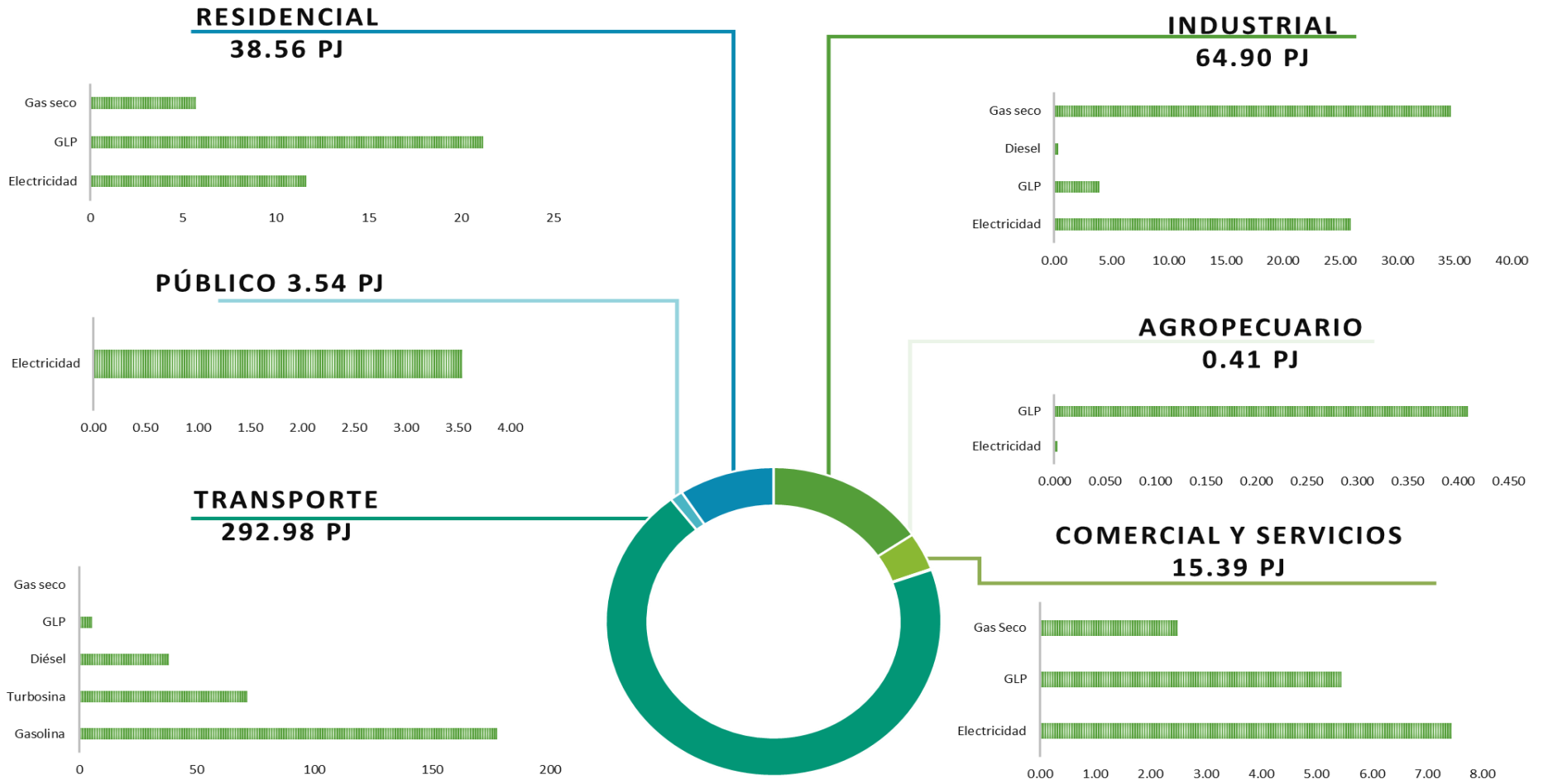


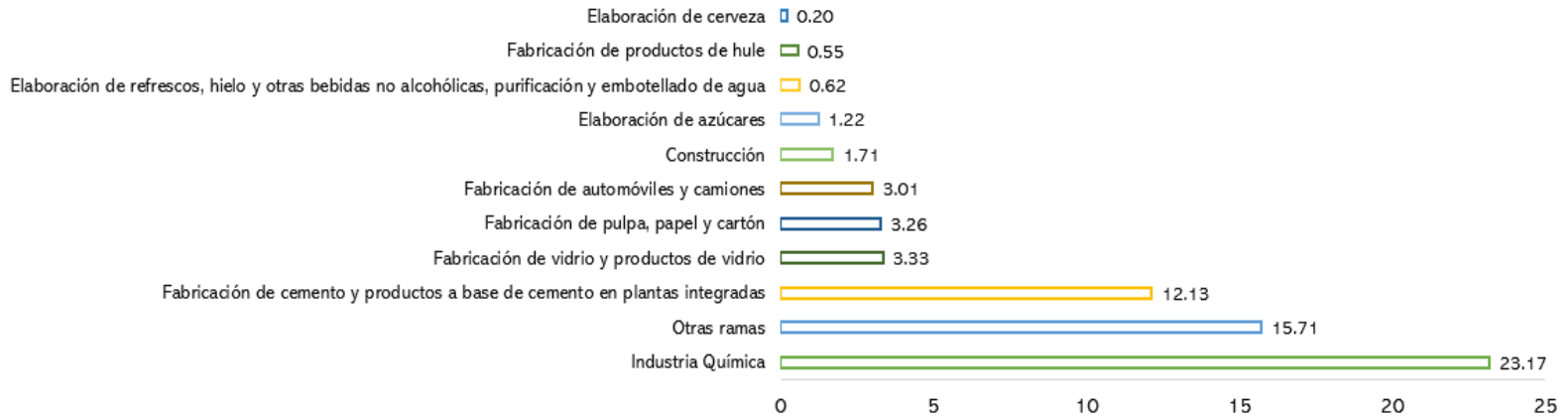
Figura 18. Consumo de energéticos en los sectores de la Ciudad de México en 2019. Fuente: Elaboración propia con base en datos de (SENER, 2021), (CFE, 2018), (CFE, 2019), (CRE, 2020) y (Masera, 2010)

El sector industrial es el segundo sector más demandante de energía de la Ciudad, sin embargo, este sector está compuesto por ramas económicas muy distintas entre sí, por lo que es necesario conocer cómo se distribuye el consumo energético de dichas ramas, mejor conocidas como subsectores y que se presentan a continuación de acuerdo con la clasificación del INEGI.

La industria química es la principal consumidora de energía, con un 23.2 PJ (35.7% del total del sector industrial), seguida de la

fabricación de cemento con 12.1 PJ (18.7%); la fabricación de vidrio, con 3.3 PJ (5.1%); la fabricación pulpa, papel y cartón, con 3.3 PJ (5%); la fabricación de automóviles y camiones, con 3 PJ (4.6%); la construcción, con 1.7 PJ (2.6%); la elaboración de refrescos, hielo y otras bebidas no alcohólicas, purificación y embotellado de agua, con 0.6 PJ (1.8%); la fabricación de productos de hule, con 0.5 PJ (0.7%); y la elaboración de cerveza, con 0.2 PJ (0.3%). En conjunto, estos 10 subsectores acumulan el 74.5%, mientras que el resto de las ramas suman el 25.5% restante.

Consumo de energía por subsector de la industria en 2019 (PJ)



PARTICIPACIÓN DE LOS SUBSECTORES EN EL CONSUMO DE LA INDUSTRIA

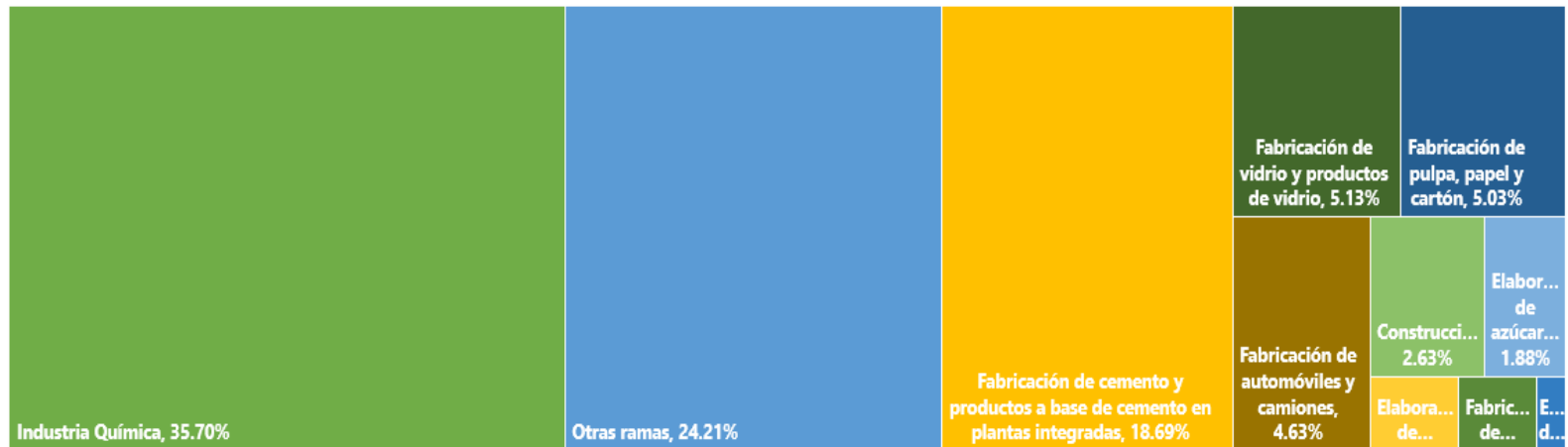


Figura 19. Consumo de energía en los subsectores industriales de la Ciudad de México en 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2019 a) e (INEGI, 2021).

Indicadores

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

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

Después se muestran indicadores económicos sin aparente relación directa con la energía pero muy importantes para el desarrollo económico. 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. Estos indicadores son la desagregación de la intensidad energética, la cual señala la relación entre el consumo de energía y la producción económica. A mayor intensidad energética más energía se requiere para producir 1 peso, por lo que una mayor eficiencia disminuirá el valor de este indicador. Se muestra de forma desagregada para los 3 sectores que aportan al PIB: industria, agropecuario, y comercio y servicios. De igual forma se presentan indicadores relacionados con la eficiencia para el sector residencial y el transporte. Estos son el consumo de energía en el sector residencial per cápita y el consumo de energía para vehículos terrestres dividido entre el número de estos vehículos.

Finalmente, en materia de aspectos sociales, se presenta el índice de pobreza energética, el cual indica el porcentaje de hogares con

privación de bienes económicos que sirven para la satisfacción de necesidades absolutas de energía.

Fuentes de energía para la satisfacción del consumo en la Ciudad de México

Partiendo del diagnóstico energético, donde se han establecido cuáles son los energéticos que se utilizan en los sectores de consumo, y su cantidad, se obtienen ahora 3 indicadores que muestran:

1. La participación de las energías renovables en el consumo energético de la Ciudad, la cual se obtiene dividiendo la suma de todos los energéticos renovables entre el consumo total final de energía. Cabe señalar que, para el caso de la electricidad importada, se considera el porcentaje de energías renovables en la matriz de generación de energía eléctrica nacional, la cual, según datos del Balance Nacional de Energía (SENER, 2022), correspondió al 27% para el año 2021.
2. La dependencia de la Ciudad a los combustibles fósiles, la cual se obtiene de la relación de todos los energéticos fósiles entre el consumo final total.
3. La participación de la leña en el consumo energético de la Ciudad, que se obtiene de la división del consumo de leña entre el consumo final total.

11.7%

Participación de las electricidad en el consumo energético de la Ciudad de México

88.3%

Participación de fuentes energéticas distintos a la electricidad en el consumo de la Ciudad de México

25.7%

Participación de las energías renovables en el consumo eléctrico de la Ciudad de México

74.3%

Participación de los combustibles fósiles en el consumo eléctrico de la Ciudad de México

0.00%

Participación de la leña (biomasa) en el consumo eléctrico de la Ciudad de México

3.03%

Participación de las energías renovables en el consumo energético de la Ciudad de México

96.96%

Participación de los combustibles fósiles en el consumo energético de la Ciudad de México

0.01%

Participación de la leña en el consumo de la Ciudad de México

Eficiencia energética

Existe un indicador referente a la eficiencia energética con la que una región se desarrolla económicamente hablando. Este indicador, conocido como *intensidad energética*, relaciona al consumo de energía y el PIB de la región, de tal forma que puede interpretarse como la cantidad de energía necesaria para producir una unidad monetaria.

Teniendo este indicador como punto de partida, se han calculado 6 indicadores derivados que sirven para medir la eficiencia energética de los sectores de consumo de la Ciudad. Para los sectores productivos (industria, comercio y agropecuario), los indicadores son la intensidad energética calculada como la energía consumida por el sector dividida entre el PIB de dicho sector en la Ciudad de México. En el caso del sector residencial, se calcula el consumo de energía per cápita, a través de la razón de la energía consumida por este sector entre el número de habitantes de acuerdo con el INEGI (INEGI, 2021b). Por último, para el caso del sector transporte, se ha calculado la energía consumida de este sector⁹ entre el número de vehículos registrados según el INEGI (INEGI, 2021c), los cuales descartan a los ferrocarriles e incluyen a todo el transporte vial, público o privado, de carga o pasajeros.

En las siguientes figuras se muestra la evolución de los 6 indicadores anteriormente descritos, para la Ciudad de México y, por fines comparativos, para las cuentas nacionales totales. Como se puede observar en la Figura 20, el sector agropecuario tiene una intensidad energética mucho mayor al industrial y comercial, sin embargo, cabe recordar que su aportación al consumo energético total es menor al 1%.

⁹ Para ser coherente con los vehículos registrados, se descarta el uso de turbosina y de diésel para ferrocarriles.

Comparando con el país entero, los sectores industrial y comercial son más eficientes en la Ciudad (ver Figura 21 y Figura 22), aunque esta gran diferencia puede deberse no solo a la eficiencia de los equipos sino al tipo de actividades y a las temperaturas registradas a lo largo del año. El sector agropecuario, por su parte, sí tiene una intensidad energética mayor en la Ciudad que en el país (ver Figura 23). El sector residencial es más eficiente en la Ciudad que en el país (ver Figura 24). Por el contrario, el sector transporte era menos eficiente en la Ciudad (ver Figura 25); sin embargo, su eficiencia ha mejorado en la Ciudad en los últimos años, habiendo estado casi a la par del país en 2017 y 2018.

Intensidad energética por sector (kJ/MXN)

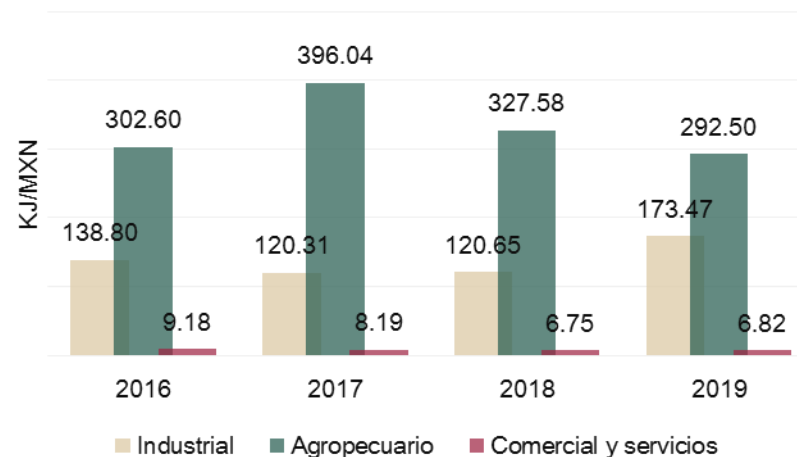


Figura 20. Intensidad energética en kJ/MXN de los sectores productivos de la Ciudad de México, de 2016 a 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)

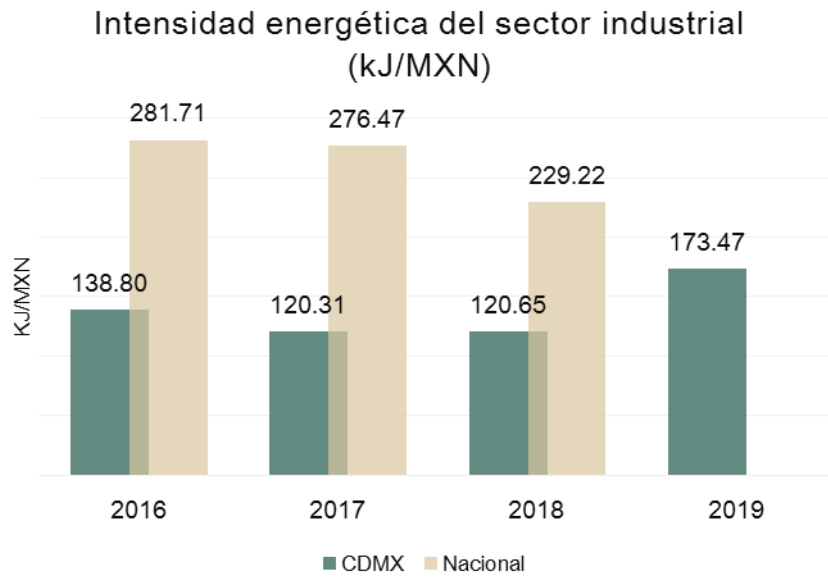


Figura 21. Intensidad energética en kJ/MXN del sector industrial en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)

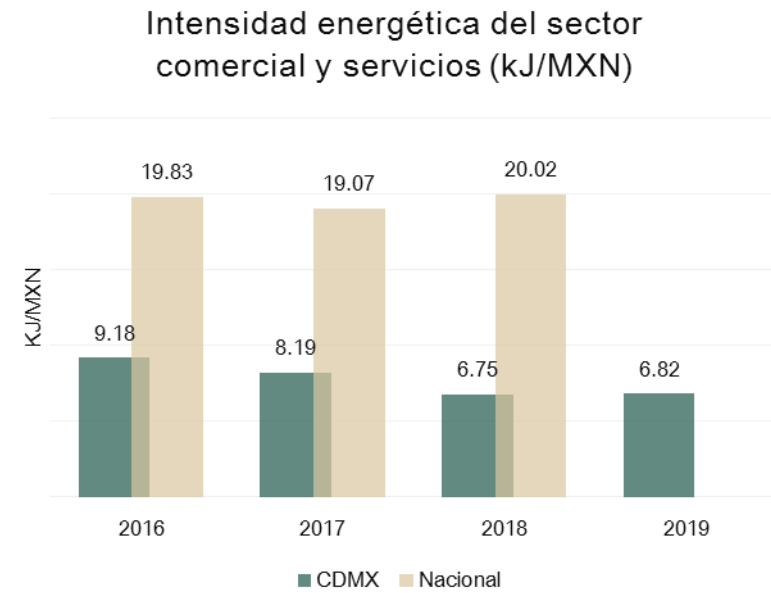


Figura 22. Intensidad energética en kJ/MXN del sector comercial y servicios en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)

Intensidad energética del sector agropecuario
(kJ/MXN)

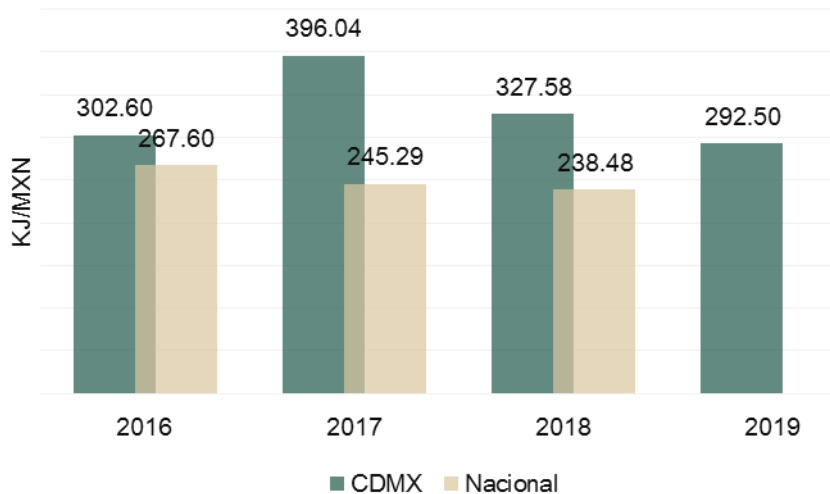


Figura 23. Intensidad energética en kJ/MXN del sector agropecuario en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)

Consumo de energía per cápita en el sector residencial (GJ/persona)

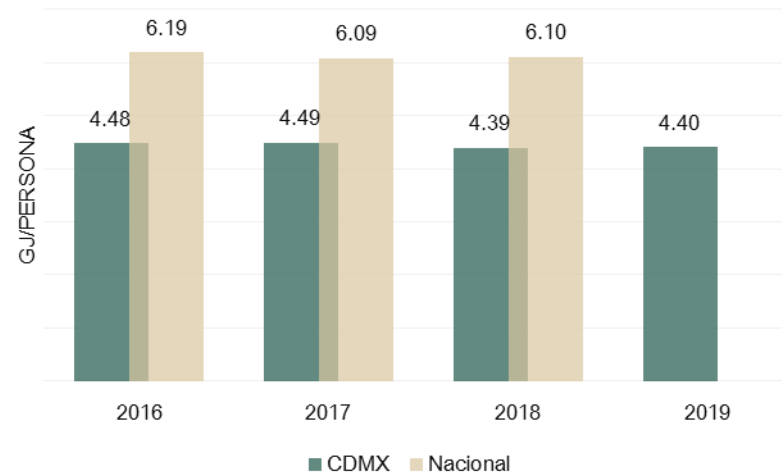


Figura 24. Consumo de energía per cápita (GJ/persona) en el sector residencial en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021b), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)

Consumo de energía en el transporte por vehículo terrestre (GJ/vehículo)

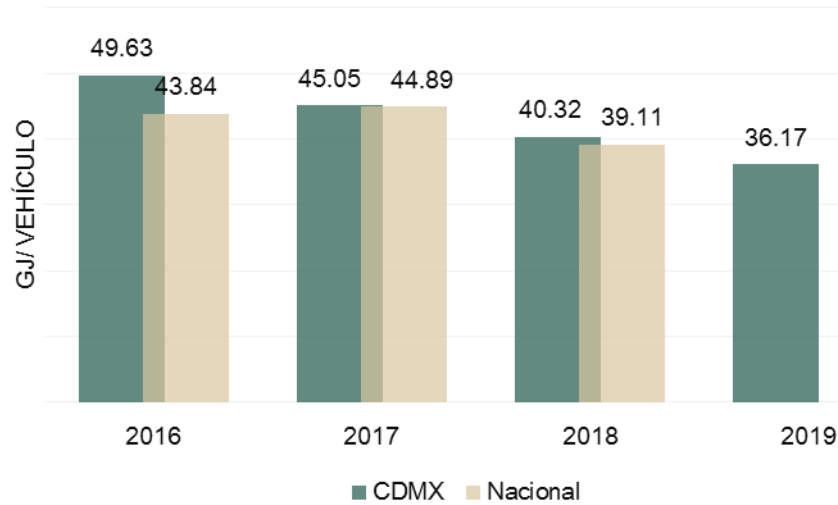


Figura 25. Consumo de energía por vehículo terrestre (exceptuando ferrocarriles) en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021c) (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)

Pobreza energética

“La pobreza energética es la situación en la que un hogar no dispone de energéticos modernos o carece de la capacidad económica para cubrir el costo que implica la satisfacción de servicios energéticos básicos. Esto se traduce en impactos sobre el bienestar de las personas, como falta de confort térmico, reducción de la renta disponible para otros bienes y servicios, malas condiciones de habitabilidad, riesgo de impago y desconexión, entre otros”.

“Algunos autores han definido como parámetro para que un hogar se considere en condiciones de pobreza energética, aquel que gasta a partir de 10 por ciento de sus ingresos al año en facturas energéticas para cubrir servicios energéticos básicos”¹.

“La pobreza energética tiene, en general, dos perspectivas:

- La de acceso a energéticos modernos;
- La del costo de tener servicios energéticos básicos y suficientes”¹.

Para el caso específico de México y de acuerdo con el estudio de García Ochoa y Graizbord, el cual es utilizado como referencia del valor de la pobreza energética en la Ciudad de México en el Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México presentado por la SEDECO e Iniciativa Climática Mexicana (ICM), los usos finales de energía más importantes en el sector residencial son: 1. Calentamiento de agua; 2. Cocción de alimentos; 3. Refrigerador; 4. Iluminación; 5. Confort térmico (aire acondicionado) y 6. Entretenimiento. De acuerdo con el mismo estudio, los habitantes de la Ciudad de México no tienen requerimientos de confort térmico por no presentarse alguno de los siete climas cálidos o semicálidos en los cuales éste si es un requerimiento energético.

La metodología propuesta establece que un hogar está en pobreza energética cuando no se tiene acceso a alguno de los bienes o servicios enlistados anteriormente.

Considerando los parámetros anteriores, y de acuerdo con datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2020) Tabulados de hogares y viviendas 2021, el valor actualizado de pobreza energética para la Ciudad de México utilizando la metodología propuesta por García Ochoa y Graizbord es el siguiente:

Uso final de la energía	Bien económico seleccionado	Hogares en la Ciudad de México	% de hogares con este bien o servicio
1. Calentamiento de agua	Calentador de gas u otros	2,187,348	80.8%
2. Cocción de alimentos	Estufa de gas o estufa eléctrica	2,648,760	97.0%
3. Refrigeración de alimentos	Refrigerador	2,567,844	94.0%
4. Iluminación	Energía eléctrica	2,727,312	99.8%
5. Entretenimiento	Televisor	2,641,901	96.7%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2020) Tabulados de hogares y viviendas 2021

En el caso de la Ciudad de México, el indicador de cobertura de calentamiento de agua es de 80.8%, por lo tanto ubica al 19.2% de la población capitalina en pobreza energética.

No obstante, en los indicadores correspondientes a iluminación, refrigeración, cocción de alimentos y entretenimiento el porcentaje de cobertura es superior al 94%.

aprovechamiento de energía solar térmica en diversos sectores de la Ciudad.

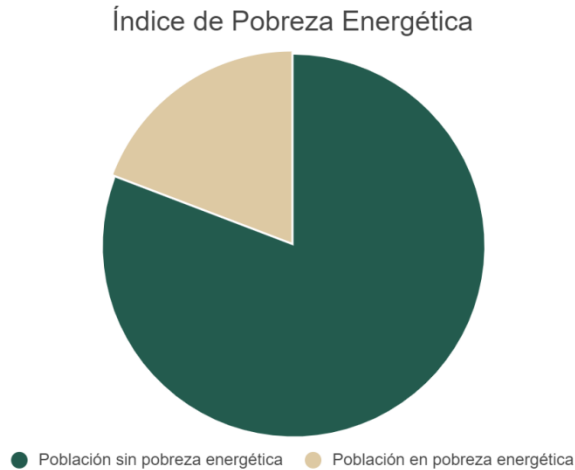


Figura 26. Porcentaje de los hogares de la Ciudad de México que se encuentran en situación de pobreza energética. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ENIGH, 2020

Con el objetivo de disminuir el porcentaje de pobreza energética en el calentamiento de agua, el Gobierno de la Ciudad de México ha implementado algunas acciones para impulsar la instalación de calentadores solares de agua. Durante la actual administración, se han instalado más de 25,000 calentadores solares en viviendas de la Capital y se ha impulsado la Norma Ambiental NADF-008-AMBT-2017 que establece la regulación para instalar sistemas de



Potenciales de aprovechamiento de energías renovables e implementación de medidas de

Potencial de aprovechamiento de las energías renovables

Esta sección enlista los diferentes potenciales energéticos basados en fuentes de energía renovable con los que cuenta la Ciudad de México, 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 a la entidad y una serie de propuestas de eficiencia que pueden aplicarse a los diferentes sectores económicos para reducir la demanda energética de la Ciudad de México, para así, continuar avanzado en la transición de la entidad hacia un consumo energético más eficiente y bajo en carbono.

Introducción

La Ciudad de México se encuentra en una posición geográfica que le brinda la oportunidad de aprovechar ampliamente las distintas fuentes de energía renovable con las que cuenta, como lo son especialmente la energía solar, y la bioenergía. Además, la extensa infraestructura eléctrica de transmisión y distribución con la que cuenta la ciudad permite la interconexión de nueva infraestructura de generación basada en fuentes renovables. Cabe señalar que las redes de distribución, muy desarrolladas en la Ciudad, son más aptas para la generación distribuida. La Figura 28 muestra la extensión de dicha infraestructura, donde líneas de transmisión de 230 y 400 kV conectan la ciudad con los estados aledaños. Además, existe obviamente una alta concentración de subestaciones eléctricas en la región norte coincidiendo con la mancha urbana.

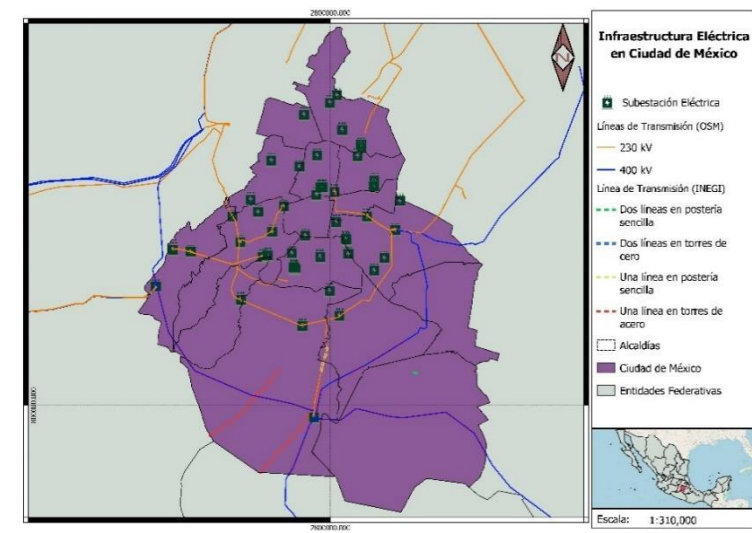


Figura 28. Infraestructura de transmisión eléctrica en la Ciudad de México y alrededores. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2019) y OSM (2021).

Un aspecto importante para el aprovechamiento de las energías renovables es su costo, el cual progresivamente ha disminuido y al día de hoy es competitivo frente al resto de fuentes de energía. Una prueba de ello se muestra en la Tabla 4, la cual compila los costos nivelados de generación eléctrica (LCOE, por sus siglas en inglés)¹⁰ 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.

Como se puede ver, los costos nivelados (que, desde el punto de vista del inversionista y constructor de una central eléctrica, consideran únicamente la generación a entregar en el punto de interconexión) son, dependiendo de las circunstancias de cada proyecto, incluso más bajos que el ciclo combinado, la tecnología de generación basada en combustibles fósiles más competitiva de todas.

Tabla 4. Comparativa de costos nivelados de las tecnologías renovables y el ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia con datos de (IRENA, 2020), (NREL, 2020), (LAZARD, 2020) y (CFE, 2018).

Tecnología	IRENA ^a 2020	NREL ^b 2020	LAZARD ^c 2020	CFE ^d 2018
Eólica	51 – 61	-	26 – 54	50
Geotérmica	73	117	59 – 101	63 – 81
Bioenergía	66	96	-	-
Solar gran escala	68	31	29 – 42	-
Solar pequeña escala	155 – 177	110	150 – 227	74
Ciclo combinado	43 - 73			
^a (IRENA, 2020) ^b (NREL, 2019) ^c (Lazard, 2019) ^d (CFE, 2018a)				

¹⁰ 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

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, la Ciudad de México cuenta con un importante recurso solar en la mayor parte de su territorio. Tal y como se muestra en la Figura 29¹¹ la mayor parte del territorio dispone de una Irradiación Global Horizontal Diaria¹² (GHI, por sus siglas en inglés) diaria promedio superior a los 5.0 kWh/m² por día, mientras que, en la zona sureste, existen zonas cuya GDHI supera los 5.5 kWh/m² por día. Valores superiores a los que llegan a presentar otras ciudades del mundo, famosas por aprovechar su recurso solar para generar electricidad a través de la implementación de sistemas fotovoltaicos, como Barcelona o Múnich, en donde se alcanzan niveles de GHI promedio de 4.8 kWh/m² y 3.0 kWh/m² por día, respectivamente. Otras ciudades, destacadas por su elevado aprovechamiento del recurso solar, y sus respectivos valores de GHI son Berlín y Madrid con 2.6 y 5.5 kWh/m² por día, respectivamente.

Lo anterior, demuestra que la Ciudad de México cuenta con un enorme potencial para generar energía eléctrica y calor, aprovechando su notable recurso solar, a través del uso de la tecnología solar fotovoltaica y de los calentadores solares, las cuales se encargan de convertir la radiación solar en electricidad y calor, y que están en constante desarrollo, lo que incrementa su rendimiento

y reduce sus costos, convirtiéndola en una de las tecnologías más competitivas para la generación de energía en sitio.

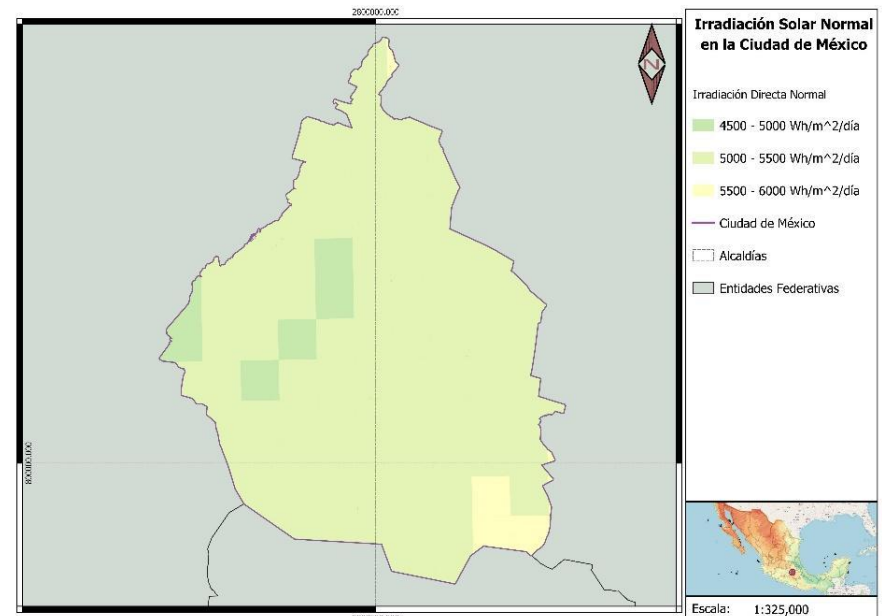


Figura 29. Mapa de Irradiación Global Horizontal Promedio (Wh/m²/día). Fuente: Elaboración propia con datos de INEL (SENER, 2018).

¹¹ La irradiación solar se define como la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente durante un intervalo de tiempo determinado. Se mide comúnmente en Wh/m².

¹² La Irradiación Global Horizontal, mide la cantidad de radiación recibida por unidad de área en una superficie horizontal durante un día.

Tabla 5. Irradiación Global Horizontal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar. Fuente: SOLARGIS.

Ciudad	DNI (kWh/m ² /día)
Múnich	3.0
Berlín	2.6
Madrid	5.5
Barcelona	4.8
San Francisco	6.1
Ciudad de México ¹³	5.2

Actualmente, los datos indican que al finalizar el año 2019 la Ciudad de México no contaba con centrales solares fotovoltaicas de gran escala. En cuanto a mediana y pequeña escala, también conocido como Generación Distribuida (GD), existían 11.3 MW de capacidad instalada total. No obstante, la generación distribuida ha crecido exponencialmente, habiendo alcanzado 89 MW en 2020 y 126.8 MW en 2021.

¹³ Se trata de un estimado, calculado a partir de datos de (SENER, 2018 a), que pondera el territorio cubierto por cada uno de los valores de la leyenda del mapa de la Figura 29. Cabe señalar que la norma ambiental NADF-008-AMBT-2017 de la Ciudad de México asume una DNI de aproximadamente 4.55 kWh/m²/día, aunque para un promedio entre 1984 y 2004, siendo estos valores relativamente antiguos.

Centrales fotovoltaicas de gran escala

De acuerdo con el marco jurídico vigente en México, se consideran como Centrales Eléctricas aquellas que superan 0.5 MW de capacidad instalada y requieren un permiso de generación emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

Actualmente, la Ciudad de México no cuenta con Centrales Eléctricas basadas en energía solar fotovoltaica. Sin embargo, como se mencionó en la sección anterior, éste cuenta con un gran potencial que hacen viable su implementación.

La GHI y la distancia a las Redes Nacionales de Transmisión (RNT) son dos parámetros determinantes para analizar la viabilidad técnico-económica de proyectos de generación fotovoltaica de gran escala.

En la Figura 30 se presentan los polígonos dentro del territorio de la entidad 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 Horizontal¹⁴ (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.

¹⁴ 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. Se trata de la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

Como se puede apreciar, la fuente reconoce exclusivamente dos polígonos que reúnan las características mencionadas. Uno de ellos se encuentra en la zona este de Tláhuac y el otro en la región sur de Milpa Alta. En la Figura 31 y Figura 32 se muestra el Factor de Planta¹⁵ (FP) de hipotéticas centrales solares fotovoltaicas de eje fijo¹⁶ y con seguimiento en un eje¹⁷ respectivamente, ubicadas en las superficies mencionadas.

El FP se sitúa en torno a 20.5% en el polígono de Tláhuac para parques de eje fijo y en torno a 20.0% en la superficie de Milpa Alta. Para el caso de centrales con seguimiento en un eje, el FP se ubica entre 25.0% y 26.0% para centrales con seguimiento en un eje en el polígono de Milpa Alta y entre 27% y 28% en la superficie de Tláhuac.

Cabe señalar que la información presentada en dichas figuras consiste en datos del AZEL y se muestra a manera de ejemplo pero que no deben interpretarse como los únicos polígonos aprovechables. Como se puede observar en la Figura 29, el potencial en la Ciudad de México es uniforme. En consecuencia, se puede afirmar que, en la Ciudad de México, existe la posibilidad de explotar el recurso solar mediante el desarrollo de Centrales Eléctricas. Tal es el caso de la Central Eléctrica que se está desarrollando en la Central de Abastos y que se comenta en una sección posterior.

Aunado a lo anterior, el potencial solar también puede ser aprovechado mediante centrales de pequeña escala como se detalla a continuación.

¹⁵ 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.

¹⁶ Los parques solares fotovoltaicos de eje fijo mantienen una inclinación constante de los módulos fotovoltaicos.

¹⁷ 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.

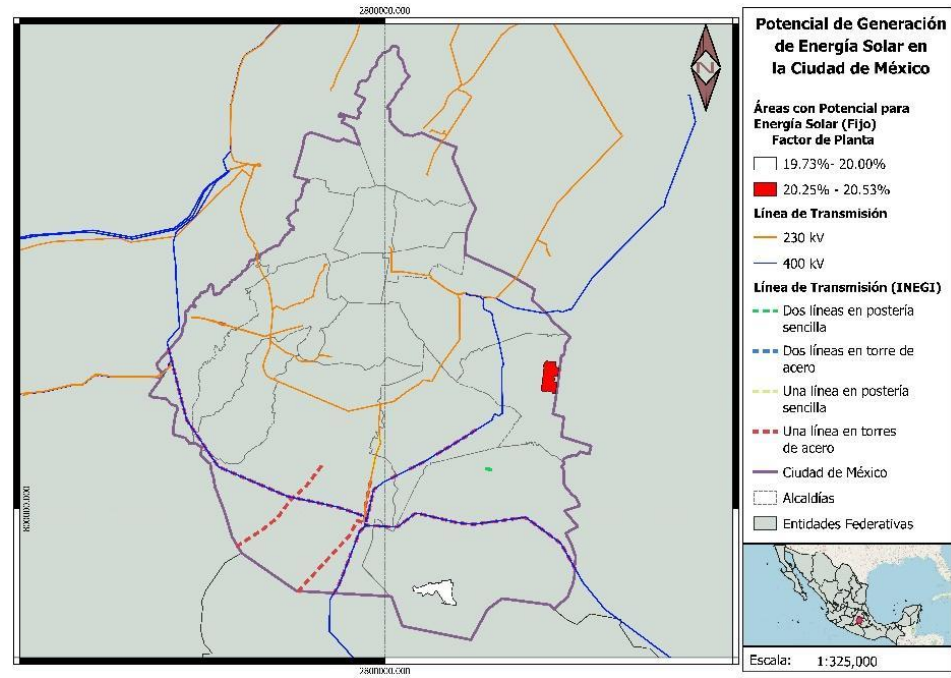


Figura 30. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL y OpenStreetMaps.

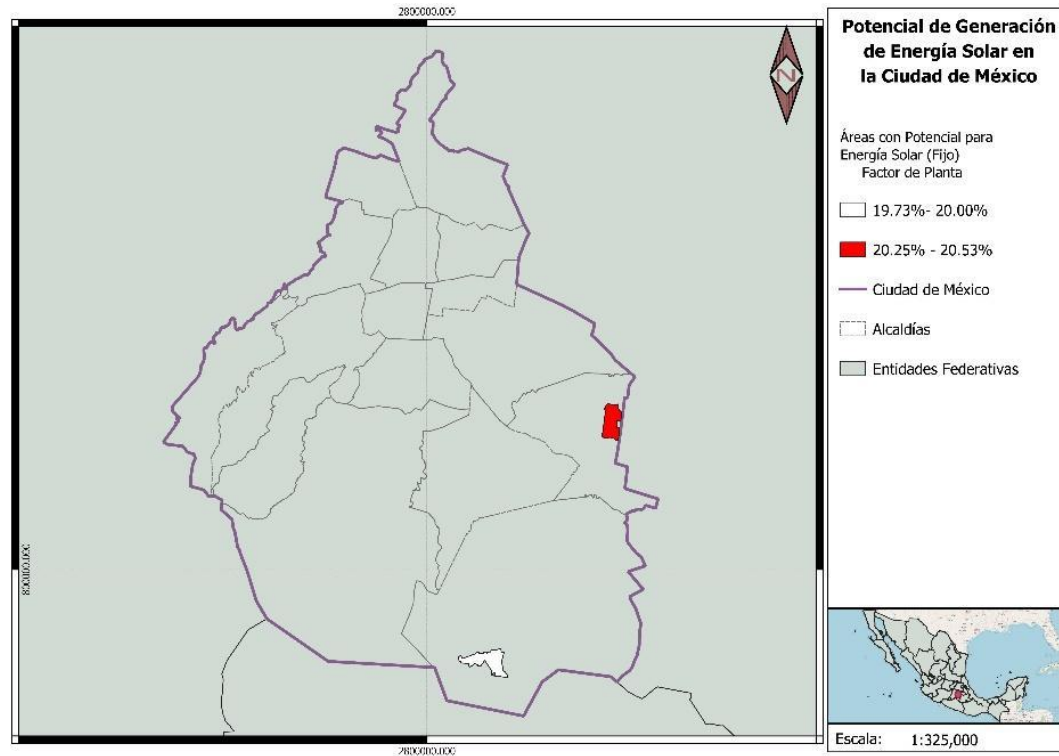


Figura 31. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL.

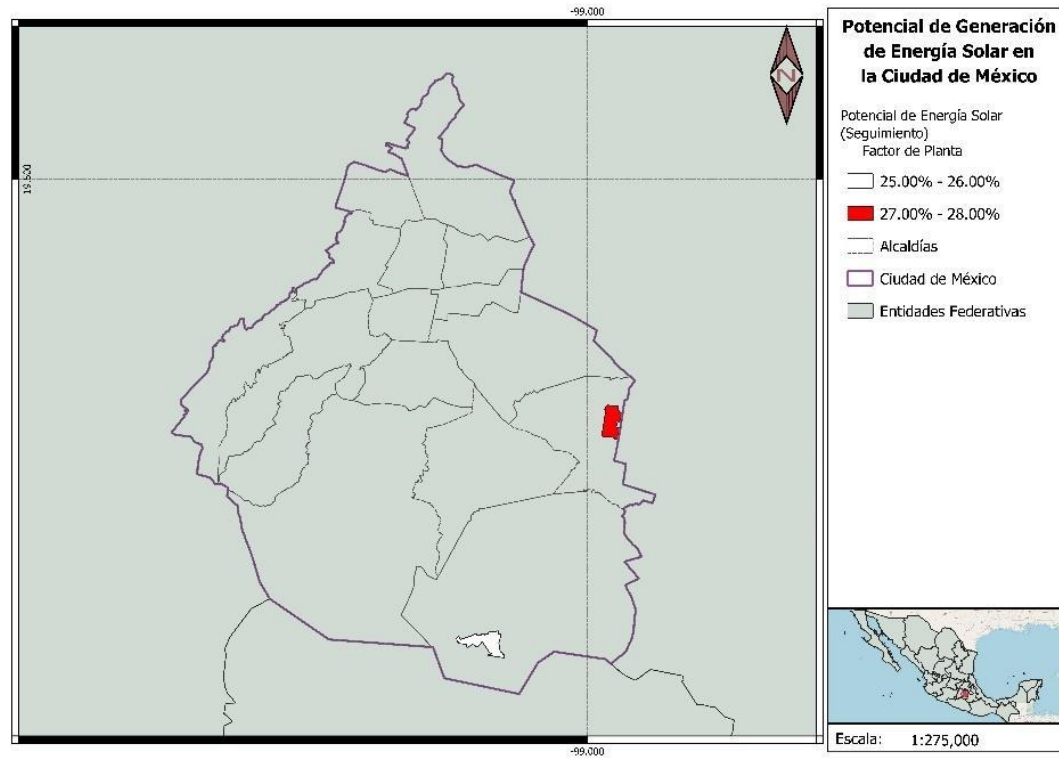


Figura 32. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL.

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 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 la Ciudad de México, entre principios del año 2017 y finales de 2019, pasando de 6,196 kW en el primer trimestre de 2017 hasta los 60,250 kW (60.25 MW) en el último trimestre de 2019. No obstante, existe todavía un amplio margen de crecimiento.

}

Una comparativa de la capacidad instalada de SFVGD per cápita en la Ciudad de México (13.8 W/persona¹⁸ respecto al valor de este mismo indicador a nivel nacional (16.1 W/persona) muestra que la Ciudad, a pesar de ser la cuarta entidad en cuanto a capacidad instalada (siendo Jalisco, Nuevo León y Chihuahua las primeras 3) se encuentra por debajo del promedio nacional.

¹⁸ Indicadores obtenidos mediante cálculos propios a partir de la información de la CRE e INEGI y presentada en sus respectivas secciones

Capacidad instalada en la Ciudad de México al cierre de trimestre (kW)

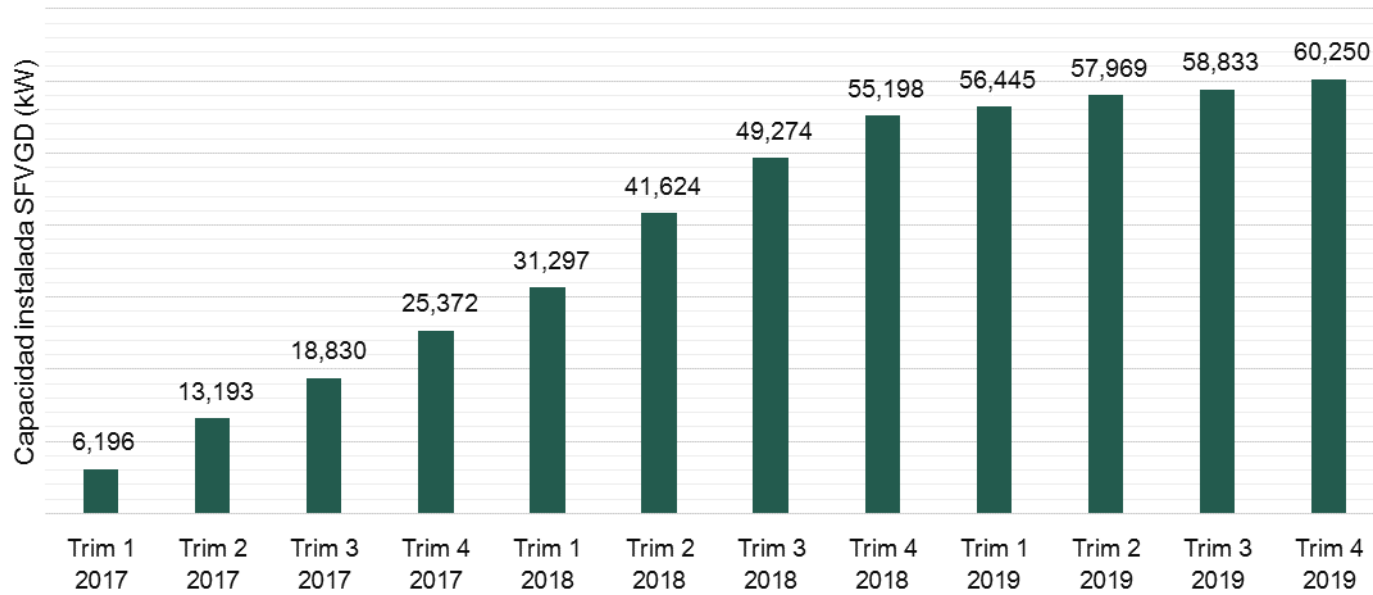


Figura 33. Evolución de la capacidad instalada de SFVGD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021)

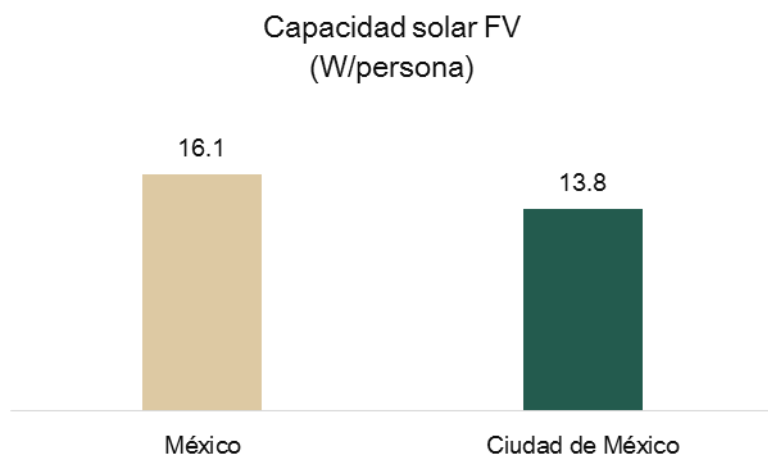


Figura 34. Comparativa de Capacidad SFVGD instalada per cápita. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021)

Potencial por atractivo económico

Con el fin de aumentar la penetración de la SFVGD en la Ciudad de México, 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 6) 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/kWh¹⁹. Este valor fue calculado a partir de información proporcionada en (GIZ, 2020).

Tabla 6. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021b) y (CFE, 2021).

Tarifa	MXN/kWh
1	1.004
9CU	NA
9N	NA
DAC	4.611
PDBT	3.247
GDBT	1.745
RABT	2.001
RAMT	0.803
APBT	3.565
APMT	2.152
GDMTH	1.5895
GDMTO	1.386
DIST	1.6805
DIT	1.5964

Tras esta comparativa, se consideró a los usuarios con tarifas DAC, PDBT, GDBT, RABT, APBT, APMT, GDMTH y DIST de la Ciudad de México como potenciales adquirentes de SFVGD. El número de usuarios en cada una de estas tarifas aparece representado en la Tabla 7. Se estiman, por tanto, un total de 495,260 usuarios potenciales para la implementación de estos sistemas con resultados económicos positivos.

¹⁹ La estimación de este LCOE fue a partir de (GIZ, 2020) considerando una vida útil de 20 años.

Tabla 7. Número de usuarios por tarifa. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2018).

Tarifa	Número de usuarios
DAC	85,325
PDBT	392,271
GDBT	10,286
RABT	1
APBT	311
APMT	46
GDMTH	7,368
DIST	10

Segmentando el número de usuarios por sector y efectuando un recuento de los SFVGD ya implementados se obtienen los datos mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado. Fuente: Elaboración propia

Sector	Usuarios existentes	Usuarios con SFVGD
Residencial	85,325	5,408
Comercial	402,557	810
Industrial	7,378	21

Si, atendiendo a los sistemas ya implementados, se considera una capacidad promedio de 6.79 kW/contrato para usuarios residenciales, 22.23 kW/contrato para usuarios comerciales y 187.92kW/contrato para usuarios industriales²⁰, se obtiene el potencial estimado de capacidad SFVGD instalable por sector reflejado en la Tabla 9.

Tabla 9. Potencial de generación distribuida por sector. Fuente: Elaboración propia.

Sector	Usuarios potenciales restantes	MW
Residencial	79,917	542.37
Comercial	401,747	8,932.77
Industrial	7,357	1,382.54

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. De igual forma, este análisis al basarse solamente en datos económicos no calcula ni internaliza los beneficios ambientales y/o sociales asociados y que bien pueden ser motivación suficiente.

²⁰ 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.

En síntesis, el estudio muestra un amplio margen de crecimiento en la implementación de SFVGD, especialmente en el sector comercial e industrial, dónde un porcentaje muy bajo de usuarios han optado por la generación fotovoltaica pese a su bajo costo en comparación con los precios de sus tarifas. Además, el diseño de políticas públicas podría incrementar el atractivo económico para los usuarios de otras tarifas y, sobre todo, dirigirse de tal forma que la generación distribuida coadyuve en la atención de la pobreza energética, la igualdad sustantiva y el desarrollo sustentable.

Generación Distribuida en Edificios no residenciales

El programa Ciudad Solar (<https://ciudad solar.cdmx.gob.mx>), actualmente ejecutado por la Secretaría de Desarrollo Económico de la Ciudad de México, ofrece a las MiPyMEs apoyo técnico y económico para instalar sistemas de aprovechamiento de energía solar con el fin de ahorrar en el consumo externo de gas o electricidad. Además, impulsa la implementación de sistemas fotovoltaicos en Edificios Públicos y proyectos a gran escala como el proyecto en la Central de Abasto.

Se realizó una estimación de la cantidad de edificios existentes, por alcaldía, considerando edificios no residenciales de tipo: *Centro*

comercial, Centro de Asistencia Médica, Escuela, Estación de Transporte Terrestre, Instalación de Servicios, Instalaciones Deportivas o Recreativas, Gubernamentales y Mercados (INEGI, 2019). Éstos, fueron seleccionados debido a que se consideró que ellos pueden implementar sistemas fotovoltaicos de generación distribuida en sus techos. Así, se tiene una aproximación con la información pública disponible de los techos de las MiPyMEs potenciales para el aprovechamiento solar.

Para tener un análisis más detallado de la factibilidad de implementación de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida en los edificios no residenciales, será necesario conocer el área disponible de cada uno, así como diversas circunstancias como la tenencia o el tipo de la propiedad, por mencionar algunas.

En el Anexo (desde la Figura 97 hasta la Figura 105) se presentan mapas con la distribución de cada uno de los edificios no residenciales tanto por tipo como por alcaldía; esto a manera informativa sobre la distribución de los edificios y su uso que son potenciales a la implementación de sistemas de generación distribuida fotovoltaica.

Tabla 10. Tipo de edificios de único uso²¹ en cada alcaldía de la Ciudad de México. Elaboración propia con información de: INEGI,2019

Alcaldía	Centro Comercial	Centro de Asistencia Médica	Escuela	Estación de Transporte Terrestre	Instalación de Servicios	Instalación Deportiva o Recreativa	Instalación Gubernamental	Mercado	Totales
Azcapotzalco	9	25	184	9	7	12	1	22	269
Coyoacán	11	17	260	7	4	19	2	24	344
Cuajimalpa de Morelos	9	14	67				1	5	96
Gustavo A. Madero	11	59	501	26	4	11	3	61	676

²¹ Es decir, edificios que no tienen un uso mixto del presentado en las categorías

Iztacalco	3	13	161	11	9	11	1	26	235
Iztapalapa	10	44	465	22	11	18	1	134	705
La Magdalena Contreras	6	10	81			7	1	5	110
Milpa Alta		15	71			12	1	10	109
Álvaro Obregón	20	28	218	3	3	5	1	19	297
Tláhuac	2	15	97	5	1	5	2	18	145
Tlalpan	13	39	232		3	11	1	29	328
Xochimilco	3	11	116		3	7	1	11	152
Benito Juárez	14	21	148	20	4	1	1	16	225
Cuauhtémoc	11	55	239	56		2	2	39	404
Miguel Hidalgo	19	26	202	17	10	12	1	18	305
Venustiano Carranza	1	25	215	40	7	15	1	37	341
Totales	142	417	3257	216	66	148	21	474	4,741

Potencial de interconexión

Para que un sistema de generación distribuida pueda operar, éste debe interconectarse a la red eléctrica de distribución de tal forma que los excedentes de energía eléctrica puedan ser entregados al suministrador de servicio eléctrico. Así, cualquier sistema de generación distribuida debe contar con un contrato de interconexión con CFE Distribución y un contrato de contraprestación con CFE Suministro Básico, CFE Suministro Calificado o el suministrador de servicios calificados particular correspondiente.

Aún con lo anterior, existe un límite físico de capacidad (o potencia) que puede ser integrada como generación distribuida a las redes de distribución existentes. Este límite se debe a que esas redes de distribución fueron diseñadas para llevar energía desde las

subestaciones eléctricas de distribución hasta los usuarios, no al revés. Sin embargo, la energía que ahora pueden generar los usuarios con sistemas de generación distribuida puede fluir desde sus centros de carga hasta los de otros usuarios conectados al mismo circuito de distribución.

Es por lo anterior, que la CFE Distribución tiene a disposición del público una página²² de consulta para revisar si existe disponibilidad de interconexión en el circuito de distribución que alimenta al usuario interesado en instalar generación distribuida (CFE Distribución, 2018). La disponibilidad de los circuitos de distribución que alimentan a la Ciudad de México es entonces otro

²²

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/GeneracionDistribuida/GeneracionDistribuida>

factor que considerar en la estimación del potencial de generación distribuida de la Ciudad.

La página de CFE Distribución (CFE Distribución, 2018) es la única fuente de información sobre la capacidad de los circuitos. Sin embargo, esta página, sólo entrega la información referente a los circuitos que se encuentran dentro de un radio de aproximadamente 100 metros a un punto seleccionado (idealmente el hogar o negocio del usuario), como se puede apreciar en la Figura 35, donde los circuitos de distribución se trazan en azul.

Al dar clic en el punto más cercano a la ubicación deseada, el usuario podrá ver la capacidad de integración de generación distribuida de ese circuito, como se observa en la Figura 36. En muchos casos, al seleccionar lo que aparentemente son circuitos diferentes, se obtendrá la misma información, como se observa en la Figura 37 y la Figura 38. Esto se debe a que, en realidad, se trata del mismo circuito de distribución, solo que el círculo de 100 m de diámetro no abarca toda el área hasta donde las líneas azules se unen.

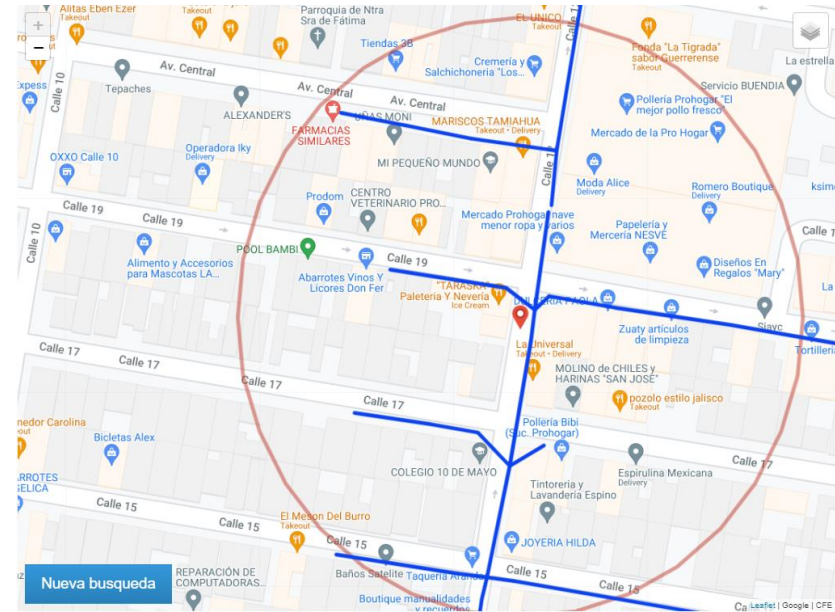


Figura 35. Circuitos de distribución cercanos a un punto seleccionado en el mapa. Tomado de (CFE Distribución, 2018)



Figura 36. Capacidad de integración del circuito de distribución mostrado en la Figura 35. Tomado de (CFE Distribución, 2018)

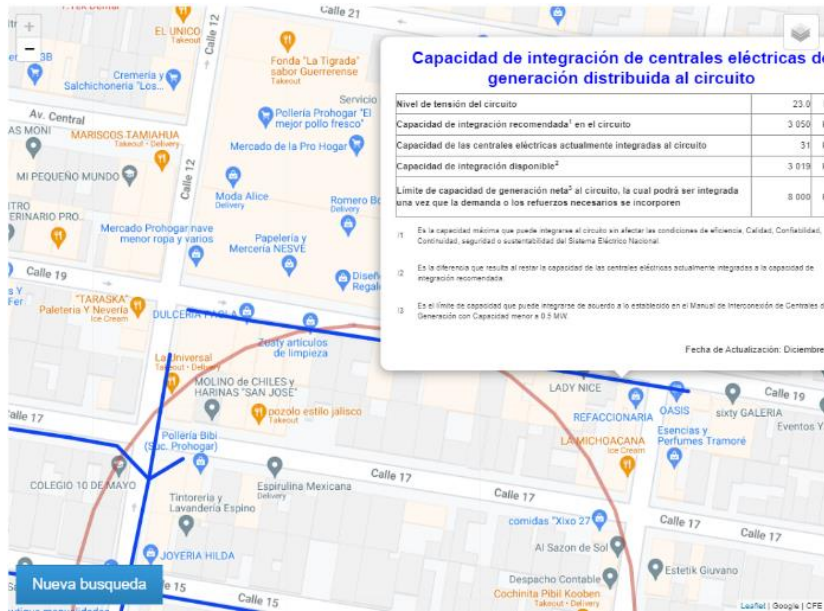


Figura 37. Capacidad de integración del circuito trazado sobre la Calle 19 (casi horizontal) y que aparenta ser diferente al circuito de la Calle 12 (casi vertical). Tomado de (CFE Distribución, 2018)

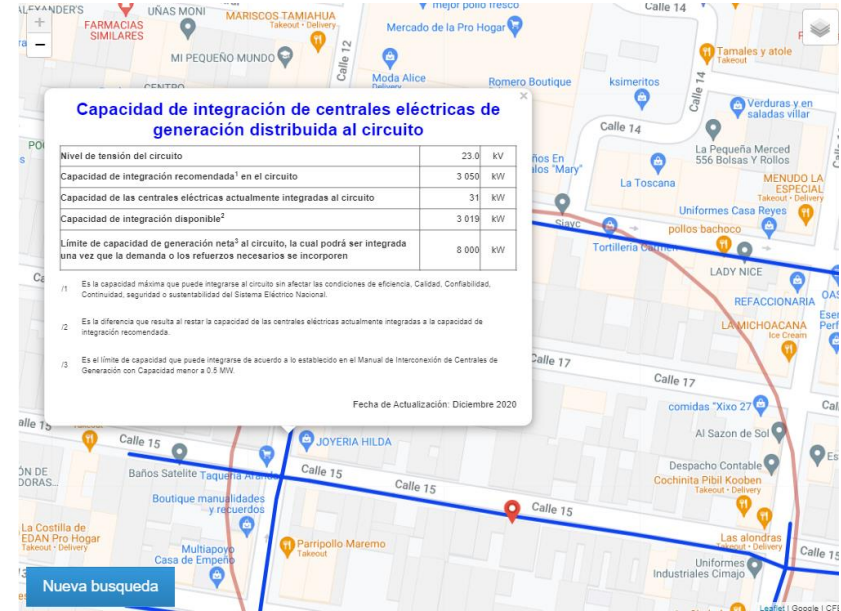


Figura 38. Capacidad de integración del circuito de la Calle 12 (Casi vertical) que aparenta ser distinto al de la Calle 19 (casi horizontal). Sin embargo, los datos son idénticos, mostrando que se trata del mismo circuito. Tomado de (CFE Distribución, 2018)

Dadas las limitaciones de la fuente de información y la extensión de la Ciudad, para estimar el potencial de interconexión, se muestreó una colonia al norte de la Ciudad, seleccionando sistemáticamente distintos puntos a lo largo de todas las calles de dicha colonia, trazando en un mapa las porciones mostradas y finalmente, uniendo aquellas líneas que mostraban la misma información y que por lo tanto correspondían al mismo circuito. Así, se obtuvo el mapa mostrado en la Figura 39.

Como se puede ver en dicho mapa, a esta colonia en particular llegan 3 circuitos de distribución distintos, cuyas capacidades de interconexión se recopilan en la Tabla 11.

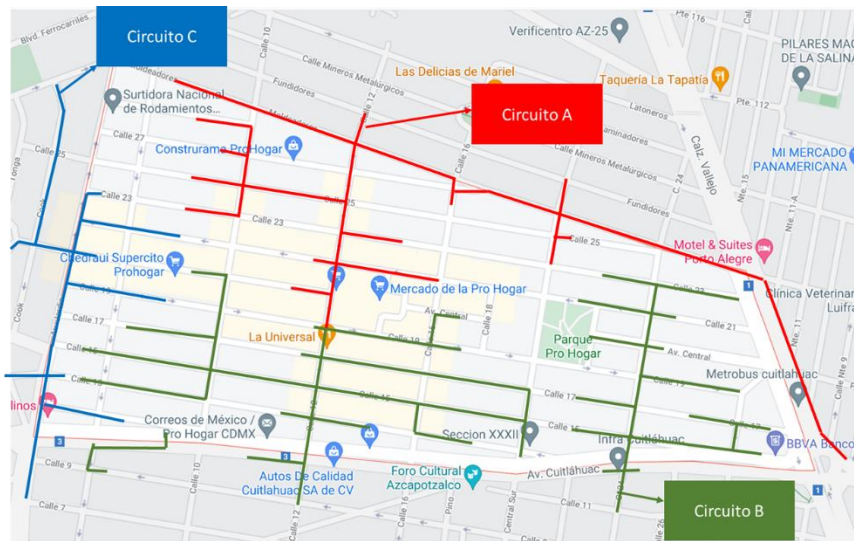


Figura 39. Circuitos de distribución que alimentan a la colonia muestreada. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE Distribución, 2018)

Tabla 11. Capacidad de integración de los circuitos (Cto.) de la colonia muestreada. Fuente: Elaboración propia con información de (CFE Distribución, 2018)

	Cto. A	Cto. B	Cto. C
Capacidad de integración recomendada	2,750	3,050	2,300
Capacidad actualmente integrada	56	31	32
Capacidad de integración disponible	2,694	3,019	2,268
Límite con refuerzos	8,000	8,000	8,000

Podría suponerse que la capacidad de interconexión de la colonia muestreada es la suma de las capacidades de integración disponible de los 3 circuitos que la alimentan. Sin embargo, esto sería un error puesto que los circuitos de distribución no alimentan solo a esa colonia sino a otras cuantas en todo su recorrido que parte de la subestación de distribución de la zona.

Con base en lo anterior, se tomó el circuito de distribución A y se mapeó por completo, observando que la subestación eléctrica de la que parte es la Subestación Kilómetro Cero, a aproximadamente 2.7 km en línea recta de la colonia muestreada. Su recorrido total, de aproximadamente 12 km lineales, se muestra en la Figura 40. Como se puede apreciar, este circuito alimenta principalmente a la colonia muestreada pero también a otras 2 y otras tantas calles en su recorrido. Además, en este caso particular no solo alimenta colonias residenciales si no que al final de su trayecto alimenta a una porción de la zona industrial de Vallejo.



Figura 40. Recorrido total de un circuito de alimentación primario

También es importante mencionar que se encontró que los otros 2 circuitos de distribución que alimentan a la colonia muestreada Tabla 12.

“salen” de la misma subestación y que también alimentan a diversas colonias aledañas.

En conclusión, la capacidad de integración total de estos circuitos, equivalente a 7,981 kW, no es única de la colonia muestreada, sino a aproximadamente una decena de colonias al norponiente de la Ciudad.

Para conocer el total de la capacidad de interconexión de generación distribuida disponible en la Ciudad de México, es necesario conocer la cantidad de subestaciones de distribución, sus circuitos de alimentación primaria y sus capacidades, las cuales ya han sido estudiadas y mapeadas por CFE Distribución en su página web disponible en: (CFE Distribución, 2018).

Para finalizar, cabe mencionar que, si bien la capacidad de interconexión disponible en la Ciudad no se ha estimado, sí es posible afirmar que actualmente es suficiente para permitir un gran crecimiento de la generación distribuida puesto que, en el caso de los 3 circuitos muestreados, la capacidad disponible es aún muy grande en comparación con la capacidad total; la capacidad ya utilizada de estos circuitos no supera siquiera el 3%, como se detalla en la

Tabla 12. Porcentaje de la capacidad de integración de los circuitos de distribución muestreados que aún queda disponible. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE Distribución, 2018)

	Circuito A	Circuito B	Circuito C
Capacidad de integración	2,750 kW	3,050 kW	2,300 kW
Capacidad disponible	2,694 kW	3,019 kW	2,268 kW
Porcentaje disponible	97.96%	98.98%	98.6%

Aprovechamiento térmico

La radiación solar también puede ser aprovechada para la producción de agua caliente sanitaria en hogares, residencias, hoteles, polideportivos y hospitales, entre otros, mediante el uso de calentadores solares.

Esta tecnología ha tenido una especial aceptación y penetración en el sector residencial, donde se ha pasado según el INEGI de un 2.2% de los hogares con calentadores solares en 2015 a 5.1% en 2018 como se muestra en la Figura 41. Sin embargo, teniendo en consideración el recurso solar presente en la Ciudad de México,

existe todavía un amplio margen de crecimiento. Según la Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018 los calentadores solares instalados a partir de 2018 ahorrarán el equivalente a entre 16.5 y 18.5 kg de gas L.P. por hogar y por mes.

Como se muestra en la Figura 42, el 16.4% de los hogares de Ciudad de México no cuenta con un sistema para el calentamiento de agua, por lo que esta tecnología podría ayudar también a proporcionar agua caliente sanitaria a un mayor número de hogares sin un gasto recurrente en abastecimiento de gas L.P o Gas Natural.

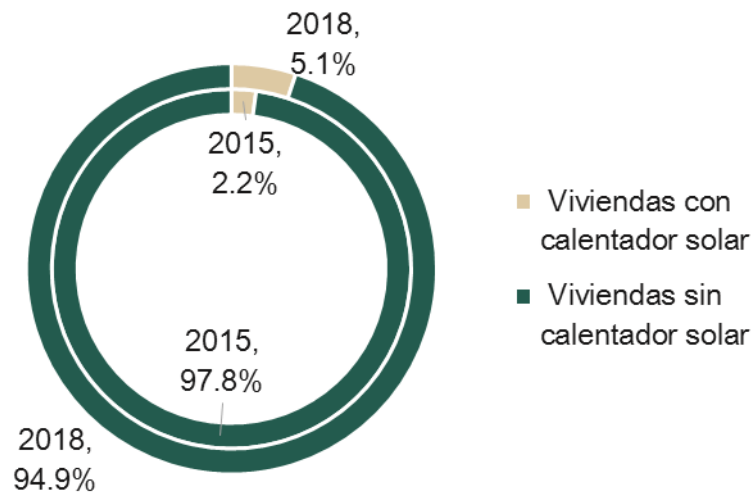


Figura 41. Evolución del uso de calentadores solares de agua en el sector residencial de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2018)

Esto es, el potencial de la Ciudad 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. De igual forma, para el caso del sector comercial, las actividades económicas que consumen de agua caliente son objeto de potencial.

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

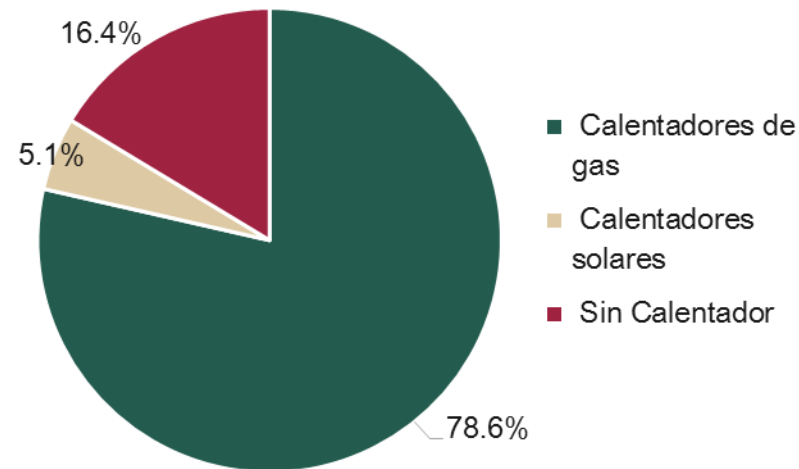


Figura 42. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2018)

Unidades económicas con alto consumo de energía térmica

Considerando como base el programa Ciudad Solar, las actividades con mayor uso intensivo de energía térmica en el sector comercio y servicios son las siguientes:

Tabla 13. Unidades económicas con alto consumo de energía térmica.

Nombre de Actividad en Unidad Económica
Baños públicos
Cabañas, villas y similares
Campamentos y albergues recreativos
Departamentos y casas amueblados con servicios de hotelería
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal
Hoteles con otros servicios integrados
Hoteles sin otros servicios integrados
Lavanderías y tintorerías
Moteles
Parques acuáticos y balnearios del sector privado
Parques acuáticos y balnearios del sector público
Parques de diversiones y temáticos del sector privado
Parques de diversiones y temáticos del sector público
Pensiones y casas de huéspedes
Salones y clínicas de belleza y peluquerías
Sanitarios públicos y bolerías

De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), en su edición de 2021, en la Ciudad de México se tiene registro de 35,695 unidades económicas con alto consumo de energía térmica en sus procesos o servicios (Tabla 13). Lo anterior, representa un área de oportunidad para la implementación de sistemas de aprovechamiento térmico de la radiación solar, disminuyendo el uso de combustibles fósiles que ordinariamente son utilizados en estas actividades económicas.

A continuación, se presenta una tabla resumen con el número de unidades en cada alcaldía de la entidad (Tabla 14). Los mapas complementarios se encuentran para su consulta en el Anexo, desde la Figura 106 hasta la Figura 120. Siendo que la alcaldía de Iztapalapa tiene el mayor número de unidades económicas usuarias de altas cantidades de energía térmica, Sin embargo, la alcaldía de Cuauhtémoc cuenta con la mayor cantidad de unidades con servicio de hospedaje.

Se recomienda llevar a cabo un análisis más detallado de las unidades económicas para determinar la posibilidad de implementación de sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica bajo el esquema de Ciudad Solar.

	Baños públicos	Cabañas, villas y similares	Campamentos y albergues recreativos	Departamentos y casas amueblados con servicios de hotelería	Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	Hoteles con servicios integrados	Hoteles sin otros servicios integrados	Lavanderías y tintorerías
<i>Álvaro Obregón</i>	1	1		1	430	22	2	343
<i>Azcapotzalco</i>	1				276	7	6	299
<i>Benito Juárez</i>	6	1	1	5	162	44	17	518
<i>Coyoacán</i>	4		2	3	359	17	6	553
<i>Cuajimalpa de Morelos</i>	1				127	11	1	106
<i>Cuauhtémoc</i>	22	22	2	10	310	186	193	440
<i>Gustavo A. Madero</i>	11	2			842	19	24	752
<i>Iztacalco</i>	4				279	12	5	350
<i>Iztapalapa</i>	20			1	1445	14	10	1121
<i>Milpa Alta</i>			1	8	135	3		104
<i>Miguel Hidalgo</i>	4	3			168	53	35	282
<i>Milpa Alta</i>	3	3			142			61
<i>Tláhuac</i>	4				358	2		231
<i>Tlalpan</i>	2				541	19	2	538
<i>Venustiano Carranza</i>	4				334	12	25	350
<i>Xochimilco</i>	3				400	4	4	255
	Parques acuáticos y balnearios del sector privado	Parques acuáticos y balnearios del sector público	Parques de diversiones y temáticos del sector privado	Parques de diversiones y temáticos del sector público	Pensiones y casas de huéspedes	Salones y clínicas de belleza y peluquerías	Sanitarios públicos y boilerías	
<i>Álvaro Obregón</i>		2	4	4	2	1299	41	

<i>Azcapotzalco</i>			2	4	1	860	31
<i>Benito Juárez</i>			3		2	1277	32
<i>Coyoacán</i>		2	1	5	1	1476	47
<i>Cuajimalpa de Morelos</i>					2	376	10
<i>Cuauhtémoc</i>			2	1	57	1551	384
<i>Gustavo A. Madero</i>	2			5	2	2631	155
<i>Iztacalco</i>	1	1		4		799	39
<i>Iztapalapa</i>	4	1	1	14	3	4148	343
<i>Milpa Alta</i>				1		440	16
<i>Miguel Hidalgo</i>			2	1	5	921	63
<i>Milpa Alta</i>	1				3	305	23
<i>Tláhuac</i>	1	2	1	3		894	43
<i>Tlalpan</i>	1	1	7	6	5	1491	51
<i>Venustiano Carranza</i>		2		8	3	1000	171
<i>Xochimilco</i>	1	1	2	2	3	888	88

Tabla 14. Número de Unidades Económicas con alto consumo de energía térmica en las alcaldías de la Ciudad de México. Elaboración propia con información de DENU, 021.

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. Por una parte, depende de la circulación global de las masas de aire; por otra, es influenciado por las perturbaciones atmosféricas y la meteorología y además, es influenciado por la orografía y las circulaciones térmicamente inducidas, y 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 en W/m^2 a 120 metros de altura. Como se puede apreciar, según Global Wind Atlas la zona sur del territorio concentra un mayor potencial que el resto del territorio.

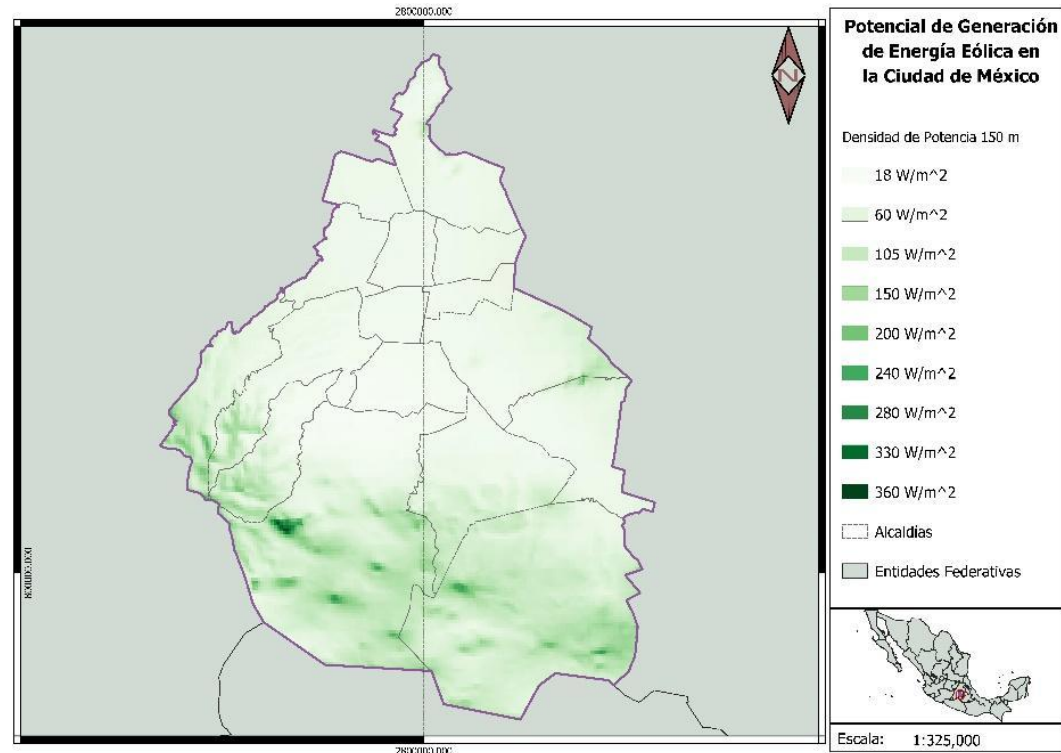


Figura 43. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 150 metros de altura. Fuente: Elaboración propia con información de Energy Data, 2021.

Asimismo, la Figura 44, por su parte, muestra un mapa de velocidades promedio anuales en m/s a 150 metros de altura. Según esta información, extraída igualmente de Global Wind Atlas, existen puntos en la zona sur y suroeste del territorio cuyas velocidades

promedio anuales del viento alcanzan entre 4.5 m/s y 5.5 m/s. Como se verá más adelante, de acuerdo con las distribuciones de Weibull, las características del recurso no son las suficientes para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica.

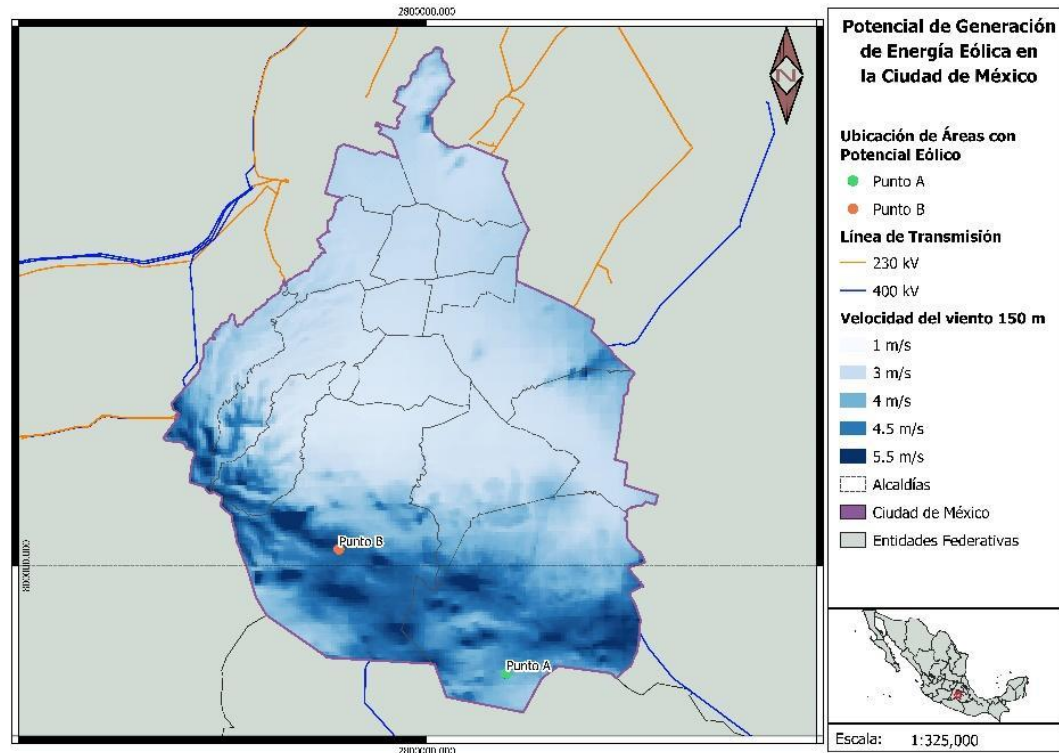


Figura 44. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura. Fuente: Elaboración propia con información de Energy Data (2021)

Por otra parte, el INEL muestra una distribución geográfica de velocidades promedio del viento que difiere notablemente. Como se puede observar en la Figura 45, el INEL en su mapa de velocidades promedio a 120 metros de altura refleja unas velocidades de hasta

6.5 m/s en la región norte y entre 4.0 y 5.5 m/s en las zonas más sureñas. La figura también muestra la ubicación de las principales líneas de transmisión, lo cual es muy importante para la interconexión de hipotéticos parques eólicos.

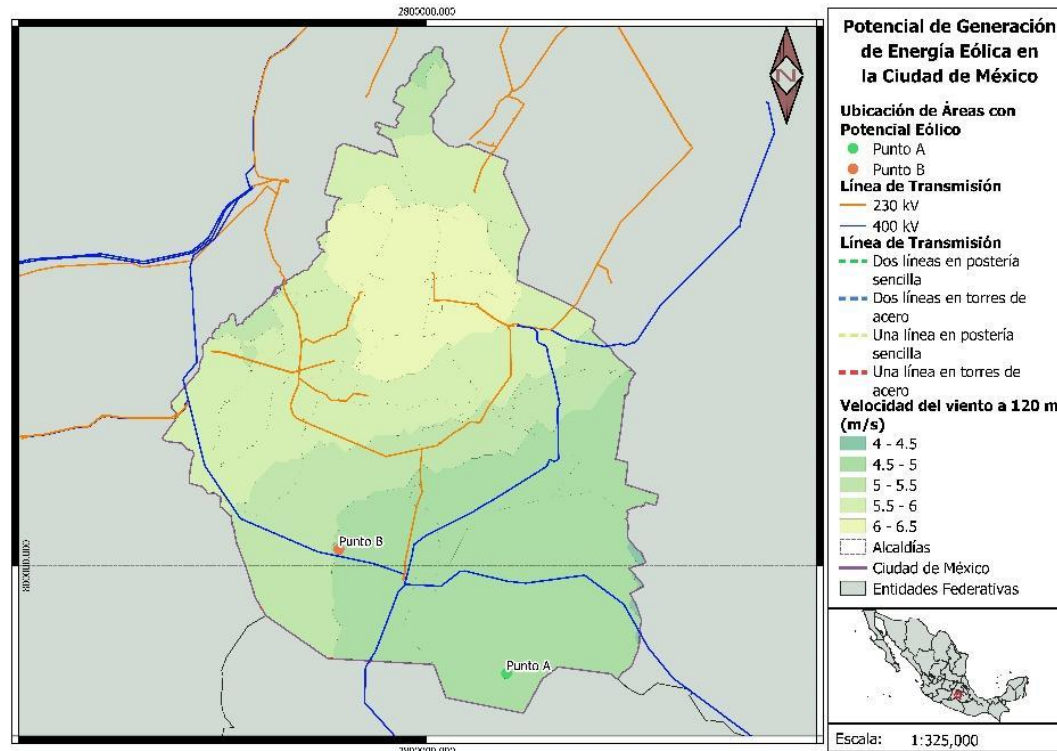


Figura 45. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura. Fuente: Elaboración propia con información de: INEL (2015), INEGI (2019) y OSM (2021).

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 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 bajo valor de

k refleja vientos muy variables y un elevado valor 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.

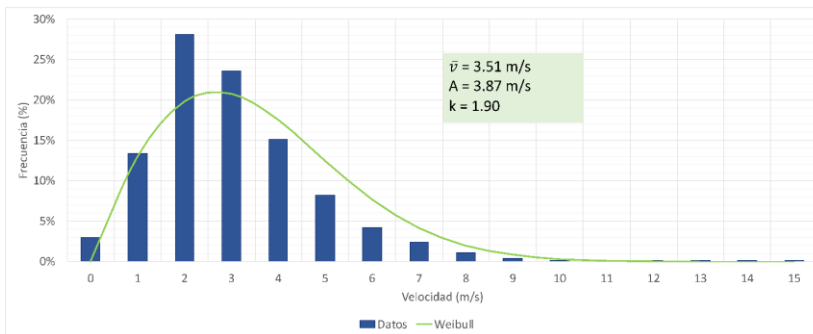


Figura 46. Distribución en frecuencia de velocidades en la ubicación A. Fuente: elaboración propia.

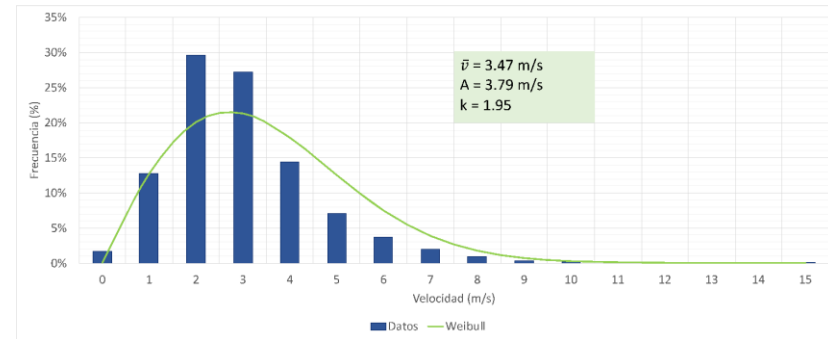


Figura 47. Distribución en frecuencia de velocidades en la ubicación B. Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreadas.

Ubicación	Velocidad promedio	k	A (m/s)
A	3.52	1.90	3.87
B	3.47	1.95	3.79

En la Tabla 15 se puede observar cómo tanto en el punto A como en el punto B el viento presenta, según las estimaciones, velocidades promedio bajas de aproximadamente 3.5 m/s y una estabilidad moderada con factores de forma inferiores a 2.

No obstante, como se mencionaba al inicio de la sección, es necesaria la medición en campo para corroborar las estimaciones y analizar la disponibilidad del terreno, entre otros pasos previos a la toma de decisiones. Por esta razón también se presenta la Figura 48 donde se puede visualizar el uso de suelo de las distintas zonas del

territorio y la ubicación de las líneas de transmisión principales. Como se puede apreciar, las zonas que pudieran llegar a ser susceptibles de albergar parques eólicos por posible disponibilidad de suelo y proximidad a las líneas de transmisión se concentran en la región sur.

En definitiva, las fuentes de información reflejan un recurso eólico moderado en la Ciudad de México y una limitada disponibilidad de territorio para la implementación de proyectos de gran escala. Esto dadas las condiciones que se consideran necesarias de acuerdo con el escenario 3 del AZEL. No obstante, a través de medición en campo en puntos específicos de la zona sur del territorio se podría llegar a hallar alguna ubicación más prometedora

Además 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). Por esto, a continuación, se presenta la Figura 48 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.

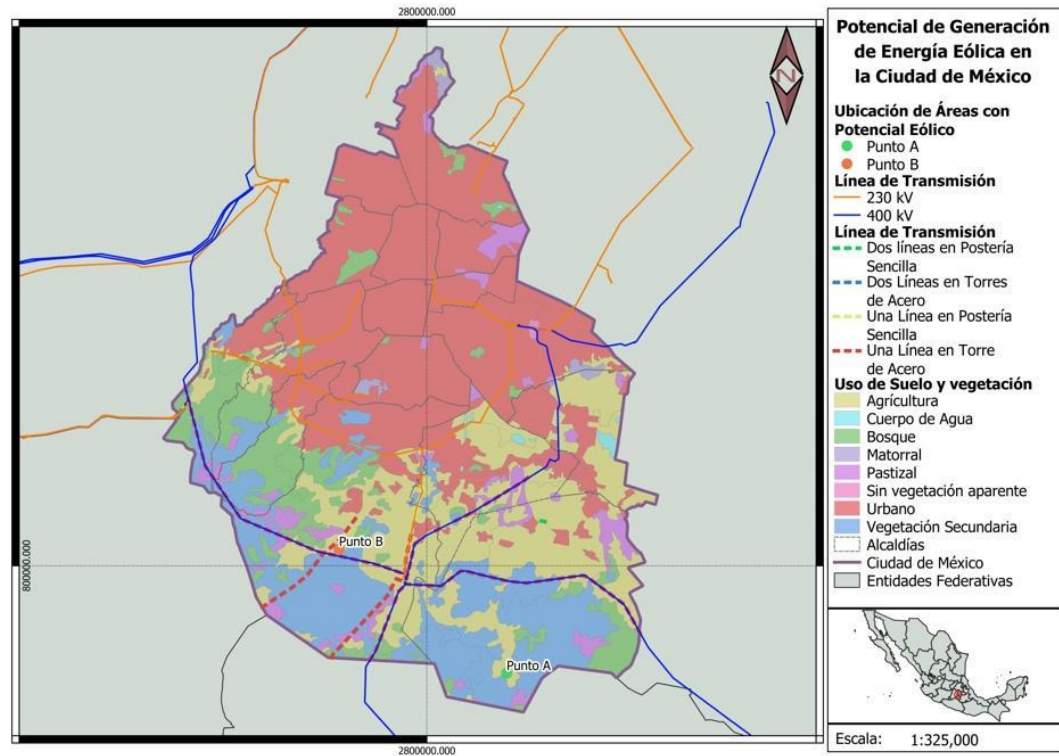


Figura 48. Uso de suelo y líneas de transmisión de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2019)

Recurso geotérmico

La energía geotérmica es aquella que se extrae del calor del subsuelo de la Tierra. El vapor y/o el agua permiten transportar este calor a la superficie terrestre. En función de sus características, la energía geotérmica se puede emplear con fines de climatización, refrigeración o climatización o se puede aprovechar para la generación de electricidad. No obstante, para la generación de electricidad se requieren recursos geotérmicos de media o alta temperatura, los cuales suelen estar ubicados cerca de regiones tectónicamente activas.

Entre las principales ventajas de esta tecnología están su independencia de las condiciones climatológicas y los altos Factores de Planta (FP) que puede alcanzar. Por este motivo, se puede emplear como carga base para el suministro de electricidad e incluso brindar algunos servicios conexos.

Existe gran variedad de tecnologías para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos con distintos niveles de madurez. Las tecnologías para usos térmicos de calefacción distrital, bombas de calor y usos afines son ampliamente utilizadas y han alcanzado un alto grado de madurez. La tecnología para la generación de electricidad a partir de reservorios hidrotermales con alta permeabilidad también se considera madura y confiable. Gran parte de las plantas de generación eléctrica a partir de recursos geotérmicos actualmente en operación son centrales de vapor seco²³

²³ En las centrales de vapor seco, el pozo geotérmico produce vapor seco (o casi seco), que puede ser alimentado directamente a un ciclo de generación eléctrica. El vapor del pozo se alimenta al secador de vapor o al separador, donde se eliminan las gotas de agua que pudieran estar presentes. Luego, el vapor se alimenta a una turbina, que impulsa un generador eléctrico y finalmente se descarga en el condensador. El condensado, es en su mayoría agua pura, se vuelve a inyectar al

o plantas flash²⁴ (simple, doble o triple) que aprovechan temperaturas superiores a los 180 °C. Sin embargo, los recursos de media temperatura son cada vez más aprovechados mediante unidades binarias²⁵. Además, se están desarrollando nuevas tecnologías como los sistemas de aprovechamiento mejorado de energía geotérmica (EGS por sus siglas en inglés), que se encuentran en etapa de demostración (IRENA, 2020).

Se estima que la Ciudad de México dispone de un potencial geotérmico considerable para su aprovechamiento. En la Figura 49 se puede visualizar un mapa que muestra la temperatura probable del subsuelo en las distintas zonas del territorio estatal. Como se puede apreciar, el mayor potencial, con temperaturas de entre 180 y 190 °C, se encuentra en la región noroeste de la entidad; aunque cabe señalarse que la diferencia respecto a la región con menor temperatura (161 °C a 170 °C) es mínima, no superando el 5% en comparación.

Como se mencionó anteriormente, se trata de temperaturas lo suficientemente altas como para ser aprovechadas en sistemas de

depósito geotérmico o se utiliza localmente como fuente de agua (Michaelides, 2012).

²⁴ El fluido geotérmico del pozo, que puede ser líquido o una mezcla de dos fases (vapor saturado y agua líquida), ingresa a una cámara de evaporación, donde su presión se reduce significativamente. El proceso de flasheo se lleva a cabo con entalpía constante y, como resultado, se produce una cantidad significativa de vapor de agua. El vapor se separa de las gotitas en el secador de vapor y luego se alimenta a la turbina donde se expande a la presión del condensador, produciendo así energía. El condensado y el efluente de la cámara de evaporación súbita se desechan o se vuelven a inyectar en el depósito (Michaelides, 2012).

²⁵ En las unidades binarias se emplea un intercambiador de calor para la transferencia de la energía térmica del fluido geotérmico a un fluido secundario o de trabajo, que se evapora y sufre expansión en una turbina y se condensa posteriormente (Michaelides, 2012).

vapor seco y flash, entre otros. Asimismo, en el resto del territorio se estiman temperaturas probables del subsuelo de entre 160 °C y 180 °C. Pese a tratarse de temperaturas inferiores, tras las fases de exploración y análisis de viabilidad tecno-económica requeridos, también podrían llegar encontrarse ubicaciones potenciales para la implementación centrales con unidades binarias, por ejemplo.

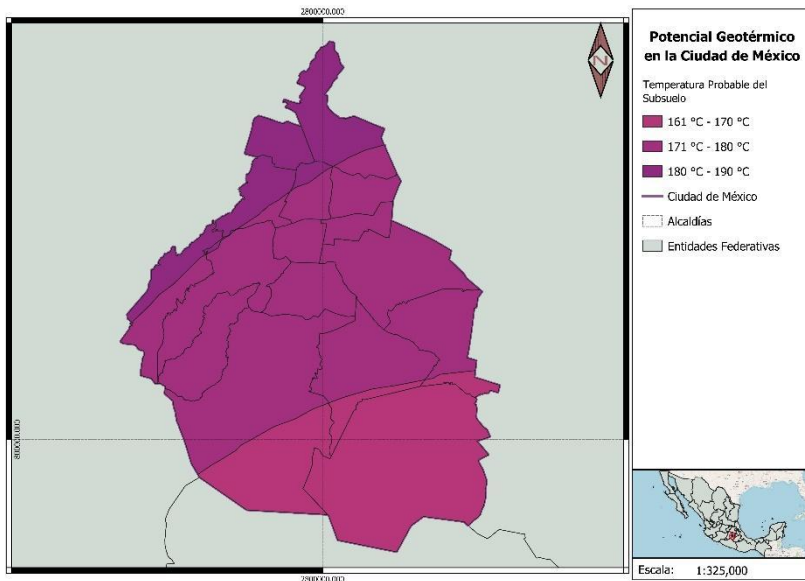


Figura 49. Temperatura probable del subsuelo. Fuente: INEL.

El aprovechamiento de este recurso en la entidad se ve limitado por el ordenamiento territorial dedicado a la mancha urbana, además de limitaciones en cuanto a la calidad del recurso para aprovecharse en

la generación eléctrica. Sin embargo, es posible dirigir el enfoque de este recurso energético para aplicaciones como bombas de calor geotérmicas, las cuales transfieren calor de un lugar frío a uno caliente, de manera opuesta a la dirección natural de flujo de calor, y pueden invertir su funcionamiento para proveer enfriamiento en verano (CRE, 2011).

Asimismo, existen proyectos sobre: calefacción de oficinas, invernaderos para apoyar las labores de reforestación, secado de frutas y verduras, germinado de bulbos, producción acelerada de flores, criadero de hongos comestibles y secado de madera (INEEL, 2008) que pueden ser utilizados en la industria, comercio y sector público en la Ciudad de México.

Recurso bioenergético

Este apartado considera únicamente la biomasa que se agrupa en 5 grandes conjuntos: Tala sustentable, residuos agrícolas y forestales, residuos industriales, residuos urbanos y residuos pecuarios.

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.

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 (INFIYS), 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 tipo de biomasa.

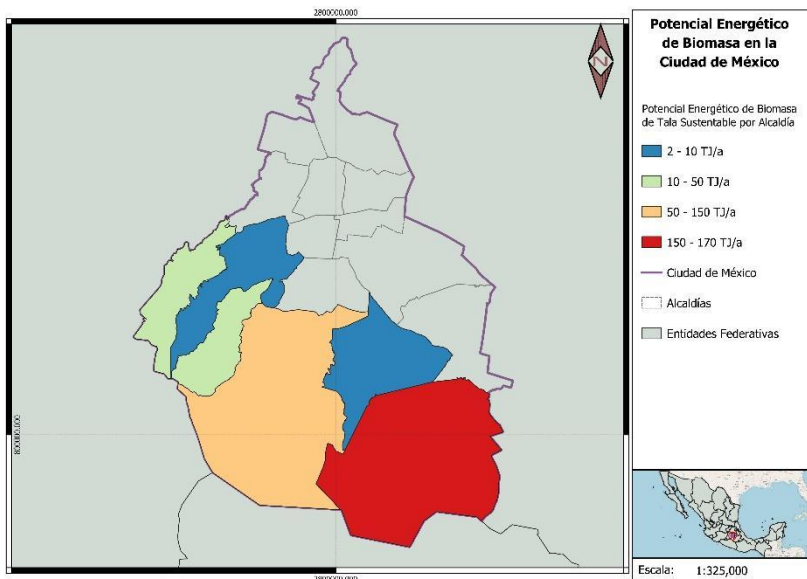


Figura 50. Potencial energético de biomasa proveniente de tala sustentable. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018).

La alcaldía de Milpa Alta (161 TJ/a) tiene el potencial más alto para aprovechar sosteniblemente la biomasa proveniente de la tala del recurso forestal. En este caso, existe información para 6 de las 16 en el estado. Dentro de las alcaldías analizadas, es considerable el potencial de Tlalpan, que cuenta con el segundo potencial más alto (106 TJ/a).

Residuos Agrícolas y Forestales

La actividad agrícola genera una cantidad considerable de residuos durante la cosecha de cultivos. El escenario de la Figura 51, estima la biomasa de los 41 cultivos que representaron el 99% de la producción total en 2012. Así mismo, se consideran los residuos de los centros de transformación y almacenamiento de recurso maderero que tienen permiso vigente.

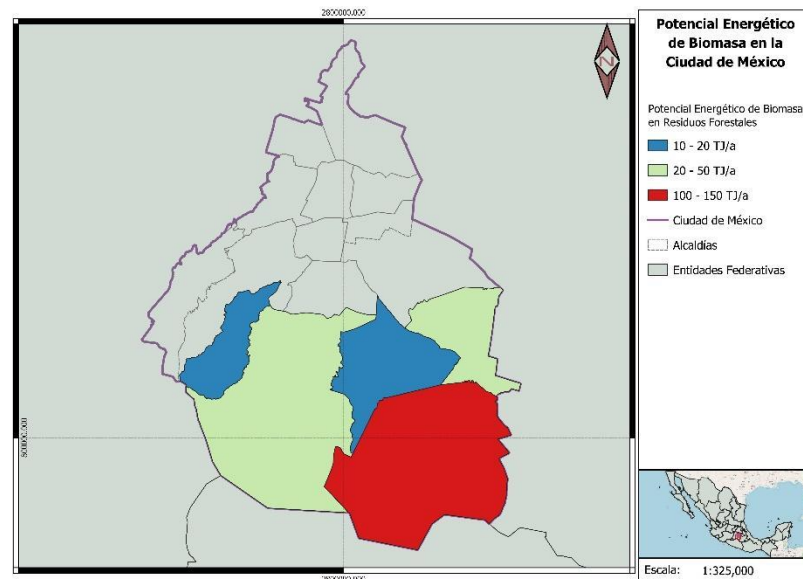


Figura 51. Potencial energético de residuos forestales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018).

La actividad agrícola más importante en la Ciudad de México existe en la alcaldía de Milpa Alta, por lo que ésta tiene también el mayor potencial para aprovechar los residuos agrícolas y forestales en la entidad (137 TJ/a). La siguiente alcaldía con mayor producción de estos residuos es Tlalpan, con un potencial de casi 4 veces menor (32.32 TJ/a).

Residuos Sólidos Urbanos

En este grupo se incluye a la biomasa de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos que sean potenciales en cuanto al contenido de materia orgánica y los influentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

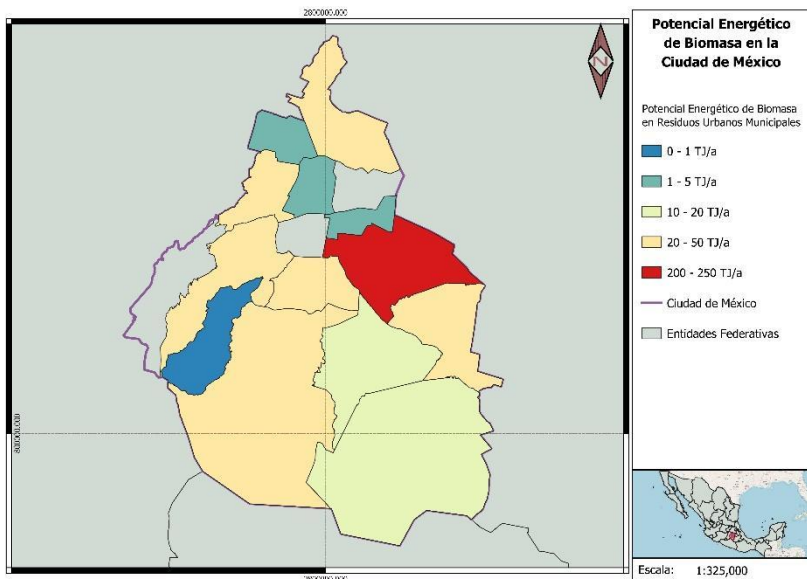


Figura 52. Potencial energético de residuos urbanos municipales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018).

De las 13 alcaldías evaluadas, es Iztapalapa la que tiene el mayor potencial de aprovechamiento de residuos urbanos (221.40Tj/a), un valor aproximadamente 5 veces más alto que el de la alcaldía de Gustavo A. Madero, el siguiente en cuanto a potencial energético (42.16 Tj/a).

Por otra parte, la biomasa de residuos provenientes de actividades industriales tiene un potencial energético de 6,870 Tj al año

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 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. Estos pueden ser tomados como experiencias previas en el desarrollo de proyectos dentro de la zona metropolitana del Valle de México para el aprovechamiento de rellenos sanitarios 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 de 2.3 MW y generación anual cercana a los 10 GWh/año. Con ello se ha logrado un ahorro de 64% en el consumo total de energía de la planta, más la disminución del consumo de diésel de aproximadamente 156 l/h. La implementación de este sistema permitió la obtención de CELs para la planta, además de la consecuente reducción de gases de efecto invernadero por el tratamiento de aguas residuales (6,926.82 tCO₂e por año) (IMTA, 2017).

Relleno Sanitario del Huixmí en Hidalgo

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

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

Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C. en Relleno Sanitario Salinas Victoria, 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 residuos municipales en la Ciudad de México, la cual puede enfocarse en el oriente de la ciudad, con aprovechamiento de biogás proveniente de rellenos sanitarios. Asimismo, deben explorarse tecnologías de peletización para residuos forestales y agrícolas del sur de la entidad para su aprovechamiento energético.

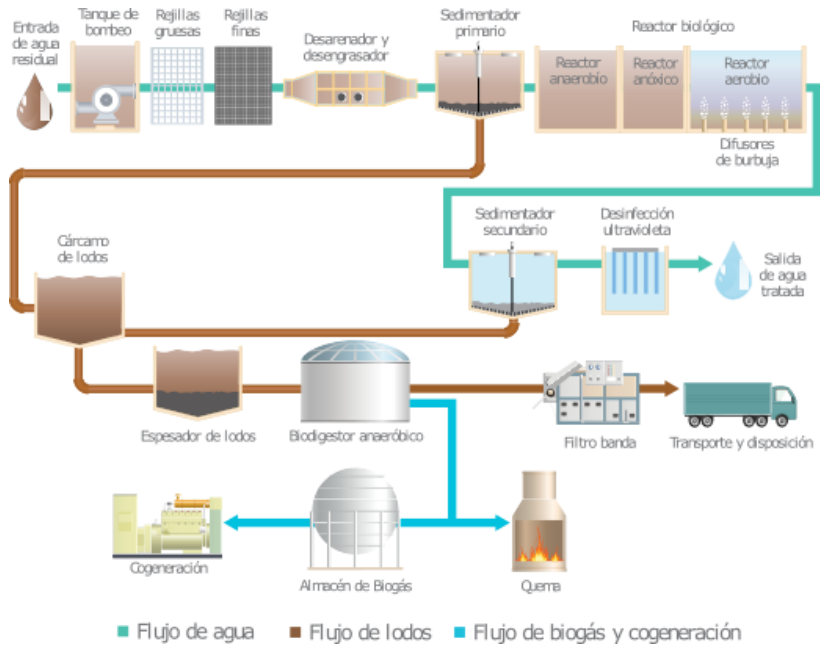


Figura 53. Aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento "El Ahogado". Fuente: (GIZ, 2018)



Figura 54. Proceso de aprovechamiento energético de biogás proveniente de un relleno sanitario (BENLESA, Nuevo León). Fuente: (BENLESA, 2010)

Medidas potenciales de eficiencia energética

Introducción

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 de la Ciudad, 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 la Ciudad de México, mientras que la segunda presenta medidas de eficiencia energética que pudieran ser implementadas en cada sector.

La metodología realizada toma como base el análisis entre las diferentes unidades económicas (U.E.)²⁶ establecidas en la ciudad, 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 de la ciudad (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

²⁶ 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)

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 de los usos de energía

En esta sección se presenta el diagnóstico general para la elaboración de medidas de eficiencia energética correspondientes a la Ciudad de México, el primer acercamiento se da, tanto por actividades económicas como por unidades económicas.

Para el primer caso se desagrega el Producto Interno Bruto del año 2019 con el fin de identificar las actividades económicas con mayor aportación a la economía de la Ciudad. Para el segundo caso, se caracterizan las U.E. de la Ciudad de México, tanto por su presencia en cada una de las alcaldías como también por el tipo de actividad (giro) y la penetración que tienen dentro de la ciudad, se hace un énfasis en las U.E. con personal de planta superior a las 251 personas dado que son las que tienen consumos más altos tan solo por su tamaño.

Sin embargo, con el fin de ofrecer valores de ahorro energético más precisos, asociados a las medidas de eficiencia energética propuestas, se realizaron diagnósticos específicos de los sectores: residencial, comercial e industrial.

En términos económicos, el Producto Interno Bruto de la Ciudad de México se encuentra dividido de la siguiente forma:

Tabla 16. Producto Interno Bruto de Ciudad de México 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

	Millones de pesos	Participación
PIB Total	3,698,403.95	100%
Actividades primarias	1,417.42	0.04%
Actividades secundarias	374,111.67	10.12%
Actividades terciarias	3,322,874.86	89.85%

Como se puede apreciar en la Tabla 16 las actividades terciarias (referidas principalmente a comercio, servicios, transporte y correos) son aquellas con mayor impacto en el PIB de la entidad al concentrar el 89.85% de él.

Por su parte, las actividades secundarias, correspondientes a construcción, energía, minería e industria, son las segundas con mayor influencia en el mismo, con una aportación del 10.12%.

Por último, las actividades primarias (aquellas actividades productivas correspondientes a la extracción y producción de materias primas como agricultura, ganadería, pesca, entre otros) tienen la menor aportación al PIB estatal con el 0.04%.

Desagregando cada una de las actividades principales por tipo actividad específica, en la Figura 55 se muestra que 6 de ellas aportan el 57.9% del total. Las actividades relacionadas con

comercio al por mayor y al por menor, alcanzan el 19.3 %, por su parte, los servicios financieros y de seguros tienen una participación de 11%, los servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos alcanzan el 9.9%, mientras que los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles alcanza el 9.1%. Las actividades relacionadas con transportes, correos y almacenamiento tienen una participación del 8.6% (INEGI, 2021).

Actividades principales en PIB de la Ciudad de México



Figura 55. Actividades con mayor aportación al PIB de la ciudad en 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Por otra parte, se analizaron las U.E. de la ciudad, tanto por tipo de actividad, como ubicación espacial (por alcaldía) 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, la Ciudad de México cuenta con 474,328 U.E. (DENUE,2021) distribuidas de forma heterogénea en las 16 alcaldías; 3 de ellas (Iztapalapa, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero) concentran el 43.5% de estas.

A continuación, se observa la distribución de unidades económicas tanto en porcentaje como en cantidad, siendo la alcaldía de Iztapalapa aquella con la mayor cantidad de unidades económicas, conteniendo el 18% del total, seguido por Cuauhtémoc con el 14.3% y Gustavo A. Madero con el 11.2%.

Tabla 17. Distribución de unidades económicas en la ciudad. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Alcaldía	Número de U.E.
Total general de U.E. en la Ciudad	474,328
Iztapalapa	85,359
Cuauhtémoc	67,920
Gustavo A. Madero	53,172
Venustiano Carranza	31,590
Tlalpan	27,976
Benito Juárez	27,588
Miguel Hidalgo	27,327
Álvaro Obregón	26,228
Coyoacán	25,790
Xochimilco	20,928
Azcapotzalco	19,445
Tláhuac	18,514
Iztacalco	17,467
Cuajimalpa de Morelos	9,265
La Magdalena Contreras	8,045
Milpa Alta	7,714

Unidades económicas por alcaldía Porcentaje del total de la Ciudad

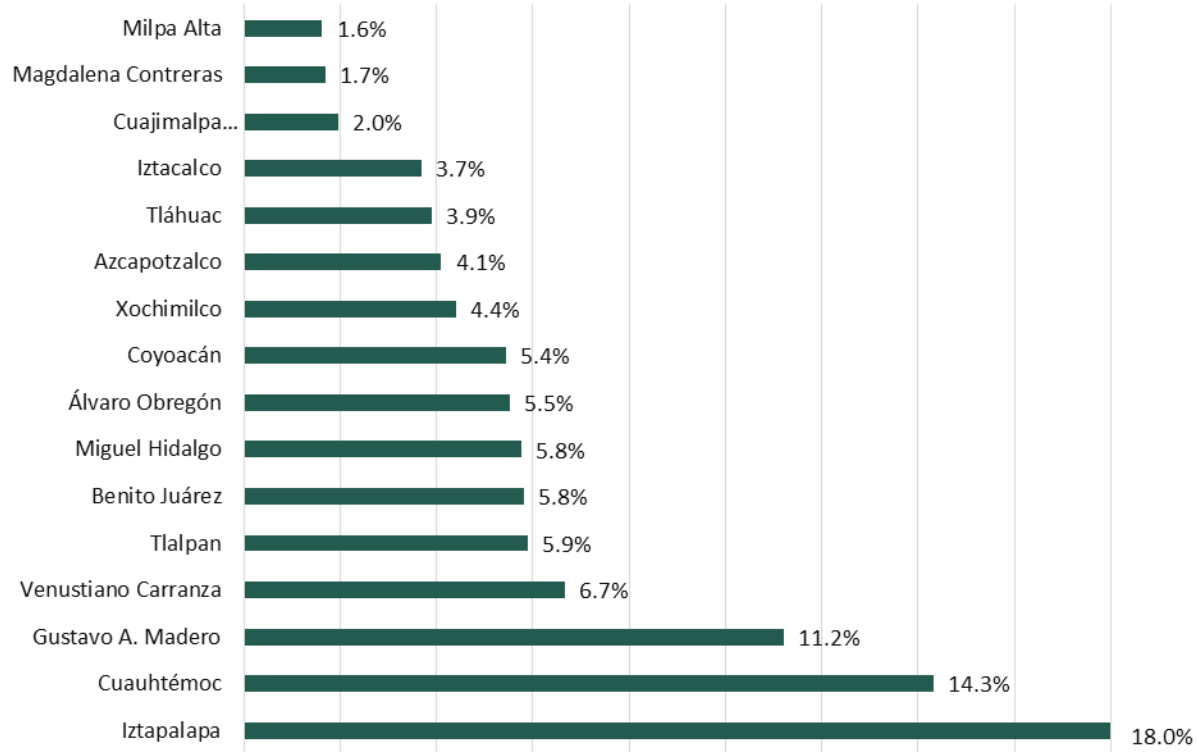


Figura 56. Unidades económicas por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

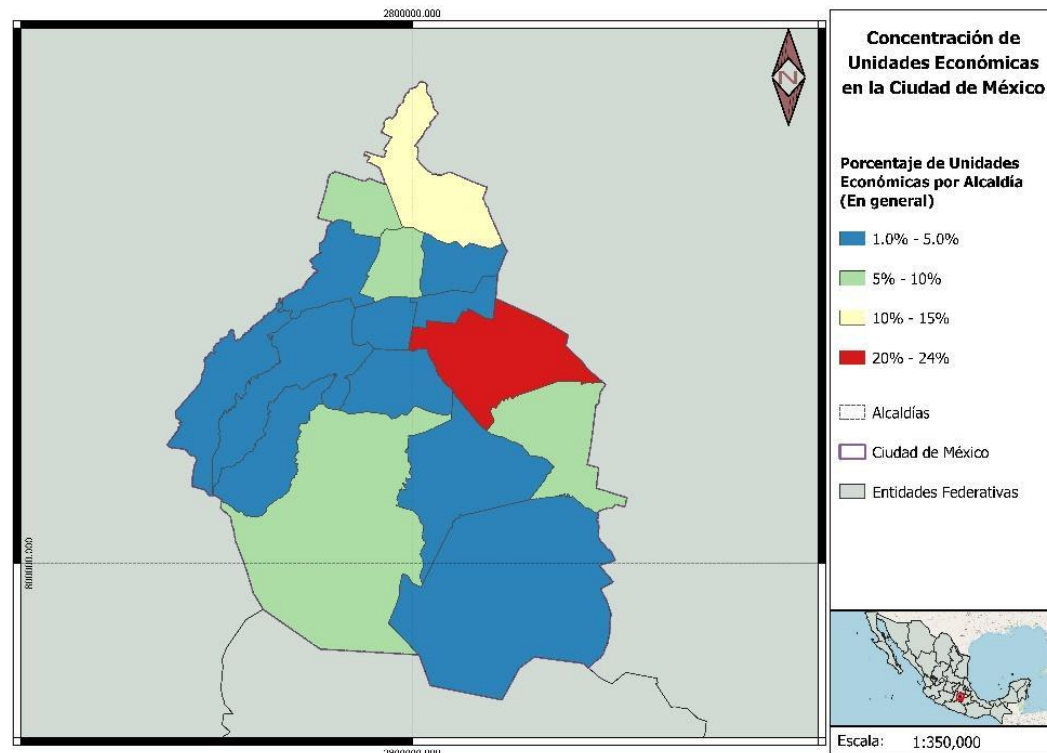


Figura 57. Distribución (en porcentaje) de unidades económicas por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Dentro de estas U.E. se encuentran 937 tipos de actividades. Las 15 actividades (giros) con mayor presencia en la ciudad representan el 43% del total de unidades económicas del total. En la Tabla 18 se observa el tipo de actividad referida y el número de U.E. a nivel ciudad de dichas 15 actividades.

Tabla 18. Principales tipos de actividad y número de U.E. en la ciudad.
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

TIPO DE ACTIVIDAD	NÚMERO DE UNIDADES ECONÓMICAS
Restaurantes	44,075
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	37,994
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	20,356
Comercio al por menor de artículos de papelería	13,391
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	12,602
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	10,817
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	9,226
Banca múltiple	9,103
Consultorios dentales del sector privado	7,318
Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	7,188
Comercio al por menor de carne de aves	6,696
Comercio al por menor de carnes rojas	6,318
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	6,308
Lavanderías y tintorerías	6,303
Comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías	5,995

Sin embargo, con el fin de observar la composición de las unidades económicas dentro de la Ciudad de México, es necesario establecer una caracterización diferenciada de acuerdo con su tamaño (micro, pequeña, mediana o grandes unidades económicas).

Para ello, se realizó la división de las unidades económicas en 4 secciones, considerando lo siguiente:

1. Unidades económicas con 1 y hasta 10 personas contratadas.
2. Unidades económicas con 11 y hasta 50 personas contratadas.
3. Unidades económicas con 51 y hasta 250 personas contratadas.
4. Unidades económicas con 251 y más personas contratadas.

En las Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22 se puede observar el total de tipos de actividades (giros) presentes en cada una de estas divisiones. También se muestran los 10 giros con mayor presencia en cantidad, y porcentaje respecto a cada división.

Tabla 19. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 0 a 10 personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Número de giros con hasta 10 personas contratadas:		895
Giro de la actividad económica	Número de U.E.	Participación en división
Total general	432,104	100%
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	37,986	8.8%
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	20,187	4.7%
Comercio al por menor de artículos de papelería	13,287	3.1%
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	12,554	2.9%
Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas	10,714	2.5%
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	10,380	2.4%
Restaurantes con servicio de preparación de antojitos	9,297	2.2%
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	8,931	2.1%
Banca múltiple	8,541	2.0%
Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar	7,982	1.8%

De las 474,328 unidades económicas existentes dentro de la Ciudad, el 91% recae en aquellas con personal de planta igual o menor a 10 personas contratadas.

Dentro de esta división, se cuenta con mayor presencia de unidades correspondientes al sector comercial y servicios siendo en su mayoría comercio al por menor, restaurantes de comida rápida mexicana, así como cafeterías, salones de belleza y banca múltiple.

A su vez, la distribución de estas U.E. dentro de la Ciudad se concentra principalmente en Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, con una participación en conjunto del 51.2%.

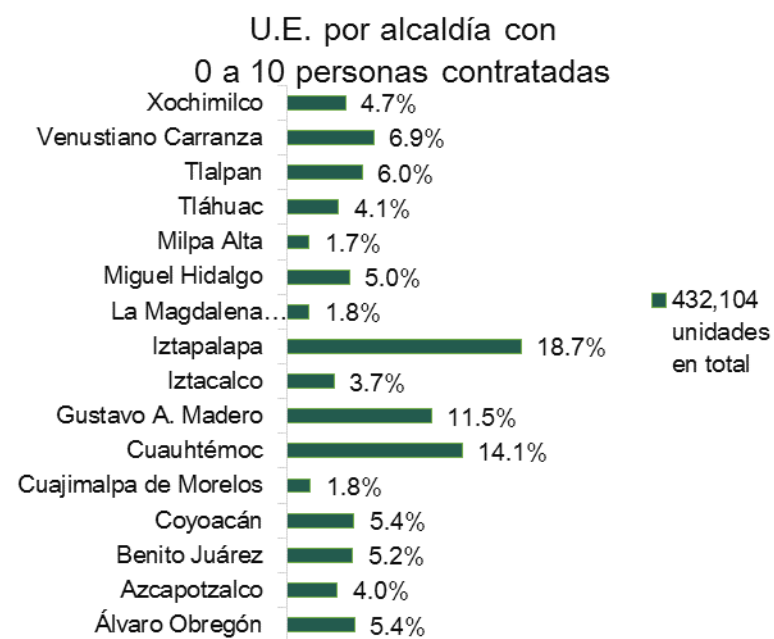


Figura 58. Unidades económicas, con personal de planta de 0 a 10 personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Por otra parte, como se puede observar en la Tabla 20, correspondiente a la división de unidades económicas con 11 y hasta 50 personas contratadas, existen 31,532 U.E. siendo el 6.64% del total de la Ciudad.

Se halla una tendencia a U.E. de servicios escolares, restaurantes, asociaciones religiosas y algunos servicios como banca múltiple y, tanto de consultoría en administración como de sistemas de cómputo.

Tabla 20. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 11 a 50 personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Número de giros de 11 a 50 personas:		
	838	
Giro de la actividad económica	Número de U.E.	Participación en división
Total general	31,532	100.0%
Escuelas de educación primaria del sector público	1,822	5.8%
Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	1,570	5.0%
Escuelas de educación preescolar del sector público	838	2.7%
Asociaciones y organizaciones religiosas	594	1.9%
Banca múltiple	497	1.6%
Restaurantes de autoservicio	481	1.5%
Escuelas del sector privado que combinan diversos niveles de educación	469	1.5%
Servicios de consultoría en administración	404	1.3%
Escuelas de educación preescolar del sector privado	400	1.3%
Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados	385	1.2%

La distribución de estas U.E. dentro de la Ciudad se concentra principalmente en Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo e Iztapalapa con una participación en conjunto del 52%.

El 48% restante se distribuye en las otras 12 alcaldías.

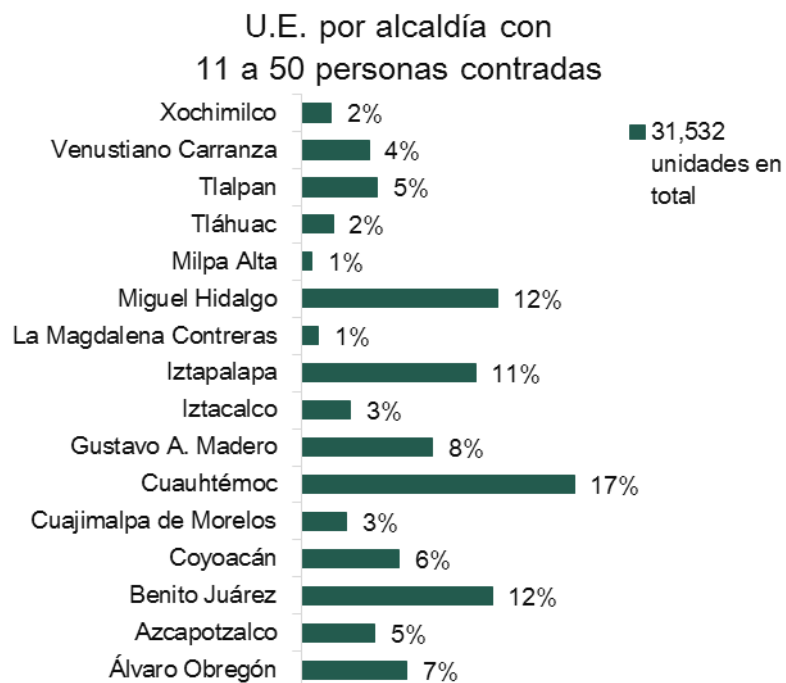


Figura 59. Unidades económicas, con personal de planta de 11 a 50 personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Para la división que encierra a las U.E. con personal contratado de entre 51 a 250 personas contratadas disminuye el número de U.E. con presencia en la Ciudad, siendo de tan solo 659, esto es, el 0.14% del total de U.E. dentro de la Ciudad.

Tabla 21. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 51 a 250 personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Número de giros de 51 a 250 personas:		
	659	
Giro de la actividad económica	Número de U.E.	Participación en división
Total general	8,109	100%
Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida	514	6%
Escuelas de educación secundaria general del sector público	310	4%
Administración pública en general	208	3%
Comercio al por menor en supermercados	203	3%
Escuelas del sector privado que combinan diversos niveles de educación	191	2%
Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	171	2%
Comercio al por menor de automóviles y camionetas nuevos	165	2%
Actividades administrativas de instituciones de bienestar social	142	2%
Servicios de consultoría en administración	142	2%
Servicios de administración de negocios	141	2%

Se tiene una tendencia similar al bloque anterior, destacan las actividades correspondientes a servicios y comercio siendo los restaurantes el giro con mayor presencia en esta división. Dentro, también se encuentran servicios administrativos y de impartición de justicia.

A nivel alcaldía la distribución se encuentra dada de la siguiente forma:

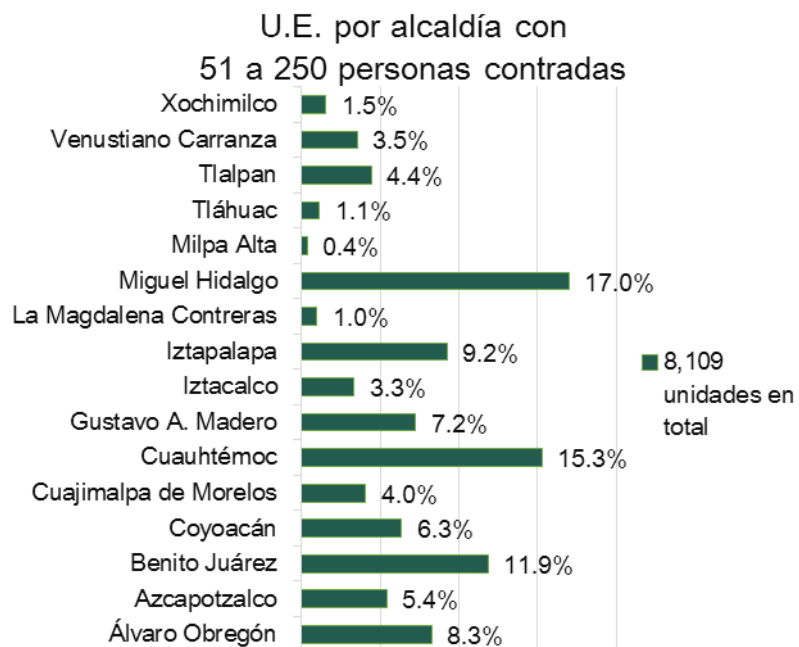


Figura 60. Unidades económicas, con personal de planta de 51 a 250 personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Como se puede observar, las alcaldías Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Benito Juárez e Iztapalapa concentran el 53.4% del total de U.E. en este bloque.

Por último, las U.E. con mayor tamaño dentro de la Ciudad (251 personas contratadas o más) representan el 0.078 % del total.

Para este caso en particular, existe mayor diversificación en el giro de las unidades, coexisten unidades correspondientes a servicios, impartición de justicia, sector salud, educativo e industrial.

Tabla 22. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 251 y más personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Número de giros de 251 personas y más: 372		
Giro de la actividad económica	Número de U.E.	Participación en división
Total general	2,583	100%
Suministro de personal permanente	162	6%
Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	132	5%
Servicios de administración de negocios	117	5%
Administración pública en general	103	4%
Actividades administrativas de instituciones de bienestar social	94	4%
Hospitales generales del sector público	75	3%
Servicios de consultoría en administración	69	3%
Escuelas de educación superior del sector público	65	3%
Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados	54	2%
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	45	2%

Centrándonos en esta división, por ser aquellas con mayor tamaño y por ende, las de mayor consumo energético.

A diferencia de la distribución del total de U.E. en general, en este caso particular, 7 alcaldías concentran el 77% del total de U.E. con mayor personal de planta contratado.

La alcaldía de Miguel Hidalgo concentra el 19% del total; es seguido por Cuauhtémoc con el 17%, Benito Juárez con el 12%, Álvaro Obregón con el 10%, Coyoacán con 7%, Iztapalapa el 6%, Azcapotzalco con el 6%. El resto de las alcaldías tiene una participación de 23%.

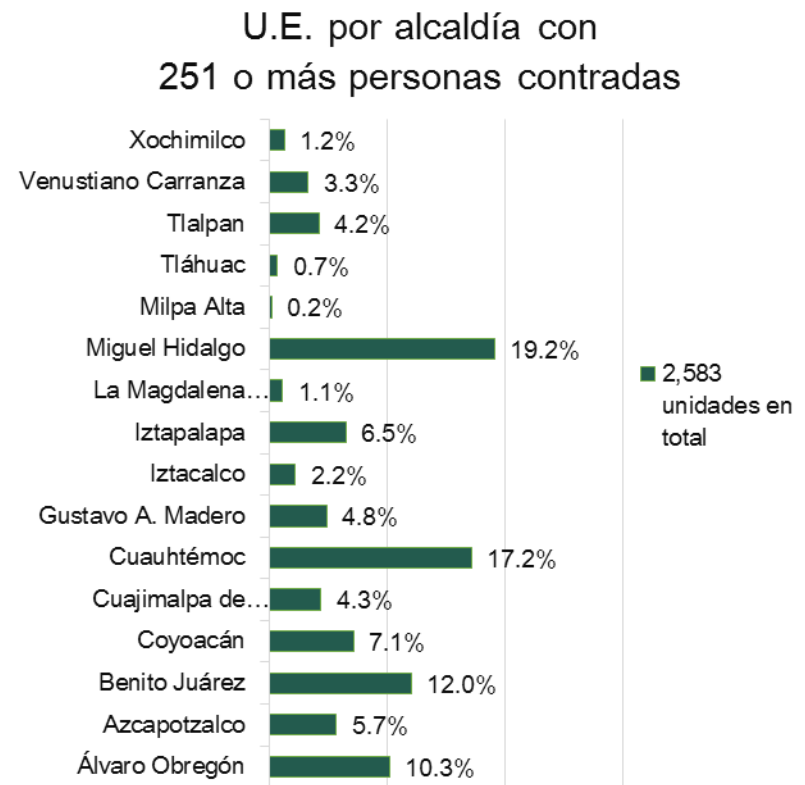


Figura 61. Unidades económicas, con personal de planta de 251 y más personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Para este caso en particular concentrando las diferentes actividades comercio al por mayor y al por menor, y de la misma forma, las actividades relacionadas con fabricación de algún producto, queda de la siguiente manera:

Tabla 23. Los 12 principales tipos de actividad y número de unidades económicas en la ciudad con personal de planta mayor a 251 personas.

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

TIPO DE ACTIVIDAD	NÚMERO DE UNIDADES ECONÓMICAS
Comercio	282
Fabricación de productos	164
Suministro de personal permanente	162
Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público	132
Servicios de administración de negocios	117
Administración pública en general	103
Actividades administrativas de instituciones de bienestar social	94
Hospitales generales del sector público	75
Servicios de consultoría en administración	69
Escuelas de educación superior del sector público	65
Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados	54
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	45
Resto de actividades	1,221

Las actividades con mayor presencia corresponden a:

Como resultado, se obtuvo la Figura 62 en donde se muestran las U.E. con mayor presencia en el total estatal por tipo de actividad; siendo 12 tipos de actividades, con personal de planta superior a las 251 personas contratadas, las que tienen una participación del 52.7% con un total de 1,362 U.E.

Dentro de ellas, existen 282 U.E. correspondientes al comercio al por menor y al por mayor, siendo el giro con mayor participación dentro de la Ciudad (10.9% del total), es seguido por la fabricación de diversos productos con 164 U.E. (6.3%), las actividades relacionadas con el suministro de personal permanente con 162 U.E. (6.3 %), mientras que la impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y del orden público cuenta con 132 U.E. (5.1%). Los servicios de administración de negocios cuentan con 117 U.E. (4.5%).

A su vez, la administración pública en general tiene una participación importante con 103 U.E. dentro de esta categorización, siendo el 4% del total estatal.

En cuanto al sector salud, se tienen 75 U.E. correspondientes a hospitales generales del sector público siendo el 2.9%.

Por su parte, el sector educativo, cuenta con 65 escuelas de educación superior del sector público (2.5% respecto al total de U.E.) y 32 U.E. correspondientes a escuelas de educación superior del sector privado (1.2%).

En cuanto al sector industrial presenta 164 U.E. con personal de planta mayor a 251 personas distribuidas en 71 actividades diferentes.

- Fabricación de preparaciones farmacéuticas con 27.4% (45 U.E.);
- Fabricación de cosméticos, perfumes y otras preparaciones de tocador con 7 U.E., siendo el 4.3%;
- Fabricación de bolsas y películas de plástico flexible con 5 U.E. con una participación del 3%;

- Fabricación de envases de cartón con 4 U.E. siendo el 2.4%.
- El 62.8% se reparte en las 67 actividades restantes.

Al considerar solamente las 9 actividades con mayor personal de planta contratado, el resto se compone de 79 tipos de actividades económicas con el 24.7% de participación



Figura 62. Unidades económicas, por su tipo de actividad, con mayor presencia en el total estatal. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)

Consumo de energía eléctrica por sectores. CDMX 2019

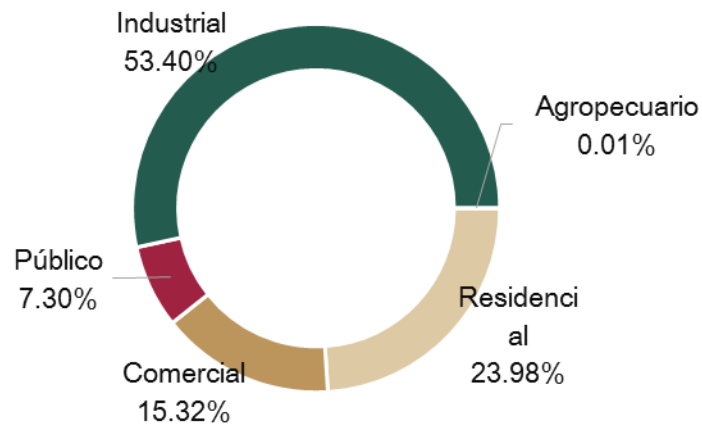


Figura 63. Consumo de energía en la ciudad por sector. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE, 2018; SENER, 2019 a)

Ahora bien, del diagnóstico energético se toma el consumo de energía eléctrica de los sectores industrial, residencial, transporte, comercial, agropecuario y público. Para el año 2019 el sector industrial tuvo el 42.3 % del consumo total de energía eléctrica en la Ciudad de México, seguido por el sector residencial con el 32.65%.

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%.

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 ya que dichas medidas tienen como resultado la reducción del consumo de energéticos fósiles, sin afectar las actividades que realiza el consumidor.

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

Caracterización de las unidades económicas.

La Ciudad de México cuenta con un sector industrial bastante diverso. De acuerdo con la DENUE 2020, se tienen 11,767 unidades económicas inmersas en 191 diferentes giros de industria o fabricación de algún tipo de producto.

Como se puede observar, en las Figura 64, Figura 65 y Tabla 24, la mayoría de U.E. de este sector se concentran en Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc, abarcando el 45% del total.

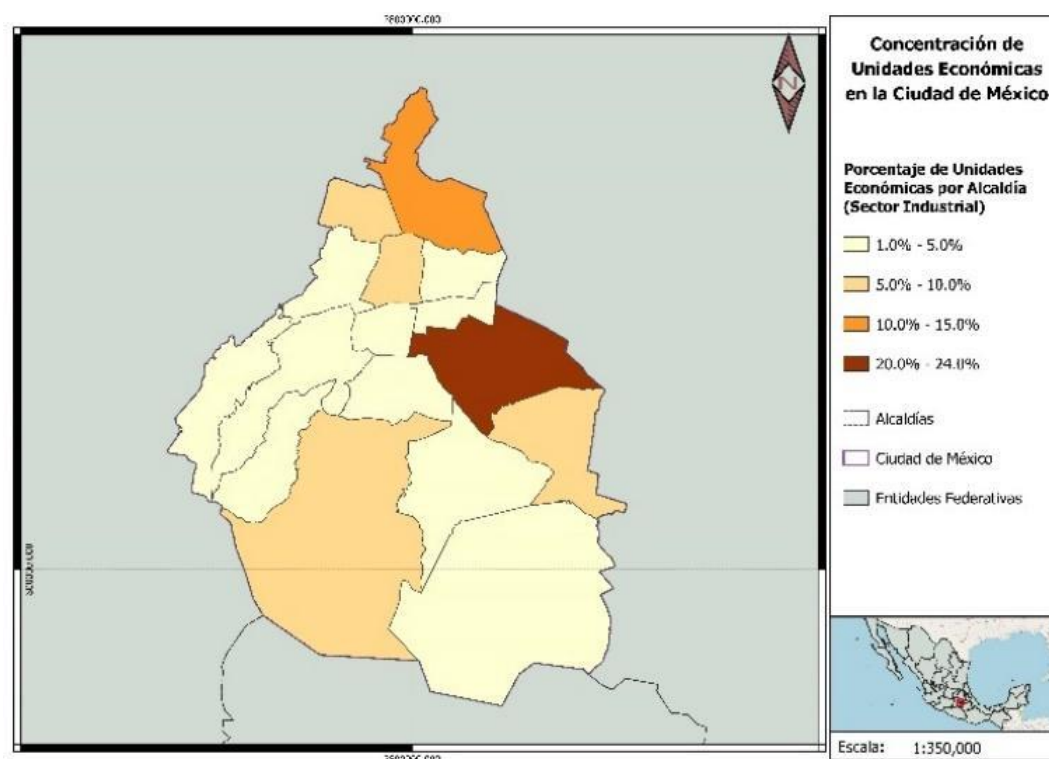


Figura 64. Distribución de U.E. del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

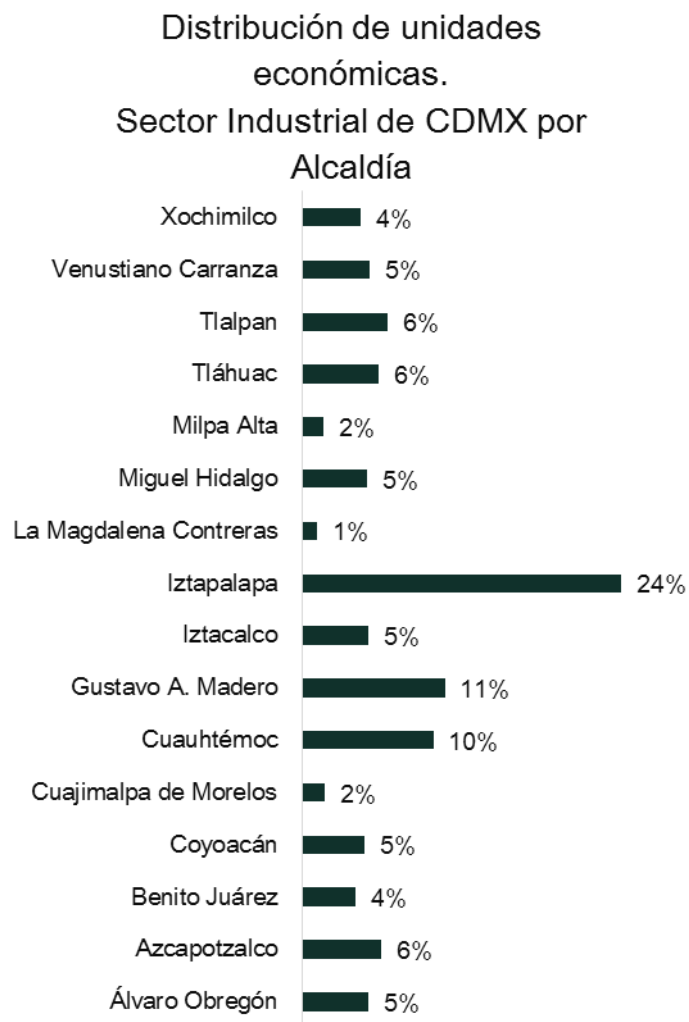


Figura 65. Distribución de U.E., en porcentaje, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Tabla 24. Distribución de U.E., en número, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Alcaldía	Número de U.E.
Álvaro Obregón	583
Azcapotzalco	696
Benito Juárez	470
Coyoacán	548
Cuajimalpa de Morelos	196
Cuauhtémoc	1,164
Gustavo A. Madero	1,265
Iztacalco	588
Iztapalapa	2,821
La Magdalena Contreras	132
Miguel Hidalgo	572
Milpa Alta	190
Tláhuac	679
Tlalpan	752
Venustiano Carranza	594
Xochimilco	517
Total general	11,767

Sin embargo, con el fin de caracterizar las medidas de eficiencia energética y tener un panorama más preciso sobre el sector, se debe de realizar un análisis diferenciado. Esto se debe a los distintos procesos presentes en cada una de las U.E., y por ende, las diferencias en el consumo de energía.

Ambas características están vinculadas, por el tipo de actividad que se realiza y por el tamaño de la industria. Es por eso que se realiza

un diagnóstico diferenciado considerando la siguiente clasificación (BBVA, 2021):

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

Microempresas

En este bloque se encuentran 9,577 U.E. alcanzando la mayor participación dentro del sector industrial de la Ciudad, con el 81% de U.E. respecto al total.

A continuación, se muestran las 10 actividades con mayor cantidad dentro de esta división. La fabricación de productos de herrería es la actividad con mayor presencia en este bloque con el 25% del total de U.E.

Estas 10 actividades principales representan el 66.4% del total de U.E. de este bloque y el 54% de U.E. de todo el sector.

Tabla 25. Actividades de microempresas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

10 actividades principales	Número de U.E.	Porcentaje de las 10 U.E. con mayor presencia respecto al total de microempresas del Sector Industrial en la Ciudad	Porcentaje de U.E. respecto al total de U.E. del Sector Industrial en la Ciudad	Tipo de energía utilizada principalmente
Fabricación de productos de herrería	2,408	25.1%	20%	Electricidad
Fabricación de muebles, excepto cocinas integrales, muebles modulares de baño y muebles de oficina y estantería	1,306	13.6%	11%	Electricidad
Fabricación de productos de madera para la construcción	1,293	13.5%	11%	Electricidad - Térmica
Otras industrias manufactureras	374	3.9%	3%	No especificado
Fabricación de equipo no electrónico para uso médico, dental y para laboratorio	203	2.1%	2%	Electricidad - Térmica
Industrias conexas a la impresión	196	2.0%	2%	Electricidad
Fabricación de otros productos de cartón y papel	158	1.6%	1%	Electricidad
Fabricación de muebles de oficina y estantería	150	1.6%	1%	Electricidad
Fabricación de artículos oftálmicos	140	1.5%	1%	Electricidad - Térmica
Fabricación de cocinas integrales y muebles modulares de baño	129	1.3%	1%	Electricidad - Térmica

La forma de energía más consumida es la electricidad, a su vez, existen industrias en las que se utiliza una combinación de energía térmica y eléctrica para los procesos. Geográficamente se encuentran distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 26. Número de microempresas del sector industrial por alcaldía.
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Alcaldía	Número de U.E.
Álvaro Obregón	453
Azcapotzalco	453
Benito Juárez	340
Coyoacán	468
Cuajimalpa de Morelos	156
Cauhtémoc	1001
Gustavo A. Madero	1047
Iztacalco	395
Iztapalapa	2315
La Magdalena Contreras	125
Miguel Hidalgo	362
Milpa Alta	187
Tláhuac	586
Tlalpan	670
Venustiano Carranza	531
Xochimilco	488

Al igual que en el diagnóstico del sector, el 45% de U.E. se encuentran distribuidas en Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cauhtémoc; concentrando así la mayoría de U.E. en el oriente y norte de la ciudad.

Distribución de U.E. microempresas del sector industrial en Ciudad de México

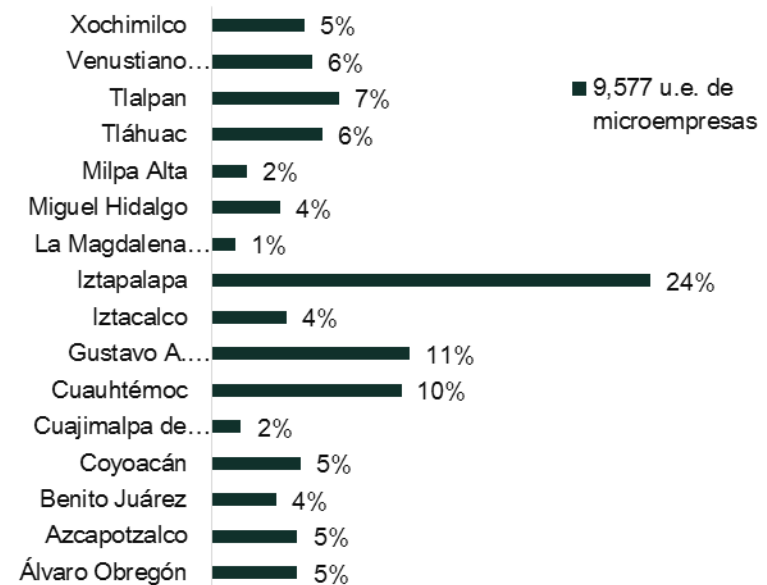


Figura 66. Distribución de microempresas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Pequeñas empresas

En este bloque se encuentran 1,509 U.E. distribuidas en 164 tipos de actividades. A pesar de ser la segunda división con mayor cantidad

de U.E., la participación de estas es mucho menor en comparación con las microempresas. En este sentido, representan el 13% de U.E. respecto al total del sector. A continuación, se muestran las 10 actividades con mayor cantidad dentro de esta división.

Tabla 27. Actividades de pequeñas empresas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

10 actividades principales	Número de U.E.	Porcentaje de las 10 U.E. con mayor presencia respecto al total de pequeñas empresas del Sector Industrial en la Ciudad	Porcentaje de U.E. respecto al total de U.E. del Sector Industrial en la Ciudad	Tipo de energía utilizada principalmente
Fabricación de muebles, excepto cocinas integrales, muebles modulares de baño y muebles de oficina y estantería	108	7.2%	0.9%	Electricidad
Fabricación de muebles de oficina y estantería	78	5.2%	0.7%	Electricidad
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	72	4.8%	0.6%	Electricidad - Térmica
Fabricación de bolsas y películas de plástico flexible	43	2.8%	0.4%	Electricidad - Térmica
Fabricación de envases y contenedores de plástico para embalaje con y sin reforzamiento	38	2.5%	0.3%	Electricidad - Térmica
Fabricación de estructuras metálicas	38	2.5%	0.3%	Electricidad - Térmica
Fabricación de productos de herrería	38	2.5%	0.3%	Electricidad
Fabricación de productos de plástico para el hogar con y sin reforzamiento	37	2.5%	0.3%	Electricidad- Térmica
Fabricación de envases de cartón	31	2.1%	0.3%	Electricidad - Térmica
Fabricación de cosméticos, perfumes y otras preparaciones de tocador	30	2.0%	0.3%	Electricidad - Térmica

La fabricación de muebles es la actividad con mayor presencia en este bloque con el 12.4% del total de U.E. Estas 10 actividades principales representan el 34% del total de U.E. de este bloque y el 4.5% de U.E. de todo el sector. Geográficamente se encuentran distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 28. Número de pequeñas empresas del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Alcaldía	Número de U.E.
Álvaro Obregón	90
Azcapotzalco	147
Benito Juárez	87
Coyoacán	47
Cuajimalpa de Morelos	23
Cuauhtémoc	125
Gustavo A. Madero	158
Iztacalco	133
Iztapalapa	352
La Magdalena Contreras	3
Miguel Hidalgo	138
Milpa Alta	2
Tláhuac	75
Tlalpan	57
Venustiano Carranza	52
Xochimilco	20

La distribución dentro de la ciudad sigue siendo predominantemente en el nororiente de la ciudad, con el 23% en Iztapalapa, Iztacalco con el 8.8%, Gustavo A. Madero con el 10.5%, Venustiano Carranza con el 3.4% Tláhuac con el 5%, sumando en conjunto el 50.7% del total de U.E.

Distribución de U.E. pequeñas empresas del sector industrial en Ciudad de México

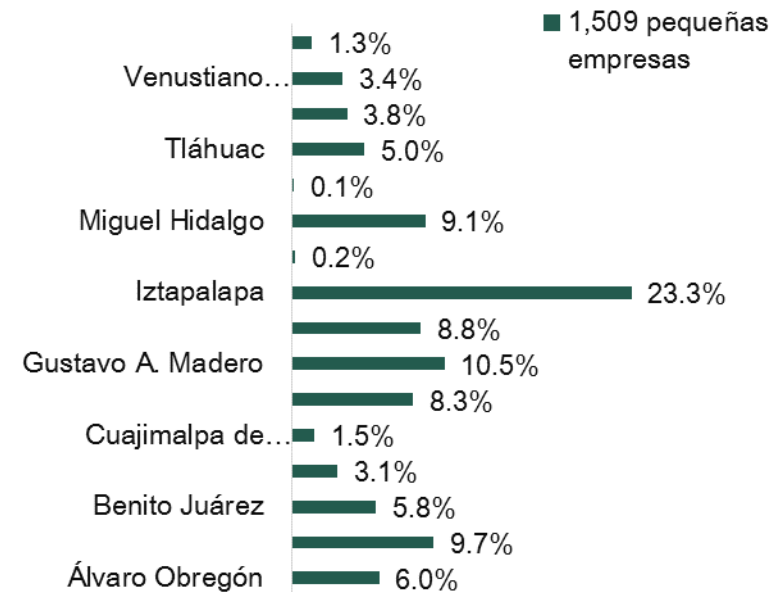


Figura 67. Distribución de pequeñas empresas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Empresas medianas

En este bloque se encuentran 508 U.E. distribuidas en 135 tipos de actividades, representando el 4.4% de U.E. respecto al total del sector.

Las 10 actividades con mayor presencia dentro de esta división representan el 33.3% en esta sección y el 1.5% de U.E. del sector industrial de la ciudad. A continuación, se observan las actividades con mayor participación en el bloque, su cantidad, porcentaje frente a la división, porcentaje frente al bloque y el tipo de energía mayormente utilizado en cada industria.

Tabla 29. Actividades de empresas medianas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

10 actividades principales	Número de U.E.	Porcentaje de las 10 U.E. con mayor presencia respecto al total de empresas medianas del Sector Industrial en la Ciudad	Porcentaje de U.E. respecto al total de U.E. del Sector Industrial en la Ciudad	Tipo de energía utilizada principalmente
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	53	10.4%	0.5%	Electricidad- Térmica
Fabricación de bolsas y películas de plástico flexible	21	4.1%	0.2%	Electricidad- Térmica
Fabricación de muebles, excepto cocinas integrales, muebles modulares de baño y muebles de oficina y estantería	17	3.3%	0.1%	Electricidad - Térmica
Fabricación de muebles de oficina y estantería	13	2.6%	0.1%	Electricidad
Fabricación de productos de plástico para el hogar con y sin reforzamiento	13	2.6%	0.1%	Electricidad- Térmica
Fabricación de envases de cartón	12	2.4%	0.1%	Electricidad - Térmica
Fabricación de cosméticos, perfumes y otras preparaciones de tocador	11	2.2%	0.1%	Electricidad - Térmica
Fabricación de botellas de plástico	10	2.0%	0.1%	Electricidad - Térmica
Fabricación de concreto	10	2.0%	0.1%	Electricidad - Térmica
Fabricación de bolsas de papel y productos celulósicos recubiertos y tratados	9	1.8%	0.1%	Electricidad - Térmica

Como se puede observar, la fabricación de preparaciones farmacéuticas se posiciona como la de mayor cantidad de U.E. en este sector con 53, correspondiente al 10.4% frente al total de U.E. de esta división y 0.5% respecto al total de U.E. del sector industrial. La elaboración de productos de plástico y fabricación de cosméticos, cartón, papel y concreto concentran el resto de las unidades.

Dentro de la distribución de U.E. de esta división en las alcaldías de la Ciudad continúa predominando Iztapalapa con el 22.8% de las 508 empresas, y el resto del nororiente, seguido por Azcapotzalco con el 13.2%

Sin embargo, en este bloque destaca una mayor concentración tanto en Miguel Hidalgo, con el 10.8%, como Benito Juárez, con el 6.9% de unidades.

Tabla 30. Distribución de empresas medianas, en número, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Alcaldía	Número de U.E.
Álvaro Obregón	30
Azcapotzalco	67
Benito Juárez	35
Coyoacán	12
Cuajimalpa de Morelos	11
Cuauhtémoc	33
Gustavo A. Madero	52
Iztacalco	46
Iztapalapa	116
La Magdalena Contreras	3
Miguel Hidalgo	55
Milpa Alta	1
Tláhuac	13
Tlalpan	21
Venustiano Carranza	8
Xochimilco	5

Distribución de U.E. empresas medianas del sector industrial en Ciudad de México

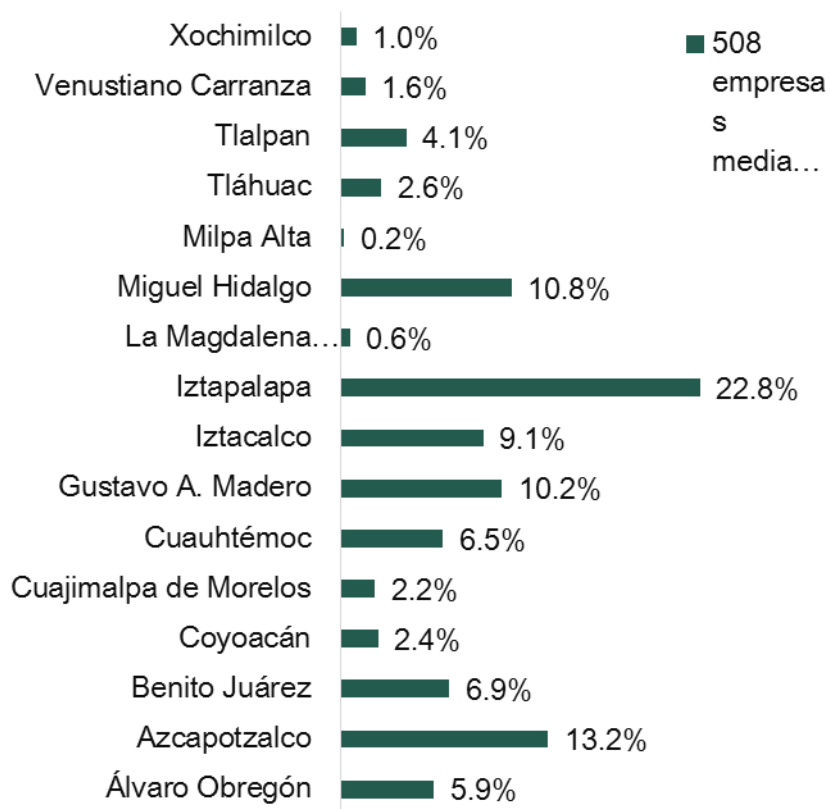


Figura 68. Distribución de empresas medianas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Grandes empresas

Las grandes empresas son aquellas con más de 251 empleados contratados. Para este caso, existen 173 en la Ciudad de México distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 31. Distribución de grandes empresas, en número, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Alcaldía	Número de U.E.
Álvaro Obregón	10
Azcapotzalco	29
Benito Juárez	8
Coyoacán	21
Cuajimalpa de Morelos	6
Cuauhtémoc	5
Gustavo A. Madero	8
Iztacalco	14
Iztapalapa	38
La Magdalena Contreras	1
Miguel Hidalgo	17
Milpa Alta	0
Tláhuac	5
Tlalpan	4
Venustiano Carranza	3
Xochimilco	4

La presencia de este bloque de empresas se da principalmente en Iztapalapa con el 22%, Azcapotzalco con el 17%, Coyoacán con el 12% y Miguel Hidalgo con el 10%. En conjunto concentran el 61% de U.E. de esta división. El 39% restante se distribuye en 11 alcaldías restantes y, Milpa Alta no cuenta con ninguna gran empresa dentro de su territorio.

Al desagregar las empresas por su tipo de actividad, destaca la fabricación de preparaciones farmacéuticas con el 26% de participación en grandes empresas y 0.39% del total del sector industrial.

En general, las grandes industrias (enlistadas en la Tabla 32) utilizan energía tanto eléctrica como térmica, cuyos consumos suelen ser energéticos muy superiores a l del resto de unidades energéticas, dado el tipo de actividades que desarrollan

Distribución de grandes empresas del sector industrial en Ciudad de México

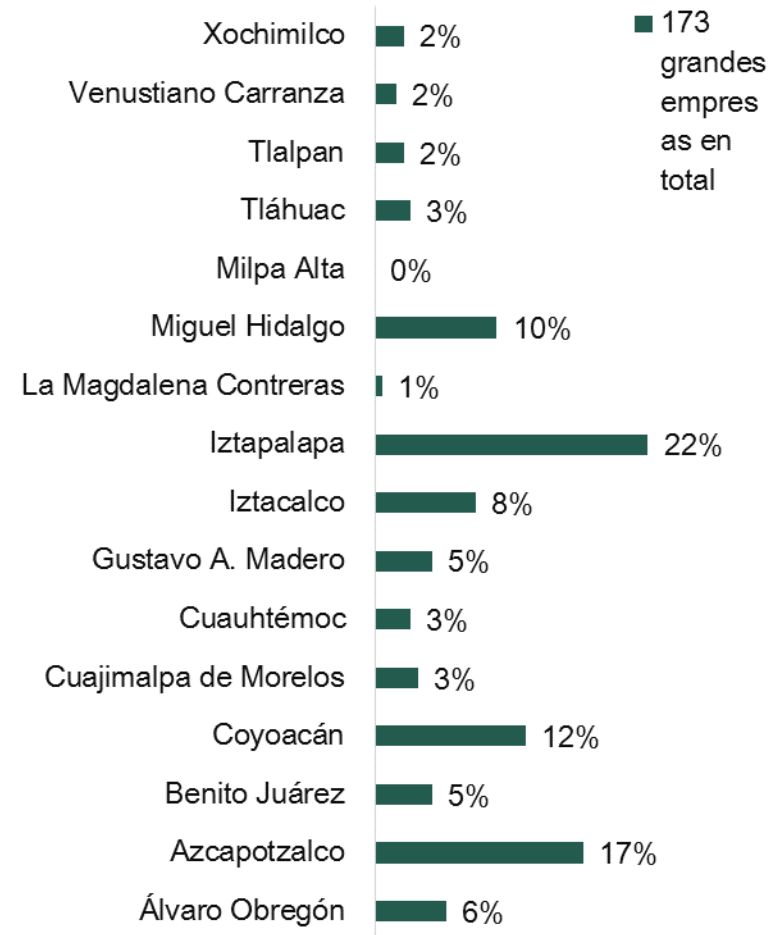


Figura 69. Distribución de grandes empresas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

Tabla 32. Actividades de grandes empresas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).

10 actividades principales	Número de U.E.	Porcentaje de las 10 U.E. con mayor presencia respecto al total de grandes empresas del Sector Industrial en la Ciudad	Porcentaje de U.E. respecto al total de U.E. del Sector Industrial en la Ciudad	Tipo de energía utilizada principalmente
Fabricación de preparaciones farmacéuticas	45	26.0%	0.39%	Electricidad- Térmica
Fabricación de cosméticos, perfumes y otras preparaciones de tocador	7	4.0%	0.06%	Electricidad- Térmica
Panificación industrial	6	3.5%	0.05%	Electricidad - Térmica
Fabricación de bolsas y películas de plástico flexible	5	2.9%	0.04%	Electricidad - Térmica
Fabricación de envases de cartón	4	2.3%	0.03%	Electricidad - Térmica
Fabricación de artículos y accesorios para escritura, pintura, dibujo y actividades de oficina	3	1.7%	0.03%	Electricidad - Térmica
Fabricación de automóviles y camionetas	3	1.7%	0.03%	Electricidad - Térmica
Fabricación de botellas de plástico	3	1.7%	0.03%	Electricidad - Térmica
Fabricación de componentes electrónicos	3	1.7%	0.03%	Electricidad - Térmica
Fabricación de enchufes, contactos, fusibles y otros accesorios para instalaciones eléctricas	3	1.7%	0.03%	Electricidad - Térmica

Tomando como base la diferenciación realizada en el sector industrial queda mapeado el sector, tanto por ubicación espacial (localización) como por cantidad y las industrias con mayor presencia de acuerdo con el tamaño, considerando el personal contratado como base.

A continuación, se muestra la caracterización del consumo energético y de los usos finales del sector, las medidas de eficiencia energética propuestas y el potencial de ahorro energético estimado al aplicar las medidas correspondientes en un porcentaje del sector.

Caracterización del consumo energético y usos finales del sector.

El sector industrial es el segundo con mayor consumo energético dentro de la Ciudad, con el 15.6% (64.9 PJ). También, es el principal consumidor de energía eléctrica de la Ciudad con el 53.4% del total consumido en la entidad.

Como se puede observar en la Figura 70, la matriz del consumo de energía en el sector industrial se basa en energéticos convencionales, siendo el 60% proveniente de fuentes fósiles y el 40% de participación de electricidad. Predomina el consumo del gas natural con el 53%.

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.

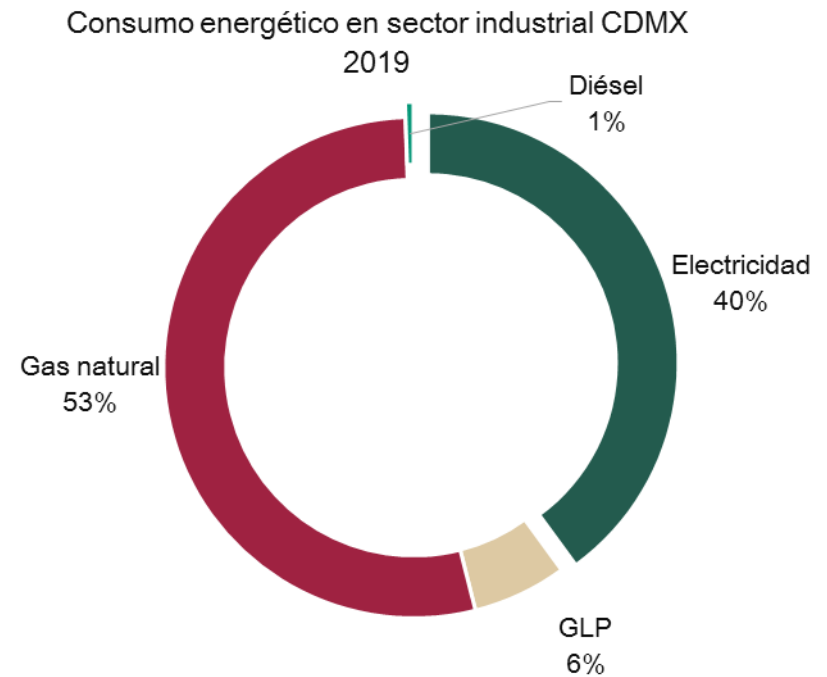


Figura 70. Consumo de energía en el sector industrial de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)

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

Como se puede observar, en la Figura 71, los usos finales del sector industrial, de forma general, se encuentran categorizados en dos tipos: generación de calor con el 26% del total y aquellos usos que utilizan electricidad para la realización de sus procesos con el 74%.

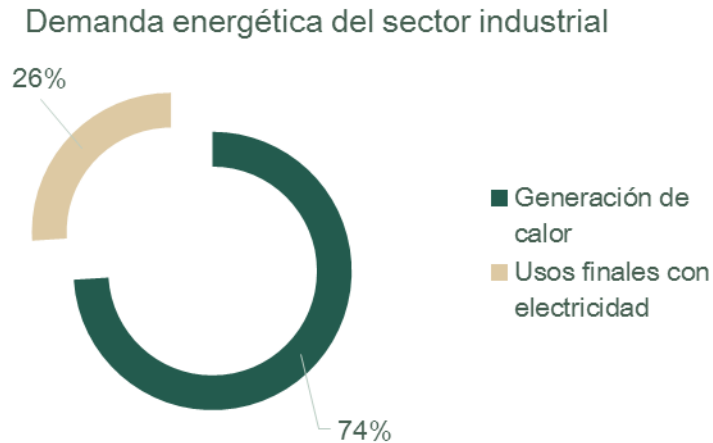


Figura 71. Usos finales de energía del sector industrial. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)

Generación de calor

La generación de calor se subdivide por el tipo de energético utilizado ya sea a través de hidrocarburos (90%) o por medios eléctricos (10%), Figura 72.

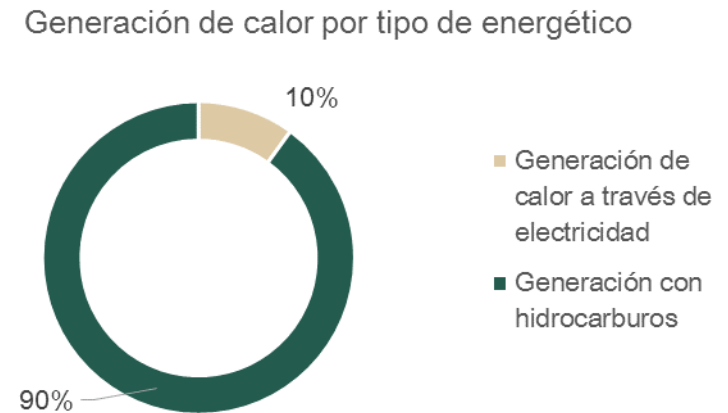


Figura 72. Generación de calor en sector industrial por tipo de energético. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)

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

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

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

Generación de calor en sector industrial categorizado por temperatura

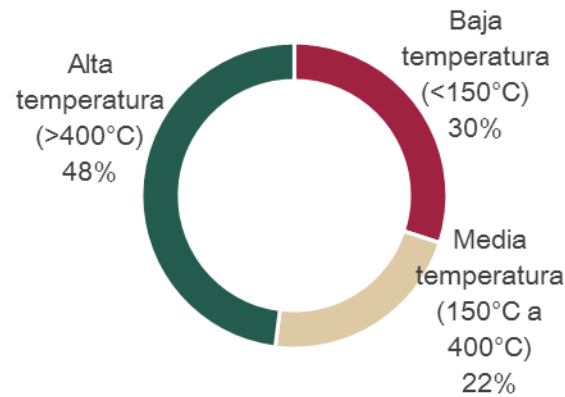


Figura 73. Generación de calor en sector industrial por temperatura. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)

Usos finales con electricidad

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

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

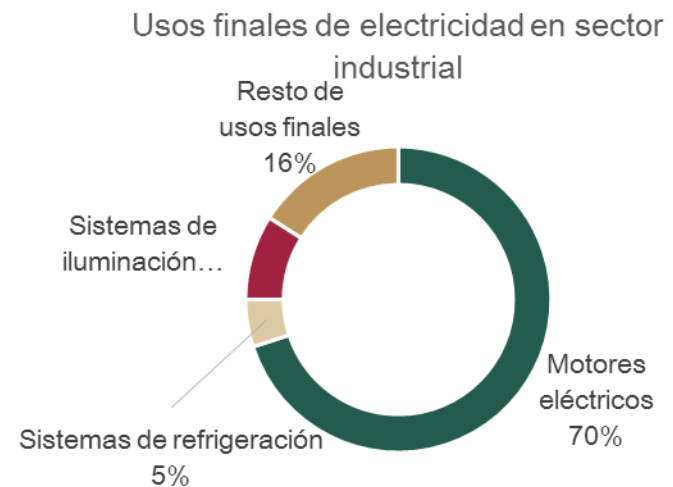


Figura 74. Usos finales de electricidad en el sector industrial mexicano. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)

Catálogo de medidas para el sector industrial

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

Se muestra una breve descripción de las mismas intentando abarcar, de forma general, aquellos procesos/actividades con un uso intensivo de energía tanto eléctrica como térmica o combustibles necesarios en la operación del día a día.

De igual forma, existen medidas descritas en el apartado de sector comercial aplicables al sector industrial.

La serie de medidas descritas no son limitativas, un acercamiento con mayor profundidad requiere del diagnóstico específico de la industria en particular y del levantamiento en sitio.

Sin embargo, esta serie de medidas tienen un alcance preciso de su aplicación dentro del sector.

Implementar Sistemas de Gestión de Energía para grandes consumidores de energía

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

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

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

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

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

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

La expansión y actualización de normas en productos y sistemas permite mantener una 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.

Estas normas suelen ser de carácter federal por lo que si bien su actualización o expansión no es competencia del gobierno de la Ciudad de México, si es posible que este exija el cumplimiento de las normas (nacionales y/o internacionales) más actuales.

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 industriales.

La Figura 75 recopila las medidas potenciales de eficiencia energética para el sector industrial y muestra, debajo de cada una de ellas, el ahorro energético que esta significa para el proceso en el que se implementan. Así, por ejemplo, la sustitución de luminarias por tecnología LED puede ahorrar entre un 70% y un 84% de la energía que consumen las industrias en iluminación.

Medidas Sector Industrial

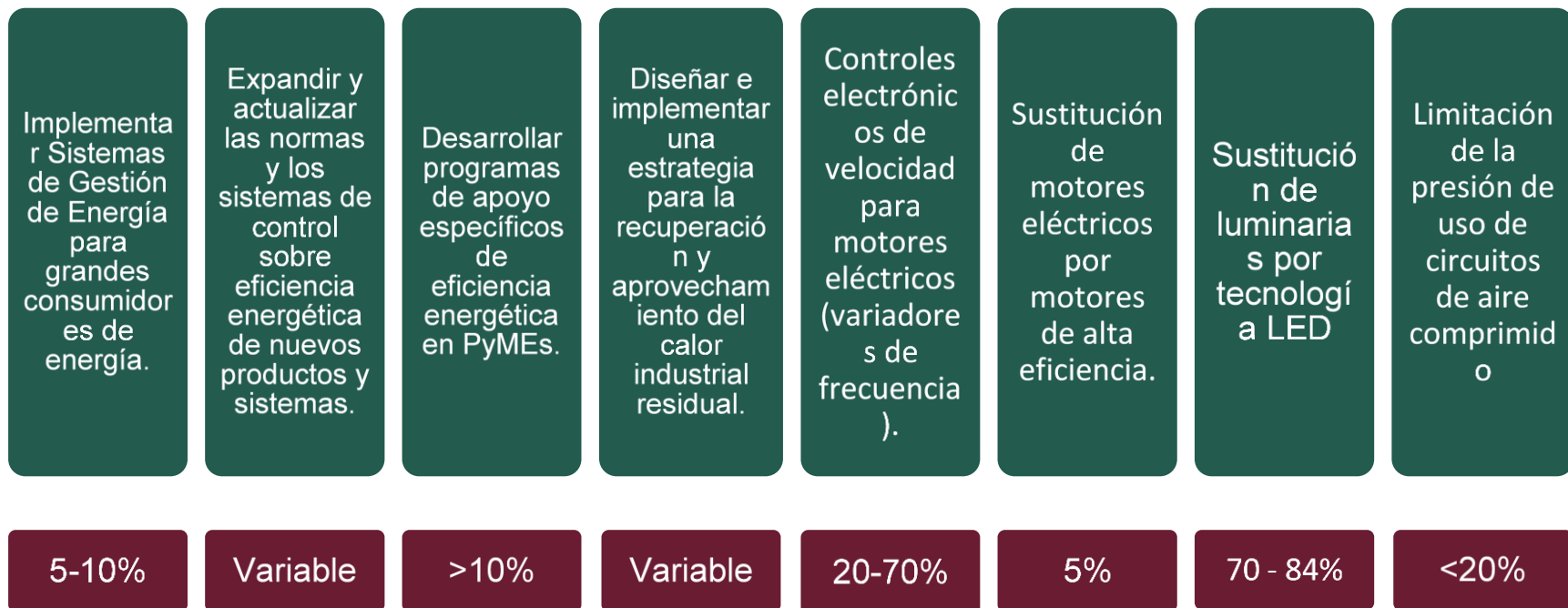


Figura 75. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector industrial y su porcentaje de ahorro energético

Considerando el análisis anterior, a continuación, se desagregan los usos finales utilizando como total de energía el reportado para el sector.

Tabla 33. Consumo energético en sector industrial por energético. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2018) (SENER, 2021).

Energético	Electricidad	GLP	Gas natural	Diésel	TOTAL (PJ)
PJ	25.93	3.95	34.67	0.35	64.9
Participación (%) 2019	40%	6%	53%	1%	100%

En este sentido, considerando la información de usos finales del sector industrial obtenida en (Islas-Samperio, et al., 2020) del total de energía consumida (64.9 PJ), 74% (48.03 PJ) corresponden a generación de calor y 26% (16.87 PJ) a usos finales vinculados con el uso de electricidad.

Tabla 34. Usos finales del sector industrial y participación en la CDMX. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2018) (SENER, 2021).

Usos finales sector industrial	Participación de usos finales en consumo final del sector industrial	Usos finales en PJ
Generación de calor (PJ)	74%	48.03
Usos finales con electricidad (PJ)	26%	16.87

A su vez, la generación de calor queda dividida tanto por aquella generada por hidrocarburos 90% (43.22 PJ) como también, la obtenida a través de electricidad 10% (4.8 PJ); ponderando ahorros promedios en estas tecnologías (para todo el sector) del 12% para electricidad y 30% para generación por medio de hidrocarburos, se obtendría un ahorro estimado de 13.54 PJ.

Tabla 35. Generación de calor en sector industrial por tipo de fuente en PJ. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021).

Fuente primaria para la generación de calor	Porcentaje dentro del uso final	PJ
Electricidad	10%	4.8
Hidrocarburos	90%	43.22

Tabla 36. Ahorro estimado para uso final Generación de calor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021) (SENER, 2018c).

Fuente primaria para la generación de calor	Ahorro estimado por aplicación de medidas de EE en generación de calor (%)	Ahorro estimado por aplicación de medidas de EE en generación de calor (PJ)
Electricidad	12%	0.58
Hidrocarburos	30%	12.97
Total ahorro estimado en uso final	28%	13.54

Para los usos finales de electricidad correspondientes al 26% del consumo energético del sector (16.87 PJ) quedan distribuidos de la siguiente forma: 11.81 PJ en usos relacionados con motores eléctricos, 0.84 PJ para sistemas de refrigeración, 1.52 PJ en

sistemas de iluminación y 2.7 PJ repartido en el resto de los usos finales.

Tabla 37. Usos finales de electricidad en consumo energético del sector industrial, participación y PJ. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021).

Usos finales con electricidad (PJ)	Participación (%) respecto a consumo energético del uso final	Usos finales con electricidad en PJ
Motores eléctricos	70%	11.81
Sistemas de refrigeración	5%	0.84
Sistemas de iluminación	9%	1.52
Resto de usos finales	16%	2.7
Total de energía usos finales de electricidad	100%	16.87

Utilizando como base los ahorros estimados en cada uno de los usos finales correspondientes a electricidad dentro del sector (SENER, 2018c) se obtiene la tabla siguiente con los valores en porcentaje y en PJ.

Tabla 38. Ahorro estimado para usos finales de electricidad dentro del consumo energético del sector industrial, participación y PJ. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021) (SENER, 2018c).

Usos finales con electricidad (PJ)	Ahorro estimado con medidas de E.E. (%)	Ahorro estimado con medidas de E.E. (PJ)
Motores eléctricos	20%	2.36
Sistemas de refrigeración	25%	0.21
Sistemas de iluminación	30%	0.46
Resto de usos finales	10%	0.27
Total de ahorro estimado por aplicación de medidas en usos finales de electricidad	20%	3.3

Como resultado de aplicar las medidas de eficiencia energética en todo el sector, considerando el 100% de U.E. atendidas como estado ideal, se calcula un ahorro energético de 25.9%, esto es, 16.84 PJ. Esto es, sumando los ahorros estimados tanto por generación de calor como de usos finales de electricidad.

Tabla 39. Ahorro estimado para usos finales de electricidad y generación de calor en todo el sector industrial (PJ). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021) (SENER, 2018c).

Tipos de uso final	Ahorro en PJ estimado
Generación de calor (electricidad e hidrocarburos)	13.54
Otros usos finales de electricidad	3.3
Ahorro estimado por aplicación de medidas de EE en todo el sector	16.84

Sector Residencial

El sector residencial es el tercer sector con mayor consumo energético dentro de la Ciudad con 9.3% (38.56 PJ). Por otra parte, es el segundo con mayor consumo de electricidad, 23.98% (11.64 PJ) del total consumido en la Ciudad para el año 2019 (48.56PJ).

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

De forma particular, en la siguiente gráfica se observa la distribución de energéticos consumidos en el sector, los valores dados se encuentran tanto en PJ como en porcentaje.

Se observa que la matriz se compone principalmente de GLP con el 55% del consumo dentro del sector, 30% a través de electricidad y 15% de consumo se da a través de gas seco. Para el caso de leña, los valores al colocarse en PJ resultan poco significativos.

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

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

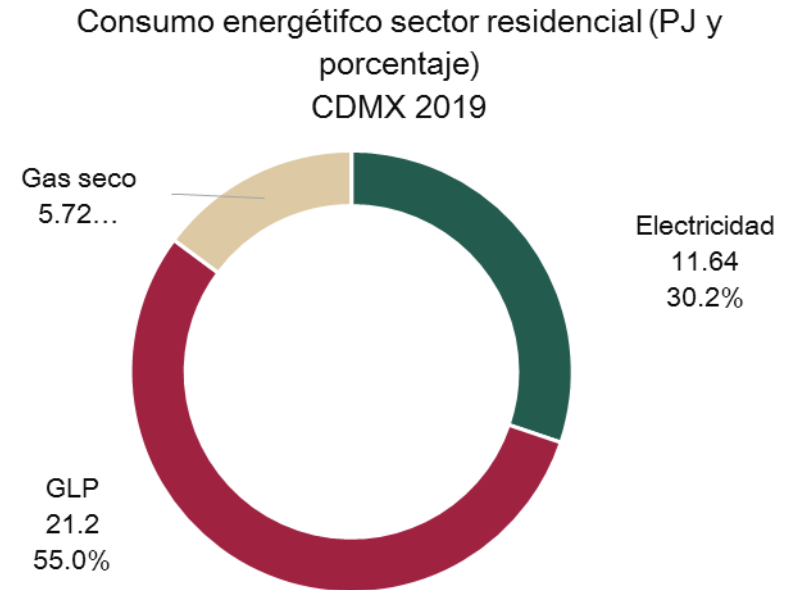


Figura 76. Consumo de energía en el sector residencial. Fuente: Elaboración propia con información de (CFE, 2018; SENER, 2019 a)

Primeramente, se describen las medidas de eficiencia energética propuestas para el sector residencial dentro de la Ciudad. Después se muestra el análisis y potencial de ahorro energético estimado.

Cabe mencionar que, a pesar de no tener un consumo de leña alto, la importancia en su mitigación se debe a las afectaciones tanto de

salud en los hogares en los que se utiliza como hacia el medio ambiente.

Las medidas descritas a continuación 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 ONIL²⁷

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.

²⁷ Ejemplos de estufas de leña mejoradas en:
<https://ecotec.unam.mx/ecoteca/estufas-de-lena-mejoradas>

Estas campañas pueden ser dirigidas a públicos objetivo, como pueden ser las poblaciones más vulnerables a quien se pueden dirigir programas de apoyo para el acceso a energéticos o equipos de uso final modernos.

Confort Térmico – Diseño Bioclimático

La penetración de regulaciones locales sobre diseño bioclimático, permitiendo eficientizar tanto los sistemas de ventilación,

iluminación y acondicionamiento de espacios, a través del diseño. El impacto derivado se da en el uso de bienes para el confort térmico como aire acondicionado, ventiladores y calefacción; y el aprovechamiento de la luz natural al máximo.

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

Medidas Sector Residencial

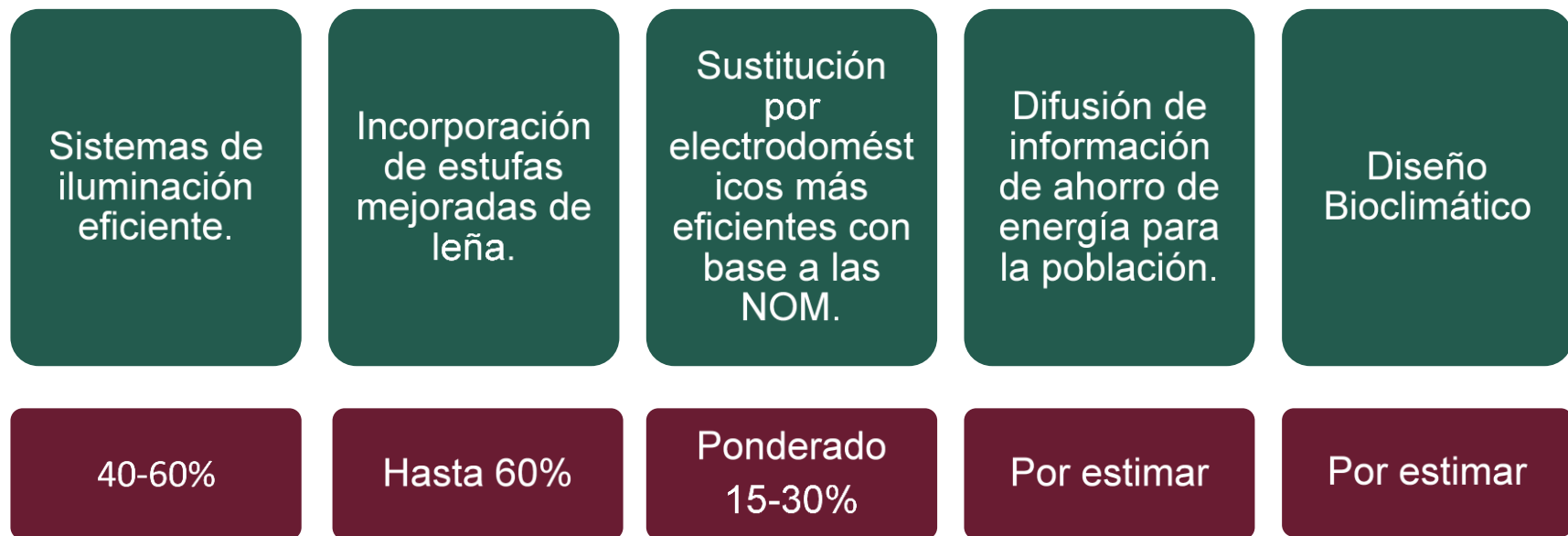


Figura 77. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector residencial y su porcentaje de ahorro energético

Con el fin de obtener el valor estimado de ahorro por la aplicación de medidas de eficiencia energética en el sector, principalmente aquellas con impacto en la tecnología utilizada por los hogares, se describe lo siguiente.

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

1. Usos finales eléctricos
2. Usos finales térmicos

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

- Iluminación
- Stand by
- Enfriamiento de espacios
- Lavadoras

- Microondas
- Televisión
- Refrigeradores
- Otros

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

- Calentamiento de agua
- Cocción de alimentos

En la siguiente gráfica tomada de (CEPAL, 2018) se puede apreciar la distribución de estos usos finales a nivel nacional. Debido a la falta de información específica a nivel subnacional, el análisis realizado considera como base los porcentajes dados a los usos finales de la fuente (CEPAL, 2018).

Como se puede observar, el 73% de consumo energético se da en usos finales térmicos, mientras que el 27% restante se consume a través de usos finales eléctricos.

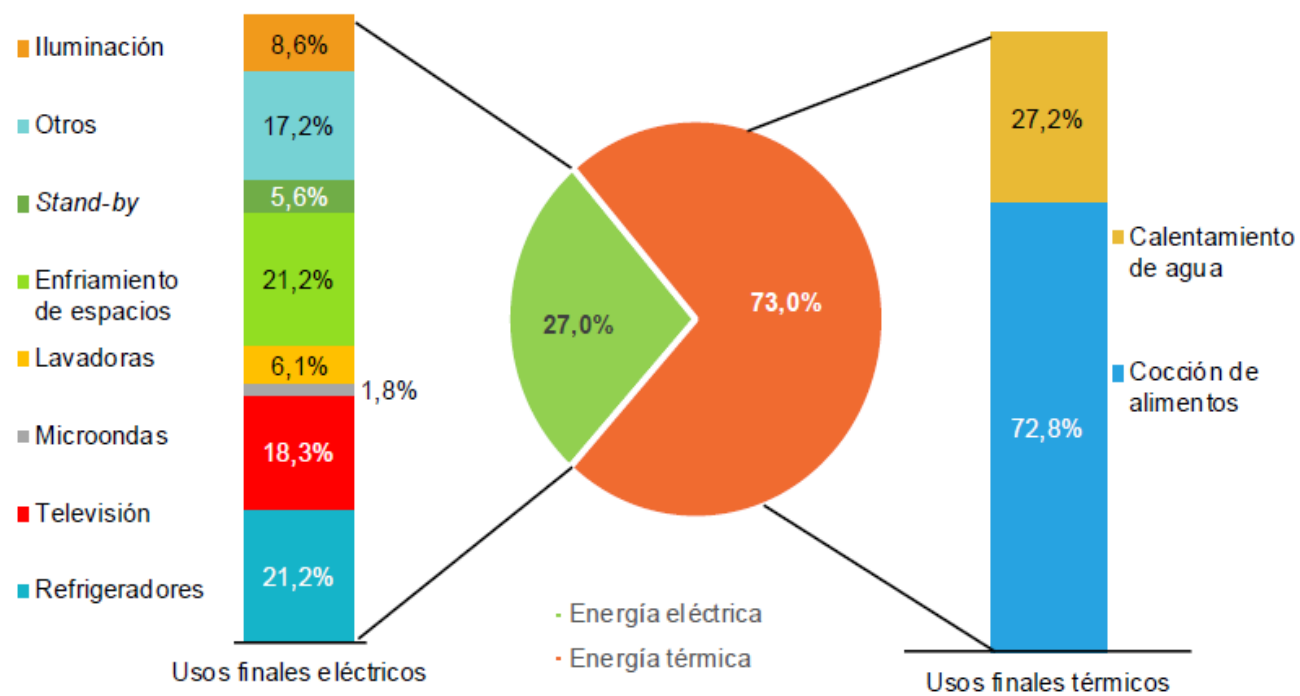


Figura 78. Consumo de energía en el sector residencial. Fuente: (CEPAL, 2018)

Tomando como base el consumo energético del sector, se realiza la distribución en consumo energético eléctrico y térmico de la siguiente forma:

Tabla 40. Consumo energético por sector y por tipo de energía. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CEPAL, 2018) (CFE, 2018) (SENER, 2021)

Total consumo energético sector	38.56 PJ
Consumo eléctrico	11.57 PJ
Consumo térmico	26.99 PJ

Tomando como base la división de usos finales para consumo eléctrico y el potencial ponderado de diversos equipos se obtiene la Tabla 41:

Tabla 41. Usos finales eléctricos del sector residencial y potenciales de ahorro estimados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CEPAL, 2018) (CFE, 2018) (SENER, 2021)

Usos finales Eléctricos	Participación	PJ	Potencial de ahorro ponderado por uso final al aplicar medidas de eficiencia energética	Ahorro energético estimado (PJ)
Iluminación	8.60%	0.99	60%	0.60
Otros	17.20%	1.99	15%	0.30
Stand by	5.60%	0.65	0%	-
Enfriamiento de espacios	21.20%	2.45	25%	0.61
Lavadoras	6.10%	0.71	20%	0.14
Microondas	1.80%	0.21	25%	0.05
Televisión	18.30%	2.12	15%	0.32
Refrigeradores	21.20%	2.45	15%	0.37
Totales	100.00%	11.57 PJ		2.39 PJ

Como se puede observar el mayor impacto de ahorro se da al aplicar las medidas de eficiencia energética en iluminación, alcanzando un valor estimado de 0.6 PJ.

El mayor potencial de ahorro se da en las medidas que impactan los usos finales térmicos, ya sea para calentamiento de agua como para cocción de alimentos.

Finalmente, sumando el potencial de ahorro energético estimado en ambos sectores da un total de 9.14 PJ, 23.69% de ahorro respecto al total consumido.

Tabla 42. Usos finales térmicos del sector residencial y potenciales de ahorro estimados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de de (CEPAL, 2018) (CFE, 2018) (SENER, 2021)

Usos finales térmicos	Participación	PJ	Potencial de ahorro ponderado por uso final al aplicar medidas de eficiencia energética	Ahorro energético estimado
Calentamiento de agua	27.20%	7.34	25%	1.84
Cocción de alimentos	72.80%	19.65	25%	4.91
Totales	100.00%	26.99		6.75

Sector Comercial y Servicios

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

Existen 213,988 U.E., dentro del sector, correspondientes a 153 diferentes tipos de actividades. Las 15 actividades con mayor penetración dentro de la Ciudad suman un total de 203,690 U.E., lo que corresponde al 42% del total de U.E. dentro de la Ciudad de México. Con el fin de establecer medidas de eficiencia energética acordes al diagnóstico de la Ciudad de México. A continuación, se observa el tipo de actividad y el número de unidades correspondientes a las mismas:

En cuestión económica, las actividades relacionadas al comercio son las de mayor impacto en el PIB con el 19.3%, lo cual, permitirá aprovechar de una forma óptima los recursos energéticos mientras se producen mayores ingresos.

Con el fin de establecer medidas de eficiencia energética acordes al diagnóstico de la Ciudad de México, se eligieron 7 tipos de actividades:

1. Restaurantes;
2. Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas;
3. Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares;
4. Banca múltiple;
5. Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal;
6. Lavanderías y tintorerías;
7. Hoteles

La elección se realizó considerando 3 aspectos fundamentales: la presencia dentro de la ciudad, la diversificación de energía utilizada en el día a día de la unidad y el impacto a la sociedad.

En este sentido, de las 7 actividades analizadas se cuenta con un total de 113,764 unidades económicas, las cuales representan el 24% del total de U.E. de este sector.

Tabla 43. Actividades del sector comercial y servicios con mayor presencia en la ciudad por número de U.E. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Actividad	Número de U.E.
Restaurantes	44,075
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	37,994
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	20,356
Comercio al por menor de artículos de papelería	13,391
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	12,602
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	10,817
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	9,226
Banca múltiple	9,103
Consultorios dentales del sector privado	7,318
Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería	7,188
Comercio al por menor de carne de aves	6,696
Comercio al por menor de carnes rojas	6,318
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	6,308
Lavanderías y tintorerías	6,303
Comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías	5,995

Presencia de Unidades Económicas del Sector Comercial y Servicios con mayor representación en la CDMX

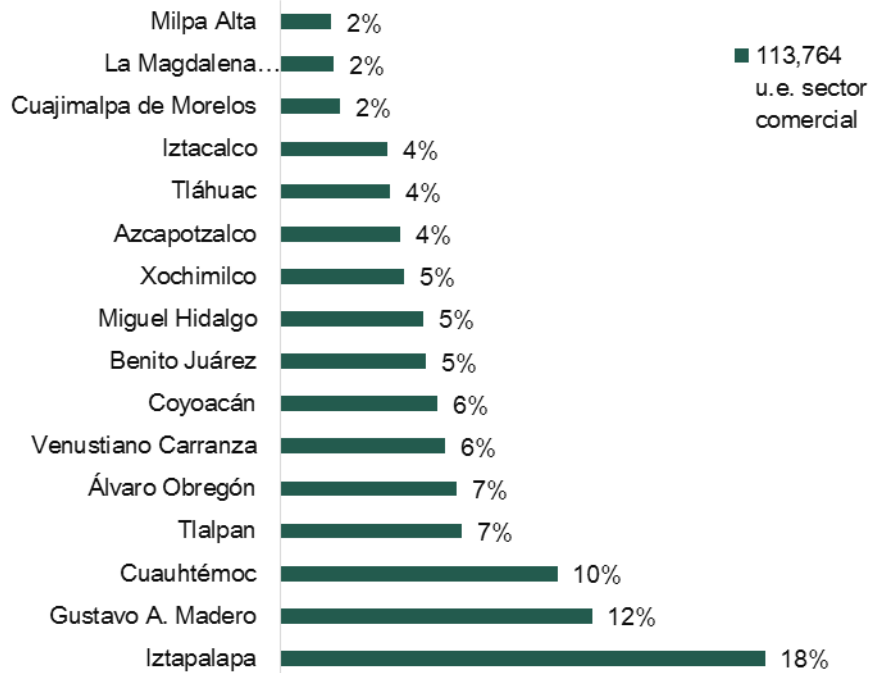


Figura 79. Distribución por Alcaldía de actividades analizadas del sector comercial. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Las U.E. se concentran en Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc, quienes en conjunto cuentan con el 40% de estas.

El 60% restante se reparte de forma uniforme en las 9 alcaldías restantes, siendo las de menor concentración Milpa Alta, Cuajimalpa y La Magdalena Contreras, todas con 2% de concentración.

Geográficamente, la mayoría de las unidades económicas se concentran en la parte Nororiente de la Ciudad y con una menor concentración en la parte Suroriente y Poniente.

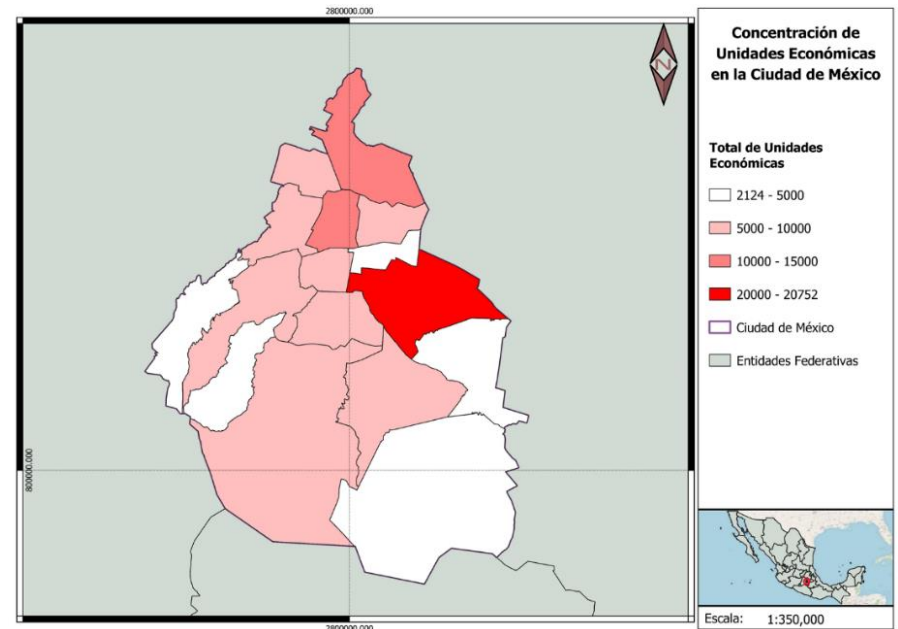


Figura 80. Mapa de distribución por Alcaldía de actividades analizadas del sector comercial. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Con el fin de poder conocer el comportamiento geográfico y la distribución de cada una de las actividades analizadas se generaron mapas de concentración por alcaldía.

En primera, se muestra el mapa de restaurantes por ser el de mayor cantidad de U.E., la gran parte concentrada en la parte norte y poniente de la ciudad. En este, Iztapalapa, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero concentran 17,998 U.E., esto es, 40% de U.E.

Las alcaldías con menor cantidad de restaurantes son Cuajimalpa, La Magdalena Contreras y Milpa Alta con el 5% (2,222 U.E.).

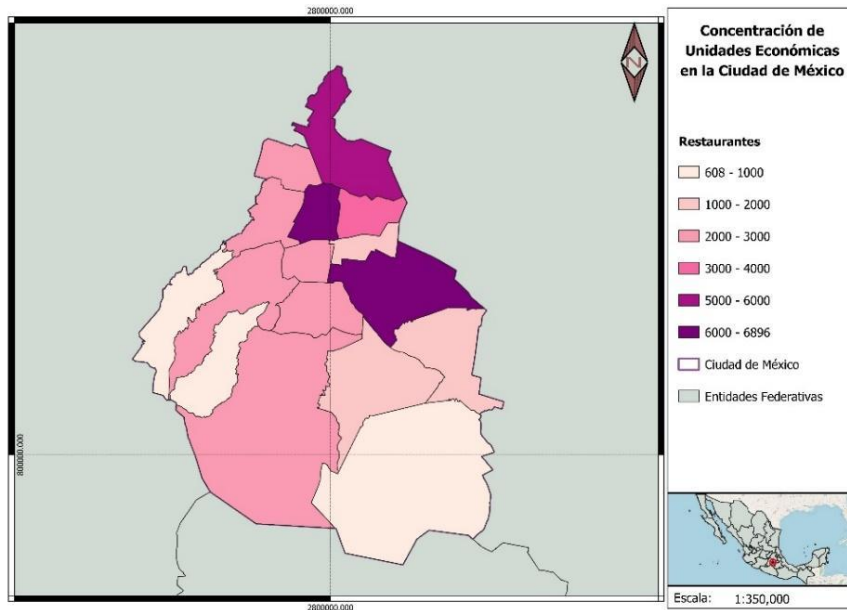


Figura 81. Mapa de distribución de restaurantes por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Por su parte, la concentración de comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas se concentra principalmente en Iztapalapa y Gustavo A. Madero con 14 mil U.E. en conjunto (37% del total de U.E.).

Las de menor concentración son Miguel Hidalgo, Cuajimalpa de Morelos y Benito Juárez con una concentración en conjunto del 6.5% (2,474 U.E.).

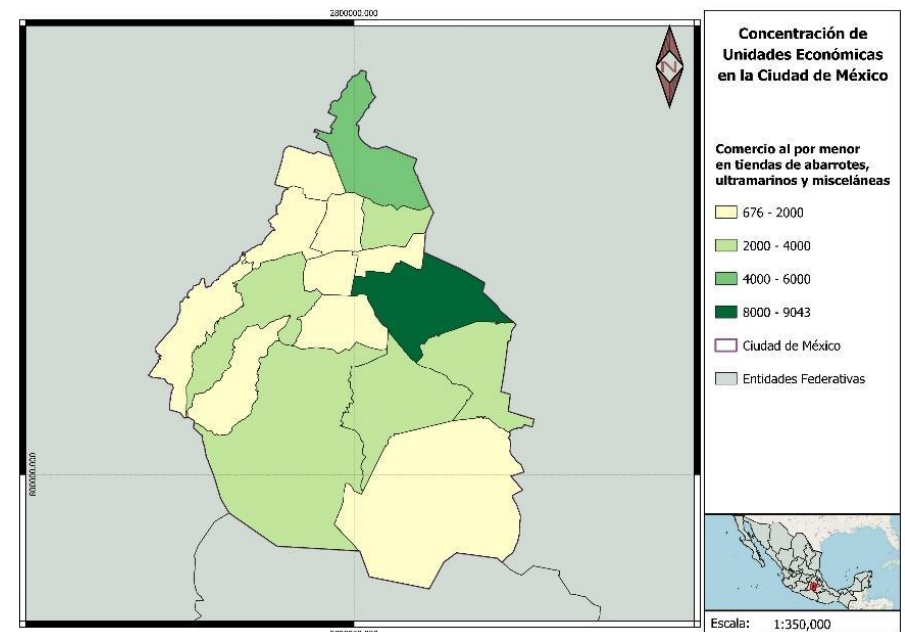


Figura 82. Mapa de distribución de comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Por otra parte, el 41% (3,822) de cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares, se concentra en Iztapalapa, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero.

Cuajimalpa, La Magdalena Contreras y Milpa Alta cuentan con 362 de estas U.E. (3.9%).

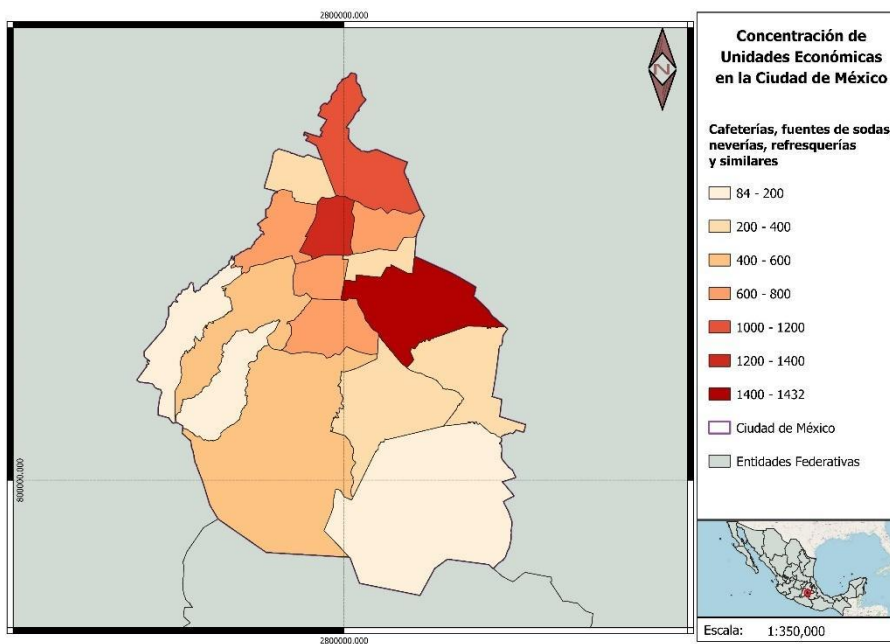


Figura 83. Mapa de distribución de cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Para el caso de banca múltiple, la distribución cambia, la concentración se da principalmente en la parte central de la ciudad y en zonas del poniente.

Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Benito Juárez concentran el 40% de estos servicios con 3,652 U.E.

Por el contrario, Tláhuac, Magdalena Contreras y Milpa Alta cuentan con 174 U.E., 1.9% del total de U.E. correspondientes a este servicio.

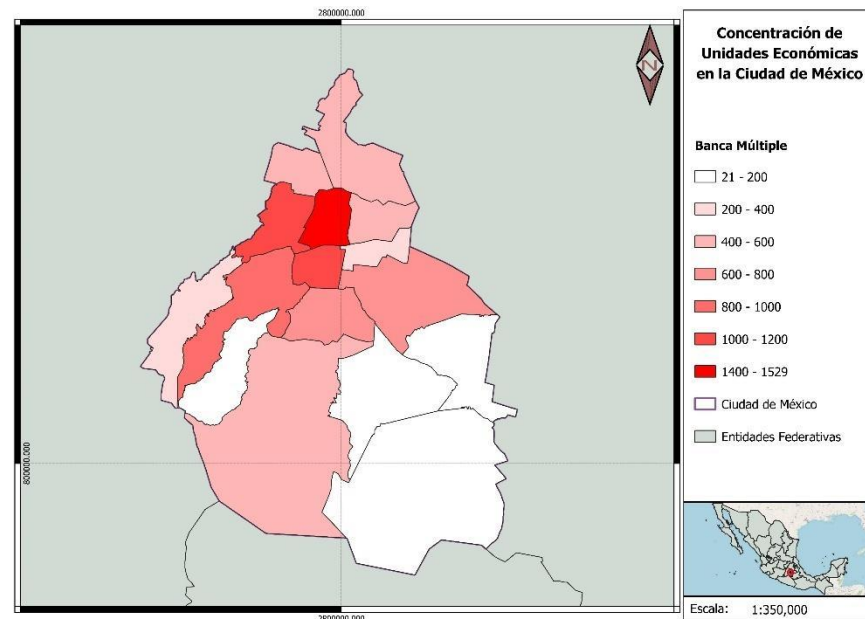


Figura 84. Mapa de distribución de banca múltiple por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

En cuanto a la elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal, Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Tlalpan concentran el 45% de U.E. (2,828).

Por su parte, la menor presencia de este servicio en la ciudad se encuentra en Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa con 404 U.E. en total (6.3%).

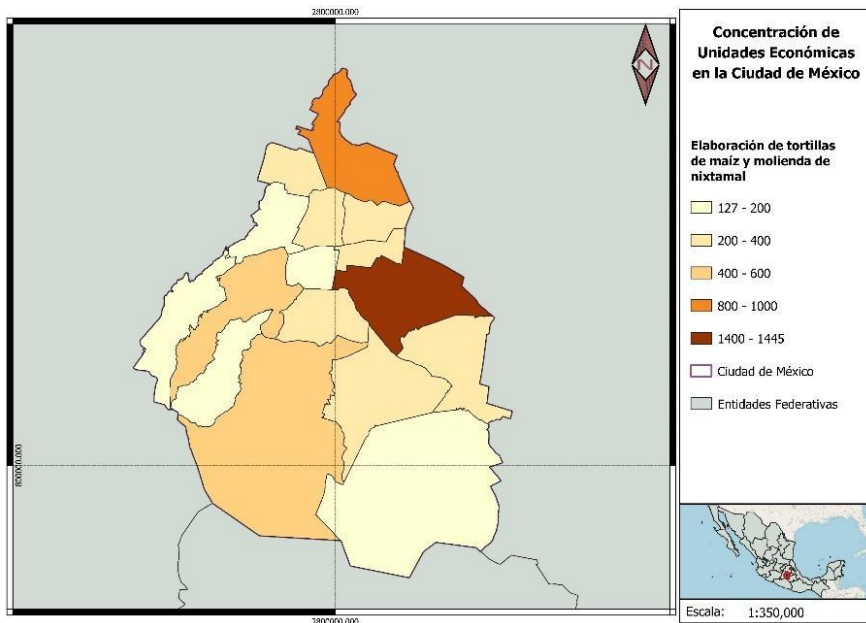


Figura 85. Mapa de distribución de elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Para el caso de lavanderías y tintorerías se tiene mayor presencia en la parte central de la ciudad, existe una distribución más equitativa entre todas las alcaldías. Sin embargo, destaca Iztapalapa con el 17.8% del total. En el caso contrario, Milpa Alta cuenta con 0.9% de éstas.

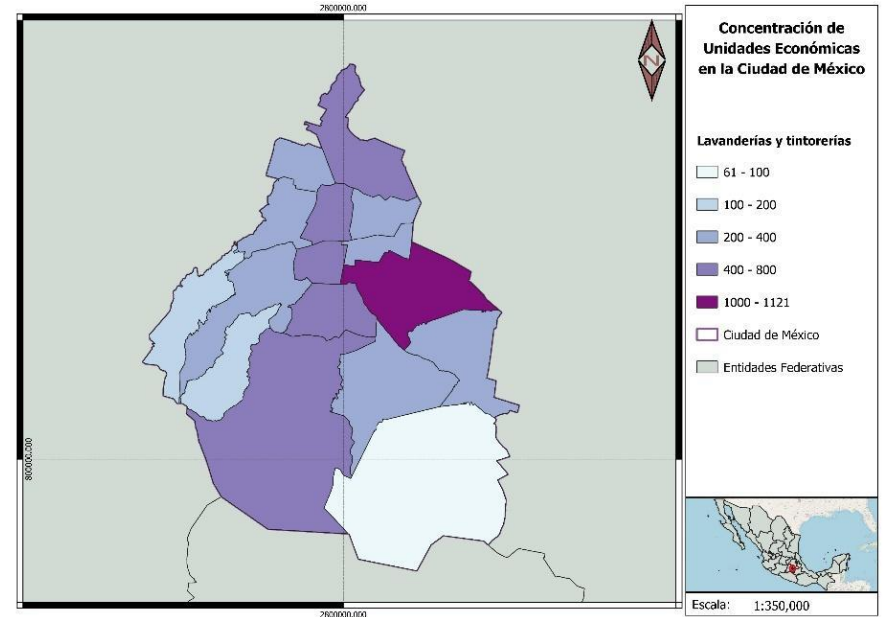


Figura 86. Mapa de distribución de elaboración de lavanderías y tintorerías por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Por último, la concentración de hoteles se da principalmente en la alcaldía Cuauhtémoc con el 50% (379 hoteles.), Miguel Hidalgo y Benito Juárez, cuentan, en conjunto, con el 20% (149 hoteles) de estas unidades.

Xochimilco, Magdalena Contreras y Tláhuac concentran 1.7% del total de hoteles (13 hoteles), mientras que, Milpa Alta no cuenta con unidades registradas en este rubro.

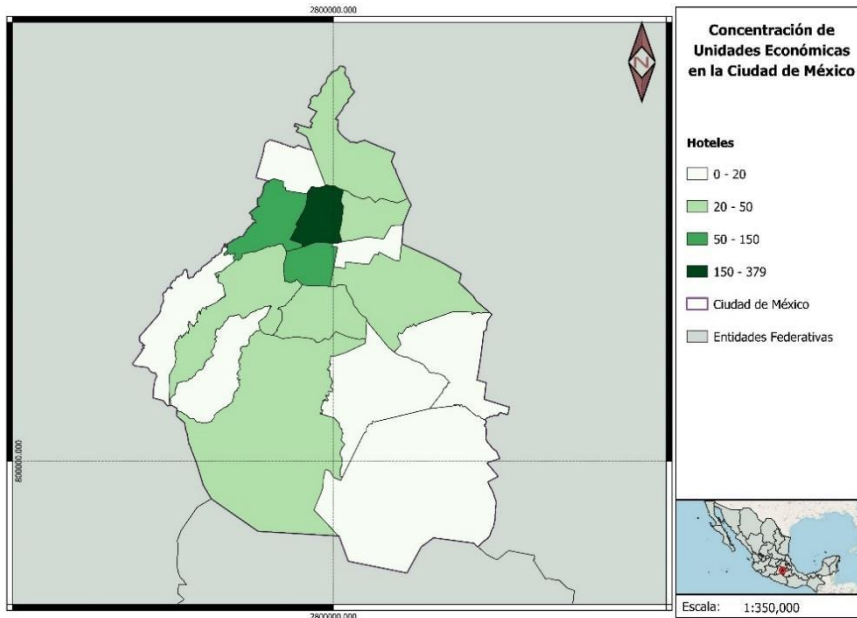


Figura 87. Mapa de distribución de hoteles por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Consumo energético y usos finales dentro del sector

El consumo energético dentro del sector es de gran relevancia, se coloca como el tercer mayor consumidor de electricidad dentro de la Ciudad con el 15.32% y el segundo mayor consumidor de G.L.P. con el 15% del total.

Como se observa en la siguiente gráfica, el sector comercial cuenta con un consumo energético de 15.9 PJ. Dentro de este, el 48% se da a través de electricidad, 36% de gas LP y el 16% de consumo de gas natural (seco).

Consumo energético (PJ) Sector comercial CDMX 2019

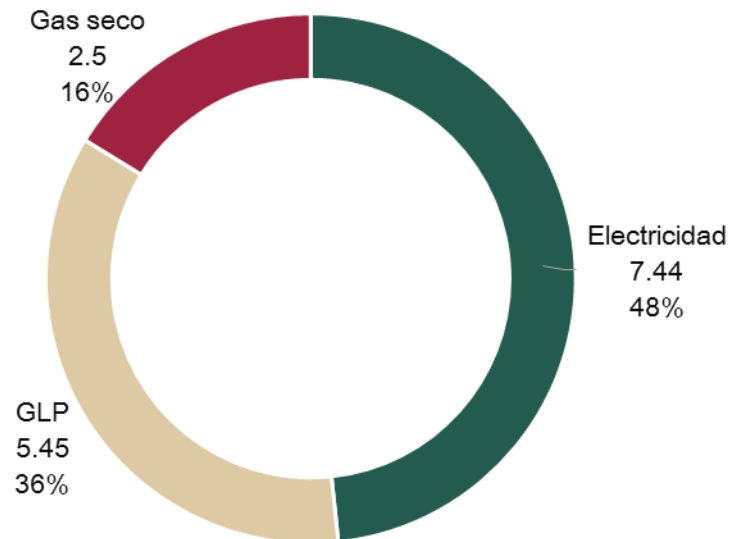


Figura 88. Consumo de energía en el sector comercial. Fuente: (CFE, 2018; SENER, 2019 a)

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

Considerando como base las actividades seleccionadas previamente, en la Tabla 44 se observa la cantidad de unidades económicas correspondientes a cada uno de los giros económicos, y de forma general, usos finales con los que se cuenta dentro de los mismos y principal

tecnología o aparatos para el cumplimiento de estos usos. Como se puede observar, la iluminación es un uso final transversal, a su vez, el consumo y la proporción utilizada de energía eléctrica o térmica depende del giro.

Para obtener la distribución de usos finales dentro del sector, se toma como base la publicación Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicios, elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Morillón, et al., 2015).

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

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

Con base en (Morillón, et al., 2015) la distribución de usos finales para edificios comerciales y de servicios en clima templado se observa en la Tabla 45

Tabla 44. Actividades del sector comercial con mayor presencia en la Ciudad de México por número de U.E, usos finales y tecnología de uso. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Tipo de actividad	u.e	Usos finales		Principal tecnología o aparatos	
Restaurantes	44,075	Iluminación Cocción de alimentos Calentamiento de agua	Confort Térmico Uso de electrodomésticos	Focos Refrigeradores Aire acondicionado	Estufas y parrillas Hornos eléctricos y térmicos
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	37,994	Refrigeración Iluminación	Uso de máquinas eléctricas	Vitrinas de refrigeración Refrigerador comercial (bebidas) Focos	Maquinaria para diversos productos (rebanadoras, básculas, etc.)
Cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares	9,226	Iluminación Máquinas eléctricas	Refrigeración	Focos Electrodomésticos (cafeteras, molinos de granos)	Refrigeradores comerciales (neverías) Vitrinas de refrigeración
Banca múltiple	9,103	Iluminación	Confort térmico	Lámparas	Aire acondicionado
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	6,308	Máquinas eléctricas Iluminación	Máquina térmica	Lámparas Máquina tortilladora Molino Amasadora	Báscula Refrigerador
Lavanderías y tintorerías	6,303	Máquinas eléctricas	Generación de vapor Iluminación	Lavadoras Máquinas generadoras de vapor	Iluminación Secadoras
Hoteles	755	Iluminación Cocción de alimentos Calentamiento de agua Confort Térmico	Uso de electrodomésticos ACS Ventilación	Aire acondicionado - Calefacción Equipamiento de cocina	Electrodomésticos Piscina Regaderas Refrigeradores

Tabla 45. Usos finales de energía por tipo de edificio comercial y de servicios en clima templado. Fuente: Elaboración propia con información de (Morillón, et al., 2015).

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

A continuación, se describen las medidas correspondientes al sector y los beneficios traídos consigo. Al final de la descripción se muestra una tabla (Tabla 46) con valores de ahorro ponderados para cada tecnología o uso final, obtenidos de diversos estudios, investigaciones y proyectos realizados por diversas instituciones tanto públicas como privadas.

Al igual que en los sectores anteriores, las medidas descritas no son limitativas, sino dan un enfoque general de medidas aplicables en una gama de comercios con diferente actividad con usos de energéticos y energía eléctrica y térmica, principalmente.

Aislamiento térmico y Aislamiento en Refrigeración.

El aislamiento térmico permite conservar el calor o el frío dentro de un espacio. Por consiguiente, disminuye el uso de aparatos para la climatización de espacios. Lo cual tiene como efecto directo el ahorro energético y económico.

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

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

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

Manejo de condensado de vapor.

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

Ajuste de combustión en calderas.

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

Al conseguir la optimización del uso del combustible es posible obtener ahorros económicos. Por su parte, una buena relación aire-combustible y

el ajuste de los quemadores de acuerdo a la carga de operación real se obtienen menos emisiones contaminantes.

Recuperación de gases de calor.

La recuperación de gases de calor tiene dos objetivos principales:

Reutilización del calor emitido por los subproductos o productos de un proceso.

Reducir la contaminación térmica al disminuir la temperatura del calor residual.

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

Recuperación de calor de purga en calderas.

La recuperación del calor se obtiene debido al requerimiento para el control del número total de sólidos disueltos en el agua contenida en la caldera. La purga se realiza a través de una válvula permitiendo descargar el agua contenida. Una vez realizada la descarga se aumenta la eficiencia energética del sistema cuando se coloca un intercambiador de calor destinado a aumentar la temperatura del agua de alimentación.

Colocar quemadores de alta eficiencia en calderas.

El recambio o ajuste de los quemadores, ya sea por el tipo de quemador pasando de quemadores de marchas a quemadores modulantes, o bien, ajustando los controles de aire y gas necesarios en el proceso; como también modificando el energético utilizado, y, por lo tanto, teniendo un

cambio de quemadores existentes por los de alta eficiencia. Todo ello supone un ahorro en el combustible utilizado, derivando en la disminución de costos y reduciendo la cantidad de emisiones.

Sistemas de Iluminación eficientes.

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

NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-028-ENER-2010. Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.

NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.

Cogeneración.

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

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

Medidas en Sector Comercial

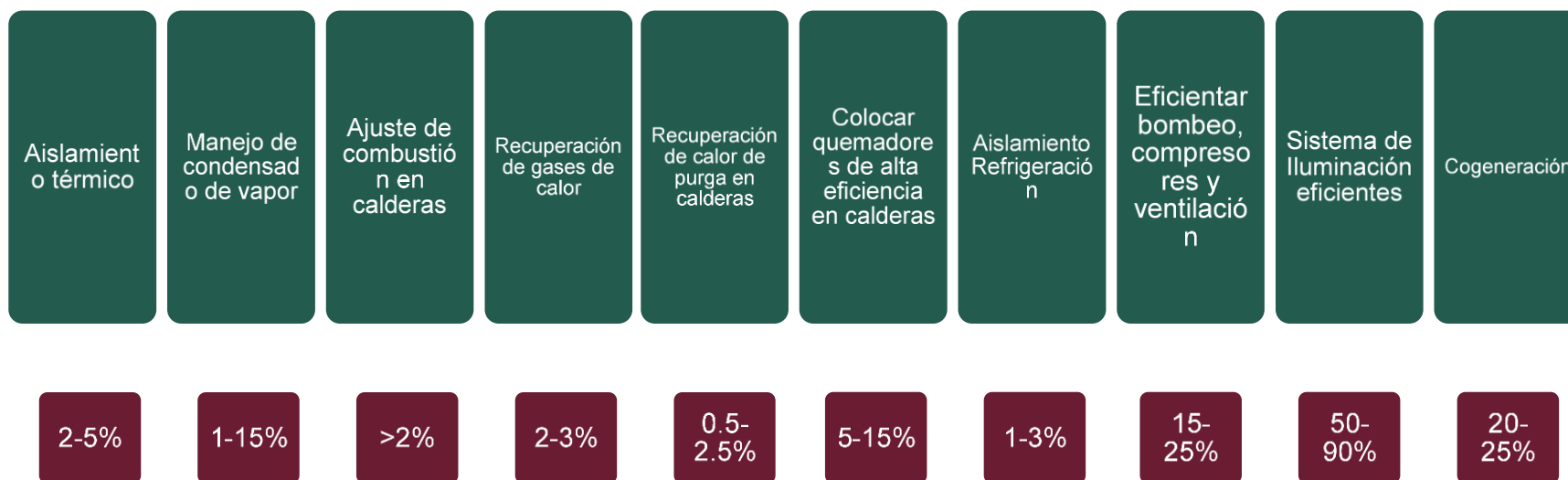


Figura 89. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector comercial y su porcentaje de ahorro energético

Con base en las medidas de eficiencia energética propuestas y los usos finales de energía se realiza la estimación de ahorro energético en el sector comercial y servicios.

Para ello, se considera el promedio de porcentajes dado a los usos finales de los edificios del sector comercial y servicios para clima templado estudiados, quedando de la siguiente manera:

Distribución de usos finales promedio en edificios del sector comercial y servicios en clima templado

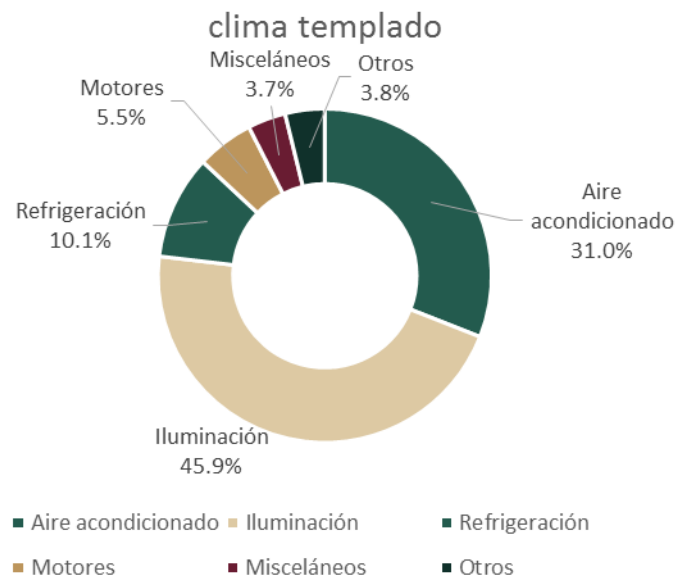


Figura 90. Distribución de usos finales promedio en edificios del sector comercial y de servicios. Fuente: Elaboración propia con datos de (Morillón, et al., 2015).

En este sentido, ponderando los valores propuestos para las medidas de eficiencia energética y considerando las actividades seleccionadas (24%

de U.E. del total del sector) se obtienen los resultados de la Tabla 46. Se puede observar, que al aplicar las medidas energéticas en el 24% de las U.E. puede alcanzarse un ahorro energético de 1.17 PJ.

Tabla 46. Distribución de usos finales promedio en edificios del sector comercial y de servicios. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE, 2018) (SENER, 2021) (Morillón, et al., 2015).

Uso final	Consumo energético sector comercial (PJ) CDMX 2019	Consumo energético del 24% de unidades económicas (PJ)	Ahorro ponderado por aplicación de medidas de E.E.	Ahorro energético estimado por medidas propuestas (PJ)
Aire acondicionado	4.92	1.18	5%	0.06
Iluminación	7.30	1.75	60%	1.05
Refrigeración	1.60	0.39	3%	0.01
Motores	0.88	0.21	5%	0.01
Misceláneos	0.59	0.14	20%	0.03
Otros usos finales	0.61	0.15	10%	0.01
Totales	15.90 PJ	3.82 PJ	-	1.17 PJ

Sector Público

El consumo energético en el sector público corresponde al 0.9% del total consumido en la Ciudad con 3.55 PJ.

Con la información reportada a través de (SENER, 2021) se cuenta con electricidad como energético utilizado. La distribución del mismo se da en dos usos finales:

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

Usos finales de energía en el sector público

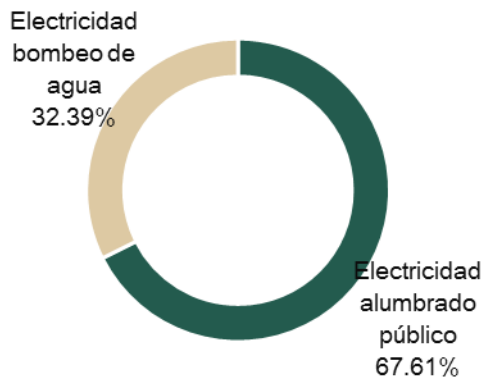


Figura 91. Usos finales del sector público. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)

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

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

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

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

Después se analiza, el sistema de alumbrado público, el cuál trae tanto beneficios energéticos, ahorros económicos como también impactos sociales.

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

Estrategias de distribución de productos y recolección de residuos.

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

La generación y aplicación de estas estrategias permite integrar tecnología, fomentar inversión, empleo, y a su vez, generar ahorros tanto energéticos (al 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 tanto 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 la eficiencia de la tecnología para bombeo de agua.

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

Con este fin, las mejoras en el sistema intervienen tanto en procesos como en la operación del mismo estimando un ahorro en la factura eléctrica.

Sistemas de iluminación eficiente.

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

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

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

NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.

NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización).

Medidas en Sector Público

Estrategias de distribución de productos y recolección de residuos.

Sustitución de sistemas de alumbrado público.

Mejorar eficiencia de tecnología para bombeo de agua.

Sistemas de iluminación eficiente.

<30%

<50%

+/-18%

70-84%

Figura 92. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector público y su porcentaje de ahorro energético

Sector Transporte

El sector transporte es el sector con mayor consumo energético con una participación del 70.5% (292.98PJ) del total de la Ciudad de México.

Presenta una gran área de oportunidad al utilizar en su totalidad energéticos fósiles, siendo los principales, gasolina, turbosina y diésel (98% del consumo por energético del sector).

Consumo energético en el sector transporte de la CDMX 2019

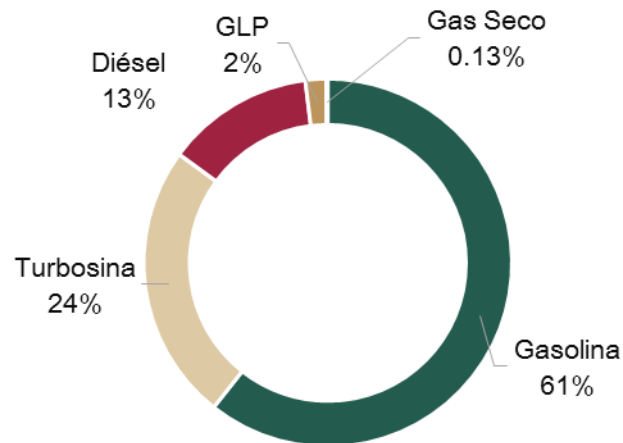


Figura 93. Consumo de energía por tipo de energético en sector transporte.
Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)

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

de la Ciudad hace que el establecimiento de medidas sea una cuestión imperativa.

En la actualidad, con datos de INEGI (INEGIb, 2021) se cuenta con 6 millones de vehículos de motor registrados en circulación, siendo la segunda entidad con mayor cantidad de vehículos registrados, sólo por debajo del Estado de México.

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

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

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

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

Incentivar el uso del auto compartido

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

Como objetivo se tendrán recorridos en el menor tiempo posible, mejor conectados y más seguros.

Con ello, atraer beneficios urbanos, ambientales y sociales.

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

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

Incentivar el uso del transporte público.

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

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

Medidas en Sector Transporte

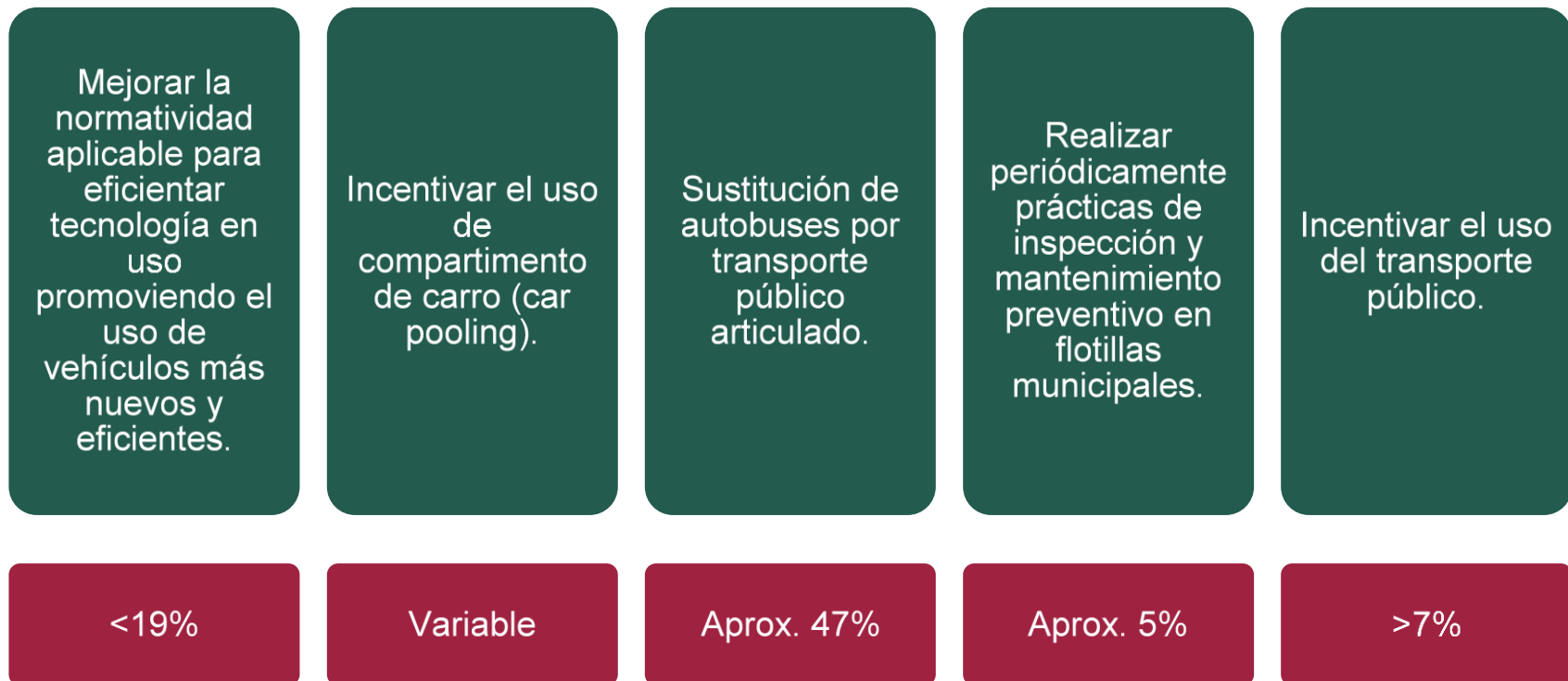


Figura 94. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector transporte y su porcentaje de ahorro energético

Sector Agropecuario

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

Con un total de 0.41 PJ consumidos en el año 2019, el 99% corresponde a consumo de gas L.P y el resto se da en consumo de energía eléctrica.

Consumo de energía en sector agropecuario
CDMX 2019 por tipo de energético

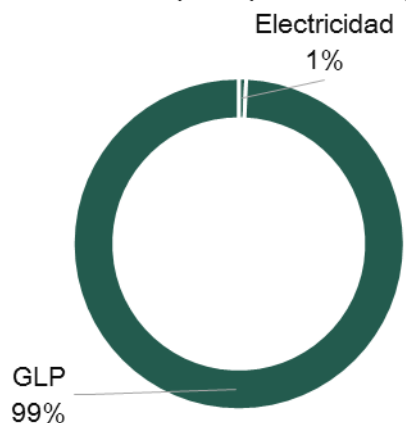


Figura 95. Consumo de energía por tipo de energético en sector transporte.
Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)

Por lo mismo, se plantean medidas de eficiencia energética correspondientes a las principales actividades desarrolladas dentro de la Ciudad. A pesar de no tener un impacto tan grande en ahorro de energía,

es fundamental no dejar de lado la importancia del sector frente al consumo de alimentos dentro de la ciudad. Además de mejorar la calidad de vida de la población trabajadora en el sector.

Para la descripción de las medidas 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 de la Ciudad.

A continuación, se describen las medidas correspondientes.

Mejorar la eficiencia en los 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 eficientar 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 eficientar 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 cuál se está llevando a cabo el proceso permite adaptarlo de acuerdo a la necesidad. Con esta aplicación se mejora la eficiencia del sistema al implementar el riego solamente cuando es necesario evitando así, tiempo de riego y desperdicio del recurso.

Capacitación a 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 eficientar los procedimientos dentro del sistema y el proceso en general, trayendo consigo ahorros en tiempo, energéticos y evitando desperdicios.

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

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

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

La mejora en la eficiencia en generación de calor y funcionamiento de calderas se puede realizar a través de diversos métodos, entre ellos, se encuentra el cambio del energético utilizado, el cambio de la tecnología o, como se mencionó en sectores anteriores, la utilización de intercambiadores de calor para poder aprovechar el calor residual, así como su aplicación en otros procesos.

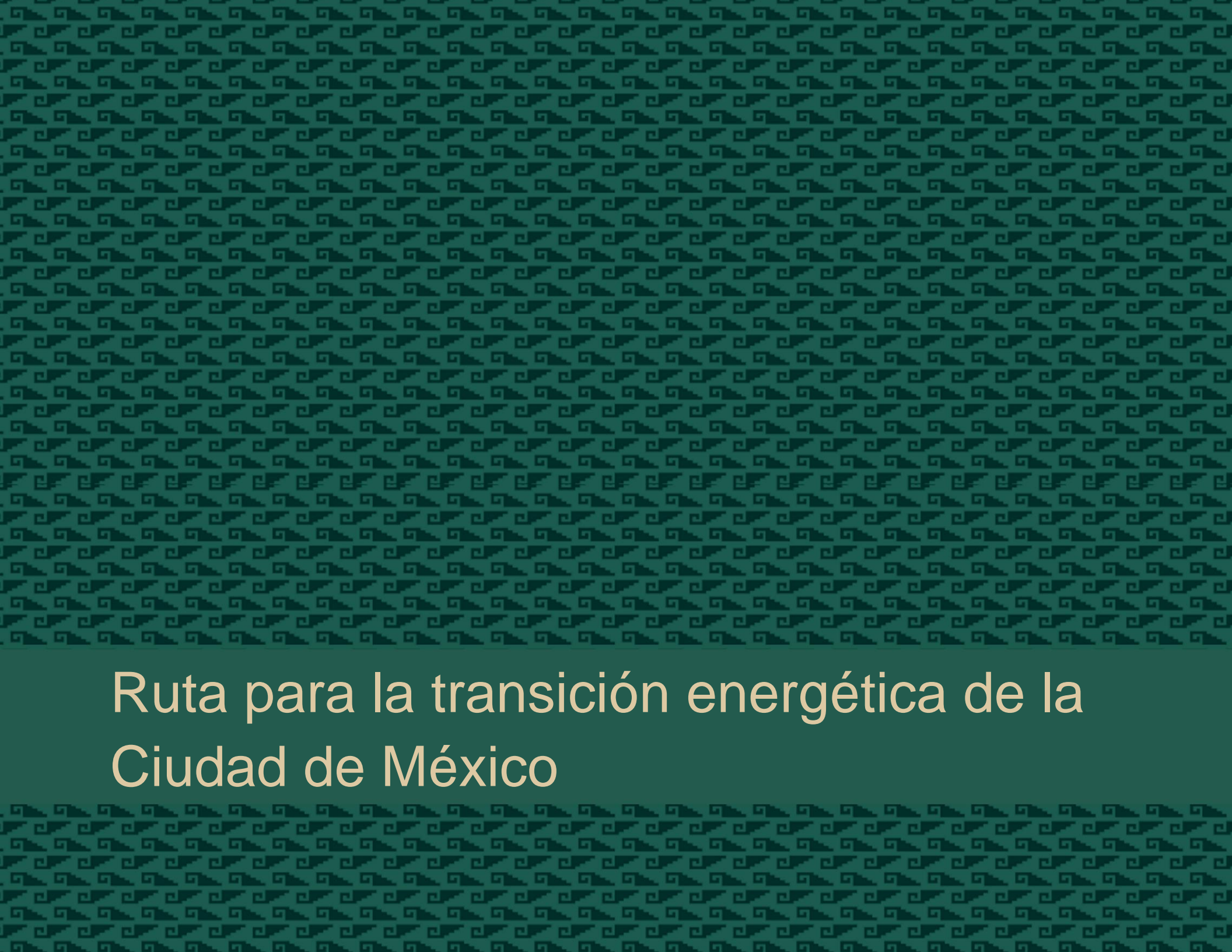
Por otra parte, la regulación de la temperatura y calor en algunas actividades, como los invernaderos, es fundamental. El control sobre la cantidad necesaria de dichos parámetros es fundamental para eficientar el uso de energía dentro de los mismos. Un uso óptimo de climatización permitirá mejorar el 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.



Ruta para la transición energética de la Ciudad de México

Como se ha visto hasta ahora, la Ciudad de México es altamente dependiente a los combustibles fósiles. Sin embargo, también tiene un gran potencial para aprovechar las energías renovables, principalmente la energía solar, y para efectuar cambios sistémicos que bajo el concepto de la transición energética le permitan no solo disminuir la quema de hidrocarburos y la consecuente reducción de emisiones, sino que también le permitan impulsar el desarrollo económico y social por medio de energéticos modernos y asequibles.

Estos cambios sistémicos requieren de esfuerzos tanto de la administración pública como de la sociedad y la iniciativa privada y abarcan todos los sectores, desde el residencial hasta el transporte o el industrial.

Por lo tanto, en el presente capítulo se presentan las oportunidades que pueden ser aprovechadas por el gobierno de la Ciudad de México para fomentar la transición energética y aprovechar sus beneficios. Cabe señalar que los ejes y acciones aquí presentadas requerirán un análisis a profundidad a fin de identificar la factibilidad de las mismas, así como la manera más adecuada y los responsables de su implementación. Dicho de otro modo, lo aquí presentado pretende señalar un camino para las políticas públicas para impulsar la transición energética en la Ciudad de México. Dichas políticas habrán de definirse en conjunto con los sectores económicos, la academia y, en general, los habitantes de la Ciudad de México para enriquecerlas y valorarlas justamente.

Acciones actuales

A continuación, se enlistan las acciones que la actual administración (2018-2024) del Gobierno de la Ciudad realiza en favor de la transición energética hacia fuentes de energía más limpias y que se encuentran publicadas para mayor referencia y seguimiento en las páginas de la Secretaría de Desarrollo Económico de la Ciudad de México y de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México.

Ciudad Solar. Estrategia de sustentabilidad energética

SEDECO implementa distintos programas bajo el estandarte de Ciudad Solar (SEDECO, 2021). Ellos son:

- Capacitación. Donde se imparten distintos cursos para profesionalizar personal en los segmentos de la cadena de valor de las tecnologías de aprovechamiento de energía solar. La meta es capacitar a al menos 1,000 técnicos instaladores en los estándares de competencia (CONOCER) relacionados al aprovechamiento de energía solar.

- Energía Solar para MiPyMEs. El cual ofrece a las MiPyMEs de la Ciudad de México apoyo técnico y económico para instalar sistemas de aprovechamiento de energía solar y ahorrar en el consumo externo de gas o electricidad.
- Programa de reconstrucción de viviendas. Se instala un calentador solar para cada vivienda reconstruida por el Gobierno de la Ciudad de México.
- Techos Fotovoltaicos para Edificios Públicos. Cuyo objetivo es contar con edificios del Gobierno de la Ciudad de México con un sistema fotovoltaico.
- Central de Abastos (CEDA): Se instalará una central solar fotovoltaica (de 16 MWp de capacidad) y 4 sistemas de

generación distribuida (de hasta 500 kWp de capacidad) en la Central de Abasto de la Ciudad de México para el abastecimiento de energía a sus áreas comunes y otros usuarios del Gobierno de la Ciudad de México. Cabe señalarse que, hacia marzo de 2022, ya se contaba con permiso de generación, manifestación de impacto ambiental con resolución a favor por parte de la SEMARNAT, evaluación de impacto social con resolutivo a favor por parte de SENER y estudios e ingeniería básica.

Programa Residuos Sólidos

SEDEMA lleva a cabo los programas para la Instalación y Operación de Plantas de Tratamiento y Aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos (CPTAR's) y para la Instalación y Operación de Plantas de Tratamiento y Aprovechamiento de Residuos de la Construcción y Demolición (PTARCD). Ambos con objetivos de evaluar y seleccionar las mejores alternativas tecnológicas para la instalación y operación de plantas para el tratamiento y/o aprovechamiento de esos tipos de residuos. (SEDEMA, 2019)

Programa Vehículos Contaminantes (PVC)

SEDEMA implementa este programa orientado a la identificación y sanción de vehículos automotores que emitan de manera sostenible contaminantes a la atmósfera o no cumplan con el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria vigente o con el Programa Hoy No Circula. (SEDEMA, 2019b)

Programas de mejora del Transporte Público

SEMOVI implementa dos programas para la mejora del Transporte Público:

Programa de mejora de Ruta y Corredores. Dentro de este se tiene el Programa Social “Profesionalización de las personas operadoras del servicio de transporte de pasajeros público colectivo concesionado clasificado como ruta”, con el cual se busca mejorar la calidad de servicio del transporte de ruta a través del otorgamiento de servicios de seguridad social para los operadores y sus familias, así como la promoción del apropiado comportamiento vial. (SEMOVI, 2021)

Programa de Mejora de Taxi - Solicitud de apoyo y/o financiamiento para la sustitución vehicular por modelos 2021. Su objetivo es apoyar a las y los solicitantes con la renovación de vehículos que brindan el Servicio de Transporte de Pasajeros Público Individual Taxi en la Ciudad de México, cuyas unidades cuenten con diez o más años de vida y cuya concesión está regularizada. (SEMOVI, 2021b)

Movilidad Integrada

SEMOVI integra los distintos servicios de movilidad que ofrece el Gobierno de la Ciudad de México. Cabe señalar que los transportes eléctricos han aumentado su presencia en la Ciudad como, por ejemplo, la entrada en operaciones del Cablebús; y de la misma forma se incrementaron los servicios asociados al uso de las bicicletas. (SEMOVI, 2021c)

Ejes de la Transición Energética en la Ciudad de México

La transición energética abarca a todos los sectores económicos y tiene cobeneficios en los ámbitos social, económico y ambiental. Por ello, se propone la siguiente clasificación de las acciones que el

Gobierno de la Ciudad de México, a través de la SEDECO, está llevando a cabo. Así, se tiene el concepto de Ejes de la Transición Energética, los cuales abarcan áreas específicas.

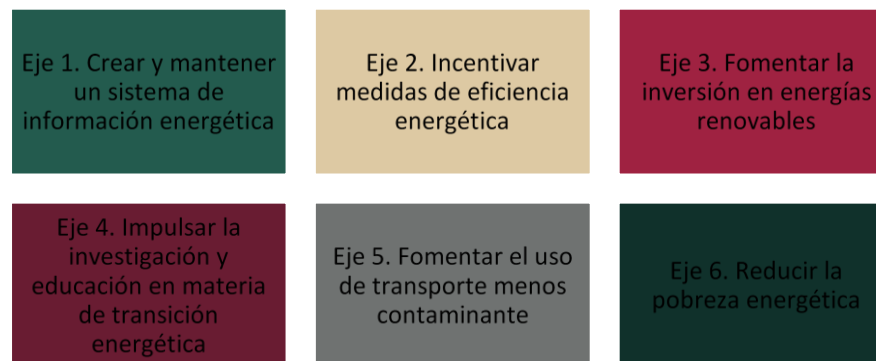


Figura 96. Ejes de la Transición Energética en la Ciudad de México

Eje 1. Crear y mantener un sistema de información energética. Una de las claves para impulsar el desarrollo de proyectos de transición energética tanto por la administración pública como por la iniciativa privada es el acceso a la información, lo cual permite una mejor toma de decisiones, así como la creación de sinergias y aprendizajes. En ese sentido, un sistema de información energética en el cual no solamente se de a conocer información como la presentada en el diagnóstico energético de este documento, sino también información sobre proyectos, investigaciones o esfuerzos puede potenciar las acciones que se lleven a cabo en la Ciudad.

Eje 2. Incentivar medidas de eficiencia energética. La eficiencia energética permite que las actividades tanto de los sectores

productivos, como del transporte y los hogares permanezcan o se incrementen sin aumentar el uso de energía, e incluso disminuyéndolo. Es por ello que se pueden fomentar acciones a nivel gobierno, empresas, comercios e incluso hogares. Dicho fomento puede ser tanto a través de programas de apoyo o incentivos económicos para la sustitución o implementación de esquemas de uso eficiente, como a través de programas que obliguen a ciertos consumidores a mejorar su eficiencia. Además, las campañas de información permiten dar a conocer los beneficios económicos de la eficiencia energética, lo cual puede motivar a ciertos actores a tomar acción sin la necesidad de recibir apoyos.

Eje 3. Fomentar la inversión en energías renovables. Como se ha visto con anterioridad, la Ciudad de México depende en un 97.7% de los combustibles fósiles. Es por ello que uno de los vectores más importantes para la transición energética tiene que ver con la sustitución de las fuentes de energía que se utilizan en la ciudad. De esta forma, es imperativo que se establezcan programas y se implementen proyectos enfocados al aprovechamiento de las energías renovables en los sectores de consumo energético.

Eje 4. Impulsar la investigación y educación en materia de transición energética. Desde un punto de vista transversal, el impulso a la investigación en materia de transición energética, vinculada a los esfuerzos de la administración pública o de la iniciativa privada permite potenciar el diseño y ejecución de proyectos tanto de energías renovables como de eficiencia energética.

Por otro lado, el impulso a la educación en materia de transición energética se refiere a fomentar el aprendizaje desde el nivel escolar, pero también en la sociedad en general de la importancia que tiene combatir el cambio climático y cómo la transición energética, además de aportar soluciones en tal sentido, implica cobeneficios económicos. Todo esto, resaltando los cambios de hábito en el consumo energético.

Eje 5. Fomentar el uso de transporte menos contaminante. Al ser el sector donde más energía se consume en la Ciudad, abarcando el 70% del consumo energético de toda la ciudad, el transporte merece especial atención. Por otro lado, las medidas para fomentar su transición energética son distintas dependiendo si se enfocan en el transporte público o en el privado, y si se trata de transporte de carga o de pasajeros.

De esta forma, el gobierno de la Ciudad puede enfocarse en mejorar el sistema de transporte público, de tal forma que sea más atractivo, eficiente y seguro para los habitantes y visitantes de la Ciudad; y al mismo tiempo fomentar que el transporte privado por un lado disminuya, y por otro se vuelva menos contaminante.

Eje 6. Reducir la pobreza energética. La atención de la pobreza energética tiene como principal enfoque la mejora de la calidad de vida y la disminución de los impactos a la salud de la población más vulnerable en la Ciudad. A través de distintas acciones se puede apoyar a que los hogares vulnerables disminuyan el uso de leña o carbón para satisfacer sus necesidades de cocina y calentamiento de agua y espacios, pero además a que tengan acceso a la energía eléctrica, la cual puede mejorar su calidad de vida.

Acciones para la transición energética en la Ciudad de México

En este apartado se enlista por cada eje un conjunto de acciones propuestas que la Ciudad de México o el sector social o privado deberá continuar o iniciar para mantener y potenciar la transición energética. La definición de los alcances, requerimientos y beneficios como políticas públicas se definirán tras su respectivo análisis por los sectores académicos, económicos y habitantes en general.

Eje 1. Crear y mantener un sistema de información energética

1.1 Con base en la información energética que la SEDEMA genera para los inventarios de emisiones, generar el sistema estatal de información energética de la Ciudad de México.

1.2 Llevar a cabo estudios enfocados a la evaluación del potencial, viabilidad y rentabilidad de cada tipo de energético renovable (solar, eólico, bioenergéticos y aprovechamiento de residuos, geotermia e hidroenergía) para su publicación en el sistema estatal de información energética

1.3 Crear y mantener un sistema de monitoreo de proyectos de eficiencia energética y energías renovables realizados en la Ciudad, tanto por la iniciativa privada como por la administración pública

Eje 2. Incentivar medidas de eficiencia energética

2.1 Fomentar la adopción de Sistemas de Gestión Energética para grandes consumidores de energía

2.2 Desarrollar programas de apoyo a las MiPyMES para la implementación de medidas de eficiencia energética con intervención de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

2.3 Implementar programas de apoyo a la implementación de sistemas de iluminación eficiente y acondicionamiento de espacios en todos los sectores (industrial, público, comercial y residencial)

2.4 Implementar programas de apoyo a la sustitución de lámparas por tecnología LED tanto en los hogares como en la industria y los comercios

2.5 Continuar con la sustitución de las luminarias públicas por tecnología LED

2.6 Implementar programas de apoyo para la sustitución de electrodomésticos antiguos por modernos

2.7 Implementar un programa de apoyo o incentivos para la instalación de centros de recarga de vehículos eléctricos en estacionamientos públicos y privados

2.8 Implementar un programa de apoyo para que las empresas cumplan con el código de red

Eje 3. Fomentar la inversión en energías renovables

- 3.1 Crear un Fondo para el Desarrollo Energético Sustentable con la finalidad de dar apoyo económico a proyectos de inversión de transición energética
- 3.2 Establecer mecanismos para que las compras de energía eléctrica del gobierno de la Ciudad de México sea cada vez en mayor proporción y en 2030 alcance el 80%.
- 3.3 Desarrollar proyectos de energías renovables en los ejidos o espacios disponibles con beneficio social y económico a las comunidades rurales o poblaciones originarias
- 3.4 Continuar con el apoyo y facilidades de financiamiento de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida y calentamiento solar de agua para MiPyMEs
- 3.5 Continuar la formación de técnicos especializados en energía renovables creando opciones de emprendimiento y profesionalización en el sector

Eje 4. Impulsar la educación e investigación de la transición energética

4.1 Vincular la investigación académica y aplicación tecnológica para las necesidades de creación y mejora del Sistema de Información Energética

4.2 Realizar campañas de comunicación de la importancia y beneficios de la eficiencia energética y el uso de energías renovables

Eje 5. Incrementar el uso de un transporte menos contaminante

- 5.1 Continuar con campañas publicitarias que resalten los beneficios de utilizar el sistema de transporte público
- 5.2 Continuar con programas de reforzamiento de los sistemas de seguridad y cámaras de videovigilancia en los paraderos del transporte público
- 5.3 Continuar con el incentivo a la mejora de las rutas, sus tiempos y administración con la finalidad de reducir los tiempos de espera y optimizar el servicio
- 5.4 Continuar con programas de rediseño del espacio vial que priorice al transporte colectivo (bahías para paradas, carriles específicos, entre otros)
- 5.5 Continuar con los incentivos fiscales para incrementar la asequibilidad de autos con mayor eficiencia, híbridos y eléctricos
- 5.6 Generar accesos, conexiones y estacionamientos para transporte cero emisiones (Ej. Bicicletas, patines eléctricos)
- 5.7 Reforzar los mecanismos para incentivar el uso del auto compartido, ya sea, por ejemplo, en carriles exclusivos en ciertas vialidades o cajones exclusivos en los estacionamientos

Eje 6. Reducir la pobreza energética

6.1 Continuar con programas de sustitución de estufas de leña por estufas eficientes

6.2 Generar información sobre la evolución de indicadores de pobreza energética

Referencias

ABB, 2019. *Qué es un variador de frecuencia; Definición, cómo funciona, características y ventajas*. [En línea]
Available at: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
[Último acceso: Mayo 2021].

AgroExpo, 2021. *Iluminaciones para instalaciones agrícolas*. [En línea]
Available at: <https://www.agriexpo.online/es/fabricante-agricola/iluminacion-instalacion-agricola-1251.html>
[Último acceso: Mayo 2021].

Arana Suárez, L. X., 2017. *Variadores de Frecuencia para el Control de Velocidad de Motores Asíncronos Jaula de Ardilla*, Quito D.M.: Universidad Central del Ecuador.

BBVA, 2021. *Descubre cuál es la clasificación de las pymes en México e identifica en qué rango cae tu empresa*. [En línea]
Available at: <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/clasificacion-de-las-pymes.html>

BENLESA, 2010. *CCA*. [En línea]
[Último acceso: 12 05 2021].

CCNNE, 2019. *NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

CCNNPURRE, 2001. *NOM-008-ENER-2001*. Ciudad de México: Diario Oficial.

CDMX, Gobierno de la, 2019. *Una Política Energética Sustentable para la Ciudad de México 2019*. [En línea]
Available at:
<https://ciudadsolar.cdmx.gob.mx/programas/programa/una-politica-energetica-sustentable-para-la-ciudad-de-mexico-2019>
[Último acceso: 2021].

CENACE, 2021. *Liquidaciones*. [En línea]
Available at:
<https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Liquidaciones.aspx>

CEPAL, 2018. Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética.

CFE Distribución, 2018. *Integración de la generación distribuida a los circuitos de media tensión de las Redes Generales de Distribución*. [En línea]
Available at:
<http://app.distribucion.cfe.mx/Aplicaciones/GeneracionDistribuida/GeneracionDistribuida>
[Último acceso: 2021].

CFE, 2018a. *Costos y Parámetros de Referencia para La Formulación de Proyectos de Inversión*, s.l.: s.n.

CFE, 2018. *COPAR*, s.l.: s.n.

CFE, 2018. *Datos abiertos. Usuarios y consumo de electricidad por municipio (2010-2017)*. [En línea]

Available at: <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-2010-2017>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CFE, 2018. *Usuarios y consumo de electricidad por municipio (A partir de 2018)*. [En línea]
[Último acceso: mayo 2021].

CFE, 2019. *Usuarios y consumo de electricidad (A partir de 2018)*. [En línea]
Available at: <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-a-partir-de-2018/resource/38b7a514-78c2-4355-9ed0-d6ac72722952>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CFE, 2021. *Esquema tarifario vigente Hogar*. [En línea]
Available at:
<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Casa.aspx>
[Último acceso: mayo 2021].

CONAPO, 2020. *La marginación en México*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/conapo/acciones-y-programas/la-marginacion-en-mexico>
[Último acceso: 2021].

CONEVAL, 2018. *Medición de Pobreza 2018, Puebla*. [En línea]
Available at:
https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Puebla/PublicImages/Pobreza_2018/Pobreza2018.jpg
[Último acceso: 2021].

CONUEE, 2011. *NOM-020-ENER-2011 Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios para uso habitacional*. Ciudad de México: Diario Oficial.

CONUEE, 2019. *Consumo de electricidad de edificios no residenciales en México: La importancia del sector servicios.*. Ciudad de México: CONUEE.

CONUEE, 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*. [En línea]
Available at:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428334/Lista_de_combustibles_2019.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CONUEE, 2020. *LISTA DE COMBUSTIBLES 2020 QUE SE CONSIDERARÁN PARA IDENTIFICAR A LOS USUARIOS*. [En línea]
Available at:
https://conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SITE/LISTA_DE_COMBUSTIBLES_2020.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CRE, 2011. *Evaluación de la Energía Geotérmica en México. Informe para el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Reguladora de Energía*, s.l.: s.n.

CRE, 2015. *Título de Permiso de Autoabastecimiento de energía Eléctrica - E/1396/AUT/2015*, s.l.: Comisión Reguladora de Energía.

CRE, 2020. *Permisos de generación eléctrica*. s.l.:s.n.

CRE, 2021b. *Memorias de calculo de tarifas de suministro básico 2020*. [En línea]
Available at: <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/memorias-de-calculo-de-tarifas-de-suministro-basico>
[Último acceso: mayo 2021].

CRE, 2021. *Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. [En línea]
Available at: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/centrales-electricas-de-generacion-distribuida>
[Último acceso: mayo 2021].

CRE, 2021. *Generación distribuida. Sección 6 del micrositio: Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/cre/articulos/generacion-distribuida-102284>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

DGDSE, 2019. *Ciudad Solar*. [En línea]
Available at:
<https://ciudadsolar.cdmx.gob.mx/programas/programa/una-politica-energetica-sustentable-para-la-ciudad-de-mexico-2019>

Doran, G. T., 1981. *There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives*. [En línea]
Available at:
<https://community.mis.temple.edu/mis0855002fall2015/files/2015/10/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf>
[Último acceso: 2021].

DTU, W. B. G. E. V., 2021. *Global Wind Atlas*. [En línea]
Available at: <https://globalwindatlas.info/>

EducarEX, s.f. *Guía de Prevención de Riesgos por el uso del Aire Comprimido y Máquinas Portátiles Neumáticas*, Mérida: Servicios de Salud y Riesgos Laborales de Centros Educativos.

EFEAGRO, 2020. *La Iluminación LED, aliada perfecta de la productividad de los invernaderos*. [En línea]
Available at: <https://www.efeagro.com/microsite/la-iluminacion-led-aliada-perfecta-de-la-productividad-de-los-invernaderos/>
[Último acceso: Mayo 2021].

Enertime, 2018. *Recuperación de calor en la industria (hornos)*. [En línea]
Available at: <https://www.enertime.com/es/tecnologia/eficiencia-energetica-industrial/recuperacion-de-calor-en-la-industria-hornos>
[Último acceso: Mayo 2021].

Etifa, 2019. *Iluminación LED para la producción agrícola intensiva*. [En línea]
Available at: [https://www.etifa.com/iluminacion-led-para-la-produccion-agricola-intensiva/#:~:text=La%20iluminaci%C3%B3n%20artificial%20que%20se,descarga\)%20y%20las%20luces%20LED.](https://www.etifa.com/iluminacion-led-para-la-produccion-agricola-intensiva/#:~:text=La%20iluminaci%C3%B3n%20artificial%20que%20se,descarga)%20y%20las%20luces%20LED.)
[Último acceso: Mayo 2021].

FIDE, 2018. Eficiencia Energética. Edición Especial de Iluminación. En: Ciudad de México: Revista del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica.

García Ochoa, & G., 2016. Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, sociedad y territorio*, 16(51), pp. 289-337.

García Ochoa & Graizbord, 2016. *Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional*. s.l.:Economía, sociedad y territorio, 16(51), 289-337.

García Ochoa & Graizbord, 2016. *Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional*. s.l.: Economía, sociedad y territorio, 16(51), 289-337.

García, J. F., 2021. *El Universo*. [En línea]
Available at: <https://www.eluniverso.com/larevista/tecnologia/alta-eficiencia-vs-inverter-cual-es-la-tecnologia-de-aire-acondicionado-mas-eficiente-nota/>

GIZ México, 2019. *Programas Energía Sustentable*. [En línea]
Available at:
<http://www.cooperacionenergiasustentable.mx/programas/>
[Último acceso: Mayo 2021].

GIZ, 2018. *Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos*, s.l.: GIZ México.

GIZ, 2020. *Monitor de Información Comercial e Índice de Precios de Generación Solar Distribuida en México*, s.l.: s.n.

Gobierno de la Ciudad de México, 2019. *Programa Ambiental y de Cambio Climático para la Ciudad de México 2019-2024*. [En línea]
Available at:
<https://www.jefaturadegobierno.cdmx.gob.mx/storage/app/media/pdf-programa-de-medio-ambiente-y-cambio-climatico-uv.pdf>

Gómez Torres, R., 2010. *La Agricultura de Riego en México*. s.l., CONAGUA.

Haughey, D., 2014. *A Brief History of SMART Goals*. [En línea]
Available at: [https://www.projectsmaart.co.uk/brief-history-of-smart-](https://www.projectsmaart.co.uk/brief-history-of-smart-goals.php)

[goals.php](#)
[Último acceso: 2021].

Hotel Energy Solutions, 2011. *Fostering innovation to fight climate change*. En: Vienna: Hotel Energy Solutions project publications.

Huelsz, G., Rojas, J., Tovar, R. & Barrios, G., 2014. *Propuestas de mejoras a las normas mexicanas de eficiencia energética en edificaciones*. Monterrey, Instituto de Energías Renovables - UNAM.

IIES, 2019. *Estufas de Leña Mejoradas*. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad - UNAM.

IMTA, 2017. *Energía limpia del agua sucia: aprovechamiento de lodos residuales*. [En línea]
Available at:
https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/energia-limpia/files/assets/common/downloads/publication.pdf
[Último acceso: 20 05 2021].

INEEL, 2008. *La energía geotérmica: una opción tecnológica y económicamente madura*, Cuernavaca: INEEL.

INEEL, 2020. *Transición Energética. Cogeneración, una herramienta para una transición energética ordenada*. [En línea]
Available at:
<http://transicionenergetica.ineel.mx/Articulos/CD3n2v2.pdf>
[Último acceso: Mayo 2021].

INEGI, 2018. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares*. En: Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, 2019. *Censos Económicos 2019*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
[Último acceso: 2021].

INEGI, 2019. *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:250000 Serie VI, Aguascalientes*: INEGI.

INEGI, 2020b. *Población*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
[Último acceso: 2021].

INEGI, 2020c. *Cuéntame Información por Entidad*. [En línea]
Available at:
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/poblacion/educacion.aspx?tema=me&e=13>
[Último acceso: 2021].

INEGI, 2020. *DENUE*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, 2020d. *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2019*. [En línea]
Available at:
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/PIBEntFed2019.pdf>
[Último acceso: 2021].

INEGI, 2020. *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa*. Ciudad de México: s.n.

INEGI, 2021 d. *Por actividad económica - INEGI*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021a. *PIB por Entidad Federativa (PIBE). Base 2013*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021b. *México en cifras. Indicador Población*. [En línea]
Available at:
<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021c. *Vehículos de motor registrados en circulación*. [En línea]
Available at:
https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est&c=13158&proy=vmrc_vehiculos#
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. [En línea]
Available at:
<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGIb, 2021. *Vehículos de motor registrados en circulación*. Ciudad de México: s.n.

INMUJERES, 2021. *Avance hacia la igualdad Ciudad de México*. [En línea]
Available at:
<http://rumboalaigualdad.inmujeres.gob.mx/entidades/CMX>

IRENA, 2020. *Geothermal Energy*. [En línea]
Available at: <https://irena.org/geothermal>

IRENA, 2020. *Renewable Power Generation Costs 2019*, s.l.: s.n.

IRENA, 2020. *Renewable Power Generation Costs in 2019*, s.l.: s.n.

Islas-Samperio, J. M., Birlain-Escalante, M. O. & Grande-Acosta, G. K., 2020. Toward a Low-Carbon Industrial Sector in Mexico. *Energy*

Sources, Volumen Part B: Economics, Planning, and Policy, pp. 545-571.

Jassiel V. Hernández-Fontes, A. F. E. M. Y. R. C. R. S., 2019. On the Marine Energy Resources of México..

Juan Carlos Alcérreca-Huerta, J. I. E. , S. O.-S. M. C.-J. , G. G. D. B. , M. A. , I. M.-T. , R. S. C. T. O. C. J., 2019. Energy Yield Assessment from Ocean Currents in the Insular Shelf of Cozumel Island.

Lazard, 2019. *Lazard's Levelized Costs of Energy*, s.l.: s.n.

LAZARD, 2020. *Levelized Cost of Energy Analysis*, s.l.: s.n.

Letcher, T. M., 2017. *Wind Energy Engineering. A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines..* s.l.:Academic Press.

Ley, D. C. P., 2020. *Mujeres y energía*, s.l.: CEPAL.

Masera, O. A. C. T. G. A. G. G. & P. P., 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.

MEM, s.f. *Uso Sostenible de Leña en Estufas Mejoradas*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas.

MGM, I., 2018. Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética. En: B. d. D. d. A. Latina, ed. Lima: s.n.

Michaelides, E. E., 2012. *Alternative Energy Sources*. s.l.:s.n.

Morales, H. L., 2016. Aislamiento Térmico, una forma de reducir el gasto energético. *Mundo HVAC&R*, I(12).

Morillón, D., Escobedo, A. & García-Kerdan, I., 2015. *Retos y oportunidades para la sustentabilidad energética en edificios de México: Consumo y uso final de energía en edificios residenciales, comerciales y de servicio*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería - UNAM.

Mottard, J.-M., s.f. *Ahorro olvidado - Recuperación de calor purgas calderas*, Santiago de Chile: Thermal Engineering Ltda..

Naturgy, s.f. *Sistemas de recuperación de calor: aprovechamiento de calor residual*. [En línea]

Available at:

https://www.naturgy.es/empresas/blog/tecnologias_eficientes/sistemas_recuperacion_calor

[Último acceso: Mayo 2021].

Nieto, A., 2021. [En línea]

Available at: <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/09/beneficios-de-los-equipos-de-alta-eficiencia/>

NREL, 2019. *Annual Technology Baseline (ATB)*, s.l.: s.n.

NREL, 2020. *2020 Annual Technology Baseline*, s.l.: s.n.

OBTREN, 2021. *Observatorio de Transición Energética de México - Generación por tecnología*. [En línea]

Available at: https://obtrenmx.org/generacion_sen

Orellana, A., 2013. Cogeneración en indutrias. *Revista Electricidad Chile*.

Ortegón, P. y. P., 2005. *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. [En línea]

Available at:

https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5607/S057518_es.pdf

OSM, 2021. *OpenStreetMaps*. [En línea]
Available at: overpass-turbo.eu/
[Último acceso: 10 05 2021].

PEMEX, 2015. *PEMEX Mapa de Instalaciones*. [En línea]
Available at: <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/infraestructura/Paginas/default.aspx>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

PEMEX, 2021. *Base de Datos Institucional (BDI)*. [En línea]
Available at:
<https://ebdi.pemex.com/bdi/bdiController.do?action=cuadro&cvecu a=EPROEF>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

PNUD, 2015. Beneficios de uso de calentadores solares de agua en los Hoteles. En: Ciudad de México: s.n.

Practical Concepts Incorporated (PCI), 1979. *The Logical Framework A Managers Guide to a Scientific Approach to Design & Evaluation*. [En línea]
Available at:
<https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/The-Logical-Framework-A-Managers-Guide.pdf>

Rank, 2019. *Recuperación de Calor Residual Industrial - Keros Cerámica*. [En línea]
Available at: <https://www.rank-orc.com/es/recuperacion-calor-residual-industrial/>
[Último acceso: Mayo 2021].

RevistaEI, 2020. Sistemas de Gestión de Energía ayudarían a grandes empresas a reducir su consumo hasta 10%. *Revista Electricidad Chile*.

SAT, 2021. Artículo 34. En: Ciudad de México: s.n.

SDR, 2021. *Programas Estatales y Programas en Concurrencia (federales)*. Puebla: Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Puebla.

SEDECO, 2021. *Ciudad Solar*. [En línea]
Available at: <https://ciudadsolar.cdmx.gob.mx/>

SEDEMA, 2019b. *Programa Vehículos Contaminantes (PVC)*. [En línea]
Available at:
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/vehiculos-contaminantes-pvc>

SEDEMA, 2019. *Programa Residuos Sólidos*. [En línea]
Available at:
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/residuos-solidos>

SEDEMA, 2020. *Estrategia Local De Acción Climática 2021 - 2050 y Programa de Acción Climática de la Ciudad de México*, Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente.

Seguas, 2018. *Recuperadores de calor: Eficiencia energética y aire comprimido industrial (Parte III)*. [En línea]
Available at: <https://www.seguas.com/recuperadores-calor-eficiencia-energetica-aire-comprimido/#:~:text=Sistema%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20calor&text=Estos%20recuperadores%20de%20calor%20est%C3%A1n,no%20tienen%20un%20coste%20elevado>
[Último acceso: Mayo 2021].

SEMARNAT, 2019. *Población Rural y Urbana (Número de habitantes)*. [En línea]

Available at:

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D1_DEMOGRAF01_02_D&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*

[Último acceso: 2021].

SEMOVI, 2021b. *Programa de Mejora de Taxi - Solicitud de Apoyo y/o Financiamiento para la Sustitución Vehicular 2021*. [En línea]

Available at: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/programas-de-mejora-del-transporte-publico/programa-de-mejora-de-taxi>

SEMOVI, 2021c. *Movilidad Integrada*. [En línea]

Available at: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/movilidad-integrada>

SEMOVI, 2021. *Profesionalización Transporte Colectivo*. [En línea]

Available at: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/profesionalizacion-transporte-colectivo>

SENER, 2008. *Programas de Eficiencia Energética en México*, San Salvador: Gobierno Federal de México.

SENER, 2015. *Estudio de Eficiencia Energética en Hoteles*. En: SENER, ed. s.l.:s.n.

SENER, 2015. *Estudios en Materia de Eficiencia Energética - Estudio de Mercado sobre Diodos Emisores de Luz*, Ciudad de México: Secretaría de Energía.

SENER, 2018 a. *AZEL*. [En línea]

Available at: <https://dgel.energia.gob.mx/azel/>

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018 b. *Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2018-2032*. [En línea]

Available at: https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP_2018_2032_F.pdf

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018 c. *Prospectiva de Gas L.P. 2018-2032*. [En línea]

Available at: http://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGLP_18_32_F.pdf

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018 d. *Prospectiva de Gas Natural 2018-2032*. [En línea]

Available at: https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGN_18_32_F.pdf

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018c. *Marco Político de Largo Plazo para la Eficiencia Energética*. Ciudad de México: Gobierno de México.

SENER, 2018. *Inventario Nacional de Energías Limpias*. [En línea]

Available at: <https://dgel.energia.gob.mx/inel/index.html>

SENER, 2018. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017 – 2031*, s.l.: s.n.

SENER, 2019 a. *Sistema de Información Energética (SIE). Balance Nacional de Energía: Consumo final de energía en el sector industrial*. [En línea]

Available at: <http://sie.energia.gob.mx/>

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2019. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018 – 2032*, s.l.: s.n.

SENER, 2020. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033*. [En línea]

Available at: <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2019-2033-221654?tab=>

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2021. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2034*. [En línea]

Available at: <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>

[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2021. *Sistema de Información Energética*. [En línea]

Available at: <http://sie.energia.gob.mx/>

[Último acceso: Abril 2021].

SIMEPRODE, 2021. [En línea]

Available at: <https://www.nl.gob.mx/simeprode>

[Último acceso: 20 05 2021].

Smart Energy Concepts, 2019. *Buenas Prácticas - Central de Vapor - Transantártico Gasco*. [En línea]

Available at: <https://www.agrificiente.cl/buenas-practicas/uso-de-quemadores-de-alta-eficiencia/>

[Último acceso: Mayo 2021].

Smart Energy Concepts, 2021. *Buenas prácticas*. [En línea]

Available at: <https://www.agrificiente.cl/buenas-practicas/>

[Último acceso: Mayo 2021].

STPS, 2020. *Observatorio Laboral - Ocupación por sectores económicos Cuarto trimestre 2020*. [En línea]

Available at:

<https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios->

publicaciones/Ocupacion_sectores.html

[Último acceso: 2021].

STyPS, 2021. *Puebla - Información Laboral Marzo, 2021*. [En línea]

Available at:

http://siel.stps.gob.mx:304/perfiles/perfiles_detalle/perfil_puebla.pdf

[Último acceso: 2021].

TEC, s.f. Evaluación y mejora del sistema de aire comprimido de la planta de fibrocemento PLYCEM. En: s.l.:Tecnológico de Costa Rica.

Thermal Combustion, 2020. *Ahorro de combustible en quemadores industriales*. [En línea]

Available at:

<https://quemadoreshornosycalderas.com/category/ahorro-de-combustible-en-quemadores-industriales/>

[Último acceso: Mayo 2021].

Traxco, 2015. *Optimizar la eficiencia del riego automático*. [En línea]

Available at: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/mejorar-eficiencia-del-riego>

[Último acceso: Mayo 2021].

Vapor para la Industria, 2017. *Aplicaciones de Recuperación de Calor de Purgas de Caldera*. [En línea]

Available at: <https://vaporparalaindustria.com/aplicaciones-recuperacion-calor-purgas-caldera/>

[Último acceso: Mayo 2021].

Vapor para la Industria, 2019. *Retorno de condensado en sistemas de vapor: ¿Qué debes saber para sacarle el máximo provecho?*. [En línea]

Available at: <https://vaporparalaindustria.com/retorno-de-condensado-en-sistemas-de-vapor-que-debes-saber-para-sacarle-el->

[maximo-provecho/](#)

[Último acceso: Mayo 2021].

[combustion-en-calderas/](#)

[Último acceso: Mayo 2021].

Villajulca, J. C., 2019. *3.5 Control de Combustión de Calderas*. [En línea]

Available at: <https://instrumentacionycontrol.net/cap-3-6-control-de->

Índice de Figuras

Figura 1. Base legal del Diagnóstico de Transición Energética de la Ciudad de México	11
Figura 2. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020. Fuente: (STPS, 2020)	14
Figura 3. Habitantes por rangos de edad y sexo en la Ciudad de México. Fuente: INEGI, 2020	21
Figura 4. Asistencia escolar en la Ciudad de México, por grupos de edad y sexo 2020.	22
Figura 5. Población rural y urbana de la Ciudad de México. SEMARNAT, 2010; INEGI, 2020	22
Figura 6. Tipo de presencia de poblaciones indígenas en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2018 a)	23
Figura 7. Localización de las poblaciones indígenas en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2018 a)	23
Figura 8. Cadena energética. Fuente: Elaboración propia	24
Figura 9. Producción de energéticos primarios en la Ciudad de México Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la (SENER, 2018), (SENER, 2019), (CRE, 2020), (CRE, 2021) y (Maser, 2010)	24
Figura 10. Mapa de ubicación de las centrales eléctricas de gran escala en la Ciudad de México a diciembre de 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019)	25
Figura 11. Capacidad instalada de generación eléctrica por tipo de permiso. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019)	26
Figura 12. Generación anual por tecnología. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019)	27
Figura 13 Diagrama de Sankey de la cadena energética de la electricidad en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con base en datos de: (CRE, 2020), (SENER, 2021) y (OBTREN, 2021)	28
Figura 14. Capacidad instalada de generación distribuida en las alcaldías de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021)	29
Figura 15. Capacidad fotovoltaica de generación distribuida por alcaldía a diciembre de 2019. Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021)	30

Figura 16. Balance de Energía de la Ciudad de México para el año 2019. Elaboración propia con base en datos de (SENER, 2021), (CFE, 2018), (CFE, 2019), (CRE, 2020) y (Masera, 2010)	32
Figura 17. Distribución sectorial del consumo total de energía de la Ciudad de México en el año 2019. Fuente: Elaboración propia con base en datos de (SENER, 2021), (CFE, 2018), (CFE, 2019), (CRE, 2020) y (Masera, 2010)	33
Figura 18. Consumo de energéticos en los sectores de la Ciudad de México en 2019. Fuente: Elaboración propia con base en datos de (SENER, 2021), (CFE, 2018), (CFE, 2019), (CRE, 2020) y (Masera, 2010)	35
Figura 19. Consumo de energía en los subsectores industriales de la Ciudad de México en 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2019 a) e (INEGI, 2021).	37
Figura 20. Intensidad energética en kJ/MXN de los sectores productivos de la Ciudad de México, de 2016 a 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)	40
Figura 21. Intensidad energética en kJ/MXN del sector industrial en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)	40
Figura 22. Intensidad energética en kJ/MXN del sector comercial y servicios en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)	41
Figura 23. Intensidad energética en kJ/MXN del sector agropecuario en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021 d), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)	41
Figura 24. Consumo de energía per cápita (GJ/persona) en el sector residencial en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021b), (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)	42
Figura 25. Consumo de energía por vehículo terrestre (exceptuando ferrocarriles) en la Ciudad de México (de 2016 a 2019) y en el país (de 2016 a 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021c) (SENER, 2019 a) y (SENER, 2021)	42
Figura 26. Porcentaje de los hogares de la Ciudad de México que se encuentran en situación de pobreza energética. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (García Ochoa, 2016)	43
Figura 27. Porcentaje de privación de bienes en los hogares de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (García Ochoa, 2016)	44
Figura 28. Infraestructura de transmisión eléctrica en la Ciudad de México y alrededores. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2019) y OSM (2021).	46
Figura 29. Mapa de Irradiación Directa Normal promedio (Wh/m ² /día). Fuente: Elaboración propia con datos de INEL (SENER, 2018).	48
Figura 30. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL. Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL y OpenStreetMaps.	51
Figura 31. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL.	52
Figura 32. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial. Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL.	53

Figura 33. Evolución de la capacidad instalada de SFVGD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021)	55
Figura 34. Comparativa de Capacidad SFVGD instalada per cápita. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021)	56
Figura 35. Circuitos de distribución cercanos a un punto seleccionado en el mapa. Tomado de (CFE Distribución, 2018)	61
Figura 36. Capacidad de integración del circuito de distribución mostrado en la Figura 35. Tomado de (CFE Distribución, 2018)	61
Figura 37. Capacidad de integración del circuito trazado sobre la Calle 19 (casi horizontal) y que aparenta ser diferente al circuito de la Calle 12 (casi vertical). Tomado de (CFE Distribución, 2018)	62
Figura 38. Capacidad de integración del circuito de la Calle 12 (Casi vertical) que aparenta ser distinto al de la Calle 19 (casi horizontal. Sin embargo, los datos son idénticos, mostrando que se trata del mismo circuito. Tomado de (CFE Distribución, 2018)	62
Figura 39. Circuitos de distribución que alimentan a la colonia muestreada. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE Distribución, 2018)	63
Figura 40. Recorrido total de un circuito de alimentación primario	64
Figura 41. Evolución del uso de calentadores solares de agua en el sector residencial de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2018)	66
Figura 42. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2018)	66
Figura 43. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 150 metros de altura. Fuente: Elaboración propia con información de Energy Data, 2021.	70
Figura 44. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura. Fuente: Elaboración propia con información de Energy Data (2021)	71
Figura 45. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura. Fuente: Elaboración propia con información de: INEL (2015), INEGI (2019) y OSM (2021).	72
Figura 46. Distribución en frecuencia de velocidades en la ubicación A. Fuente: elaboración propia.	73
Figura 47. Distribución en frecuencia de velocidades en la ubicación B. Fuente: elaboración propia.	73
Figura 48. Uso de suelo y líneas de transmisión de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2019)	75
Figura 49. Temperatura probable del subsuelo. Fuente: INEL.	77
Figura 50. Potencial energético de biomasa proveniente de tala sustentable. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018).	79
Figura 51. Potencial energético de residuos forestales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018).	79
Figura 52. Potencial energético de residuos urbanos municipales. Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018).	80
Figura 53. Aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento “El Ahogado”. Fuente: (GIZ, 2018)	82
Figura 54. Proceso de aprovechamiento energético de biogás proveniente de un relleno sanitario (BENLESA, Nuevo León). Fuente: (BENLESA, 2010)	82
Figura 55. Actividades con mayor aportación al PIB de la ciudad en 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	85
Figura 56. Unidades económicas por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	87
Figura 57. Distribución (en porcentaje) de unidades económicas por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	88

Figura 58. Unidades económicas, con personal de planta de 0 a 10 personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	90
Figura 59. Unidades económicas, con personal de planta de 11 a 50 personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	92
Figura 60. Unidades económicas, con personal de planta de 51 a 250 personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	93
Figura 61. Unidades económicas, con personal de planta de 251 y más personas contratadas, por alcaldía en Ciudad de México 2020. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	94
Figura 62. Unidades económicas, por su tipo de actividad, con mayor presencia en el total estatal. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020)	96
Figura 63. Consumo de energía en la ciudad por sector. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE, 2018; SENER, 2019 a)	97
Figura 64. Distribución de U.E. del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	98
Figura 65. Distribución de U.E., en porcentaje, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	99
Figura 66. Distribución de microempresas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	102
Figura 67. Distribución de pequeñas empresas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	104
Figura 68. Distribución de empresas medianas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	107
Figura 69. Distribución de grandes empresas, en porcentaje, sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	108
Figura 70. Consumo de energía en el sector industrial de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia con información de: (CFE, 2018; SENER, 2019 a) (CFE, 2018)	110
Figura 71. Usos finales de energía del sector industrial. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)	111
Figura 72. Generación de calor en sector industrial por tipo de energético. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)	111
Figura 73. Generación de calor en sector industrial por temperatura. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)	112
Figura 74. Usos finales de electricidad en el sector industrial mexicano. Fuente: Elaboración propia con información de (Islas-Samperio, et al., 2020)	112
Figura 75. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector industrial y su porcentaje de ahorro energético	116
Figura 76. Consumo de energía en el sector residencial. Fuente: Elaboración propia con información de (CFE, 2018; SENER, 2019 a)	120
Figura 77. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector residencial y su porcentaje de ahorro energético	123
Figura 78. Consumo de energía en el sector residencial. Fuente: (CEPAL, 2018)	125
Figura 79. Distribución por Alcaldía de actividades analizadas del sector comercial. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	130
Figura 80. Mapa de distribución por Alcaldía de actividades analizadas del sector comercial. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	130
Figura 81. Mapa de distribución de restaurantes por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	131

Figura 82. Mapa de distribución de comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	131
Figura 83. Mapa de distribución de cafeterías, fuentes de sodas, neverías, refresquerías y similares por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	132
Figura 84. Mapa de distribución de banca múltiple por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	132
Figura 85. Mapa de distribución de elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	133
Figura 86. Mapa de distribución de elaboración de lavanderías y tintorerías por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	133
Figura 87. Mapa de distribución de hoteles por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	134
Figura 88. Consumo de energía en el sector comercial. Fuente: (CFE, 2018; SENER, 2019 a)	134
Figura 89. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector comercial y su porcentaje de ahorro energético	140
Figura 90. Distribución de usos finales promedio en edificios del sector comercial y de servicios. Fuente: Elaboración propia con datos de (Morillón, et al., 2015).	141
Figura 91. Usos finales del sector público. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)	142
Figura 92. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector público y su porcentaje de ahorro energético	144
Figura 93. Consumo de energía por tipo de energético en sector transporte. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)	145
Figura 94. Medidas potenciales de eficiencia energética para el sector transporte y su porcentaje de ahorro energético	147
Figura 95. Consumo de energía por tipo de energético en sector transporte. Fuente: Elaboración propia con datos de (SENER, 2021)	148
Figura 96. Ejes de la Transición Energética en la Ciudad de México	154
Figura 97. Localización y contabilización de edificios con tipo de uso único de Centro Comercial por alcaldía. Elaboración propia con información de: INEGI, 2019.	192
Figura 98. Localización de edificios con tipo de uso único de Centro de Asistencia Médica. Elaboración propia con información de: INEGI, 2019.	193
Figura 99. Localización de edificios con tipo de uso único de Corporativos. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	194
Figura 100. Localización de edificios con tipo de uso único de Escuela. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.	195
Figura 101. Localización de edificios con tipo de uso único de Estación de Transporte Terrestre. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.	196
Figura 102. Localización de edificios con tipo de uso único de Servicio. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.	197
Figura 103. Localización de edificios con tipo de uso único de Instalación Gubernamental. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.	198
Figura 104. Localización de edificios con tipo de uso único de Instalación Deportiva o Recreativa. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.	199
Figura 105. Localización de edificios con tipo de uso único de Mercado. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.	200
Figura 106. Localización de baños públicos. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	201
Figura 107. Localización de cabañas, villas y similares. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	202

Figura 108. Localización de campamentos y albergues recreativos. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	203
Figura 109. Localización de departamentos y casas amueblados con servicio de hotelería. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	204
Figura 110. Localización de elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	205
Figura 111. Localización de hoteles con otros servicios integrados. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	206
Figura 112. Localización de hoteles sin servicios integrados. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	207
Figura 113. Localización de lavanderías y tintorerías. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	208
Figura 114. Localización de moteles. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	209
Figura 115. Localización de parques de diversiones y temáticos del sector privado. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	210
Figura 116. Localización de parques de diversiones y temáticos del sector público. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	211
Figura 117. Localización de parques acuáticos y balnearios del sector privado. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	212
Figura 118. Localización de pensiones y casas de huéspedes. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	213
Figura 119. Localización de salones y clínicas de belleza y pulquerías por alcaldía. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	214
Figura 120. Localización de sanitarios públicos y boleras por alcaldía. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.	215

Índice de Tablas

Tabla 1. Herramientas institucionales para la igualdad de género en la Ciudad de México	15
Tabla 2. Presupuesto asignado a la igualdad de género en la Ciudad de México	16
Tabla 3. Capacidad instalada de generación eléctrica a gran escala por tipo de tecnología. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018) y (SENER, 2019).	25
Tabla 4. Comparativa de costos nivelados de las tecnologías renovables y el ciclo combinado. Fuente: Elaboración propia con datos de (IRENA, 2020), (NREL, 2020), (LAZARD, 2020) y (CFE, 2018).	47
Tabla 5. Irradiación Directa Normal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar. Fuente: SOLARGIS.	49
Tabla 6. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021b) y (CFE, 2021).	56
Tabla 7. Número de usuarios por tarifa. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2018).	57
Tabla 8. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 9. Potencial de generación distribuida por sector. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 10. Tipo de edificios de único uso en cada alcaldía de la Ciudad de México. Elaboración propia con información de: INEGI,2019	59
Tabla 11. Capacidad de integración de los circuitos (Cto.) de la colonia muestreada. Fuente: Elaboración propia con información de (CFE Distribución, 2018)	63
Tabla 12. Porcentaje de la capacidad de integración de los circuitos de distribución muestreados que aún queda disponible. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE Distribución, 2018)	65
Tabla 13. Unidades económicas con alto consumo de energía térmica.	67
Tabla 14. Número de Unidades Económicas con alto consumo de energía térmica en las alcaldías de la Ciudad de México. Elaboración propia con información de DENU, 021.	68
Tabla 15. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreados.	73
Tabla 16. Producto Interno Bruto de Ciudad de México 2019. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	84
Tabla 17. Distribución de unidades económicas en la ciudad. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	86
Tabla 18. Principales tipos de actividad y número de U.E. en la ciudad. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	89
Tabla 19. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 0 a 10 personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	90

Tabla 20. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 11 a 50 personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	91
Tabla 21. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 51 a 250 personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	92
Tabla 22. Caracterización de unidades económicas en la CDMX por personal ocupado de 251 y más personas contratadas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	93
Tabla 23. Los 12 principales tipos de actividad y número de unidades económicas en la ciudad con personal de planta mayor a 251 personas. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	95
Tabla 24. Distribución de U.E., en número, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	99
Tabla 25. Actividades de microempresas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	101
Tabla 26. Número de microempresas del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	102
Tabla 27. Actividades de pequeñas empresas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	103
Tabla 28. Número de pequeñas empresas del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	104
Tabla 29. Actividades de empresas medianas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	105
Tabla 30. Distribución de empresas medianas, en número, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	106
Tabla 31. Distribución de grandes empresas., en número, del sector industrial por alcaldía. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	107
Tabla 32. Actividades de grandes empresas con mayor presencia, en número, del sector industrial en la CDMX. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2020).	109
Tabla 33. Consumo energético en sector industrial por energético. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2018) (SENER, 2021).	117
Tabla 34. Usos finales del sector industrial y participación en la CDMX. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2018) (SENER, 2021).	117
Tabla 35. Generación de calor en sector industrial por tipo de fuente en PJ. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021).	117
Tabla 36. Ahorro estimado para uso final Generación de calor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021) (SENER, 2018c).	117
Tabla 37. Usos finales de electricidad en consumo energético del sector industrial, participación y PJ. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021).	118
Tabla 38. Ahorro estimado para usos finales de electricidad dentro del consumo energético del sector industrial, participación y PJ. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021) (SENER, 2018c).	118

Tabla 39. Ahorro estimado para usos finales de electricidad y generación de calor en todo el sector industrial (PJ). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Islas-Samperio, et al., 2020) (CFE, 2018) (SENER, 2021) (SENER, 2018c).	119
Tabla 40. Consumo energético por sector y por tipo de energía. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CEPAL, 2018) (CFE, 2018) (SENER, 2021)	126
Tabla 41. Usos finales eléctricos del sector residencial y potenciales de ahorro estimados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CEPAL, 2018) (CFE, 2018) (SENER, 2021)	126
Tabla 42. Usos finales térmicos del sector residencial y potenciales de ahorro estimados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de de (CEPAL, 2018) (CFE, 2018) (SENER, 2021)	127
Tabla 43. Actividades del sector comercial y servicios con mayor presencia en la ciudad por número de U.E. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	129
Tabla 44. Actividades del sector comercial con mayor presencia en la Ciudad de México por número de U.E, usos finales y tecnología de uso. Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2021)	136
Tabla 45. Usos finales de energía por tipo de edificio comercial y de servicios en clima templado. Fuente: Elaboración propia con información de (Morillón, et al., 2015).	137
Tabla 46. Distribución de usos finales promedio en edificios del sector comercial y de servicios. Fuente: Elaboración propia con datos de (CFE, 2018) (SENER, 2021) (Morillón, et al., 2015).	141
Tabla 48. Esquema tarifario de 2010 a 2017	184
Tabla 49. Esquema tarifario a partir de 2018	185
Tabla 50. Tarifas eléctricas aplicables al sector residencial	185
Tabla 51. Tarifas eléctricas aplicables al sector comercial	186
Tabla 52. Tarifas eléctricas aplicables al sector industrial	186
Tabla 53. Tarifas eléctricas aplicables al sector público	186
Tabla 54. Tarifas eléctricas aplicables al sector agropecuario	186
Tabla 55. Asignación de los sectores de consumo de la Ciudad de México a la clasificación de actividades económicas del INEGI	189

Anexo Metodológico del Diagnóstico

En este apartado se proporciona una explicación a detalle de la metodología y fuentes utilizadas para la elaboración del diagnóstico energético presentado anteriormente. El apartado replica la estructura del diagnóstico a fin de explicar la metodología de cada subsección del mismo.

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 del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía (SIE) en su apartado de Sector Energético/Hidrocarburos/Petróleo Crudo, tabla Producción de petróleo por entidad federativa. De forma similar, la producción de gas natural se toma de los datos proporcionados por el SIE en su apartado de Sector Energético/Hidrocarburos/Gas natural/Producción de gas natural por entidad federativa. En ninguno de ambos casos, la Ciudad de México 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) como se detalla más adelante. 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, 2018 b) y (SENER, 2018 d). Como Ciudad de México no cuenta con ninguna refinería y ningún centro procesador de gas natural, se establece que no hay transformación de estos energéticos primarios a sus derivados secundarios.

Centrales Eléctricas

La estimación de la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica parte de los permisos para la generación de energía eléctrica emitidos por la CRE para cada central. De estos documentos, se recopilan los siguientes datos:

- Fecha de entrada en operación
- Ubicación
- Capacidad (MW)
- Generación energética anual permitida (GWh)
- Tecnología
- Combustible empleado

Posteriormente, se revisan los documentos PRODESEN 2017-2031 (SENER, 2018) y PRODESEN 2018-2032 (SENER, 2019) y se extraen los datos de generación anual real en Gigawatts-hora (GWh), los cuales se encuentran

reportados para los años 2016 y 2017, para todas las centrales operativas. Debido a que en los documentos PRODESEN 2019-2033 (SENER, 2020) y PRODESEN 2020-2034 (SENER, 2021) no se publica esta información detallada por central, la generación de cada central durante 2018 y 2019 es aproximada a través de la evolución de la generación anual a nivel nacional para cada tecnología (CENACE, 2021) y el cálculo de la tasa de crecimiento anual (TCA) de generación de cada tecnología, a partir de las siguientes ecuaciones:

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

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

La tasa de crecimiento anual de cada tecnología a nivel nacional, es después aplicada a la generación de cada central de dicha tecnología.

El proceso previamente descrito es aplicado para todas las tecnologías, a excepción de las tecnologías eólica y solar fotovoltaica. La generación de centrales con estas tecnologías durante 2018 y 2019 es calculada a partir de la capacidad instalada (P) en Megawatts y del factor de planta (FP) reportado por Atlas de Zonas con alto potencial de Energías Limpias (AZEL) (SENER, 2018 a) a partir de la siguiente ecuación:

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

Por otra parte, el consumo de energéticos primarios (combustibles) de las centrales térmicas es calculado partir del Régimen Térmico (GJ/MWh) de cada central, reportados en el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) de 2018, a partir de la siguiente ecuación:

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

Donde:

E_{TERM} : Energía térmica empleada.

E_{ELEC} : Renegía 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.

Generación distribuida

Para estimar la energía eléctrica producida por los sistemas de generación distribuida se parte de la información proporcionada por la CRE (CRE, 2021) 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 toda la Ciudad de México. Después, se multiplica la capacidad instalada 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

Consumo de 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, 2018) y “Usuarios y consumo de electricidad por municipio (A partir de 2018)” (CFE, 2019).
- En ambos documentos se encuentra contenida la información sobre el consumo de electricidad por tipo de tarifa, desglosada para cada uno de los municipios de los estados. En dicha documentación se halla el siguiente esquema tarifario:

Tarifas localizadas para cada municipio 2010-2017			
1	1E	DIST	HSL
2	1F	DIT	HSLF
3	5A	GDBT	HT
5	9CU	GDMTH	HTF
6	9M	GDMTO	HTL
7	9N	HM	HTLF
9	APBT	HMC	OM
1A	APMT	HMCF	OMF
1B	DAC	HMF	PDBT
1C	DB1	HS	RABT
1D	DB2	HSF	RAMT

Tabla 47. Esquema tarifario de 2010 a 2017

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

- Se realiza tratamiento de datos para poder obtener el consumo anualizado a nivel estatal para cada una de las tarifas. Basta con sumar el consumo reportado para cada tarifa, sumando todas las alcaldías de la Ciudad de México.
- 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:

Tarifas correspondientes a Sector Residencial	
Tarifa	Descripción
1	Doméstico
1A	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25°C
1B	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28°C
1C	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30°C
1D	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31°C
1E	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32°C
1F	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33°C

Tabla 48. Esquema tarifario a partir de 2018

DAC	Doméstico Alto Consumo
DB1	Doméstico baja tensión hasta 150 kWh-mes
DB2	Doméstico baja tensión mayor a 150 kWh-mes

Tabla 49. Tarifas eléctricas aplicables al sector residencial

Tarifas correspondientes a Sector Comercial y de Servicios	
Tarifa	Descripción
PDBT	Pequeña demanda baja tensión hasta 25 kW-mes
GDBT	Gran demanda baja tensión mayor a 25 kW-mes

Tabla 50. Tarifas eléctricas aplicables al sector comercial

Tarifas correspondientes a Sector Industrial	
Tarifa	Descripción
DIST	Demanda industrial en subtransmisión
DIT	Demanda industrial en transmisión
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria
GDMTO	Gran demanda en media tensión ordinaria

Tabla 51. Tarifas eléctricas aplicables al sector industrial

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

Tabla 52. Tarifas eléctricas aplicables al sector público

Tarifas correspondientes a Sector Agropecuario	
Tarifa	Descripción
RABT	Riego agrícola en baja tensión
RAMT	Riego agrícola en media tensión
9CU	Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único
9N	Tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola

Tabla 53. Tarifas eléctricas aplicables al sector agropecuario

- 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.

Consumo de combustibles fósiles

La estimación del consumo de combustibles fósiles se realizó a través del Sistema de Información Energética **Fuente especificada no válida.**, con datos desglosados por entidad federativa y con agregación mensual.

El tratamiento de datos se realizó, primeramente, completando los datos de los meses de 2019 por medio de previsiones, considerando el histórico reportado desde enero 2016 hasta septiembre de 2019. Nuevamente se utiliza la herramienta de Excel para realizar los pronósticos basados en la tendencia estacional.

Una vez completados los datos, se realizó la homogeneización de unidades transformando las unidades reportadas por el SIE a PJ. Las transformaciones son de miles de barriles diarios (mbd) a Petajoules (PJ) para diésel, combustóleo, gasolinas, turbosina, gas licuado de petróleo; y de millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) a Petajoules para el caso del gas seco.

Para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

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

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

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

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

Una vez homologadas las unidades, se realizó el concentrado para cada año. Los valores de los concentrados por sector se utilizaron considerando el desglose sectorial del Sistema de Información Energética. Para el caso de energéticos cuya sectorización no era proporcionada (gas licuado de petróleo y combustóleo) se utilizaron las prospectivas nacionales correspondientes (SENER, 2018 b) (SENER, 2018 c), replicando la participación sectorial reportada en ellas a nivel nacional.

Consumo de leña

Las estimaciones de leña fueron realizadas utilizando el *Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal de México* (Masera, 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 macrorregiones ecológicas en México y el tipo de vegetación existente. Por último, se generaron resultados para estimaciones de los años 1990, 2000, 2005, 2010, 2020 y 2024. (Maserá, 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

Fuentes de energía para la satisfacción del consumo en la Ciudad de México

En este apartado se realiza el cálculo de 3 indicadores interrelacionados. El primero de ellos es la participación de las energías renovables en el consumo energético de la Ciudad. Le sigue la dependencia de la Ciudad a los combustibles fósiles. Por último, se encuentra la participación de la leña en el consumo energético de la Ciudad.

Estos indicadores se calculan como se establece en las siguientes ecuaciones:

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

Donde e es el tipo de energético: solar, eólico, hidroeléctrica, geotérmica, leña, gasolinas, diésel, querosenos, carbón, combustóleo, gas natural (seco) y gas L.P.

$$\begin{aligned} & \text{Participación de las energías en el consumo energético de la Ciudad} \\ &= \frac{\text{generación distribuida fotovoltaica} + \text{participación renovable en el SIN}}{\text{consumo final (PJ)}} \\ & * 100\% \end{aligned}$$

Donde la participación renovable en el SIN es calculada como el múltiplo del porcentaje de participación de las energías renovables en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), obtenido de (OBTREN, 2021) por la energía eléctrica impostada a la Ciudad de México.

$$\begin{aligned} & \text{Dependencia de la Ciudad a los combustibles fósiles} \\ &= \frac{\text{consumo fósil (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} * 100\% \end{aligned}$$

Donde consumo fósil es la suma del consumo de gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo, carbón, gas seco y gas L.P en todos los sectores de la Ciudad.

$$\begin{aligned} & \text{Participación de la leña en el consumo energético de la Ciudad} \\ &= \frac{\text{consumo leña (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} * 100\% \end{aligned}$$

PIB

El Producto Interno Bruto “es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado” (INEGI, 2021 d).

El PIB se obtiene a nivel estatal a través de los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021a). 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.

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

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.

Tabla 54. Asignación de los sectores de consumo de la Ciudad de México a la clasificación de actividades económicas del INEGI

Para la obtención de la información se utilizó la siguiente ecuación:

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

Sociales

De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Rigoberto García-Ochoa (García Ochoa, 2016), se plantea la metodología de satisfacción de Necesidades Absolutas de Energía (NAE) considerando que a nivel hogar debe de contarse con un número de bienes necesarios (satisfactores) que permitan el cumplimiento de dichas necesidades. En ese sentido, la metodología consiste en vincular los usos finales de energía (cocción de alimentos, refrigeración, entretenimiento, iluminación, calentamiento de agua y aire acondicionado) con los bienes económicos utilizados para la satisfacción de necesidades absolutas (estufa, refrigerador, luminarias, etc.).

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

Para los estados localizados en clima templado no se considera el confort térmico como un indicador. Mientras que, para aquellos localizados en climas cálidos, si se considera. En cualquier caso, al contar con el bien económico, el indicador para la necesidad absoluta obtiene un valor de uno, mientras que la carencia de dicho bien arroja un valor de cero.

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

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

El AZEL otorga acceso público a información geo-referenciada relacionada al estudio de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) para la identificación y cuantificación de la población indígena. Esta metodología se construyó con el siguiente criterio: SE considera como población indígena a la población de los hogares indígenas entendiéndose a estos como los hogares donde el jefe y/o el cónyuge y/o padre o madre del jefe y/o suegro o suegra del jefe hablan una lengua indígena y también aquellos que declararon pertenecer a un grupo indígena.

Esta información se encuentra repartida en dos archivos: El primero cuenta con la información por municipio, mientras que el segundo lo hace a nivel localidad (Centros de población con 40% y más del total de habitantes identificado como indígena).

Además, estos archivos incorporan información sobre el grado de marginación establecido por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2010.

Para la elaboración de los mapas temáticos, los archivos mencionados anteriormente se clasificaron por tipo de municipio por población indígena y según el tamaño de la población indígena en la localidad, respectivamente. Asimismo, se analizó la localización geográfica de las poblaciones indígenas y el número de habitantes indígenas promedio de una localidad.

Además, se contabilizó el total de localidades, identificando cuáles tienen grados de marginación muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

ANEXO: Mapas complementarios

Tipos de edificios de único uso en cada alcaldía (relacionados con la Tabla 10)

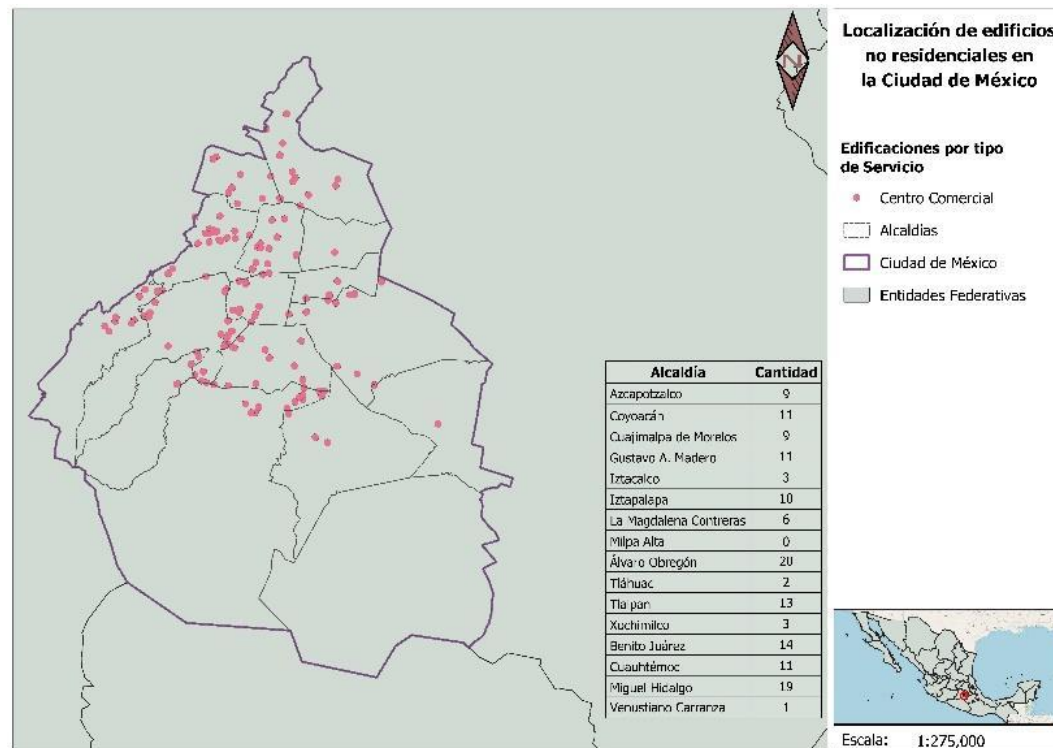


Figura 97. Localización y contabilización de edificios con tipo de uso único de Centro Comercial por alcaldía. Elaboración propia con información de: INEGI, 2019.

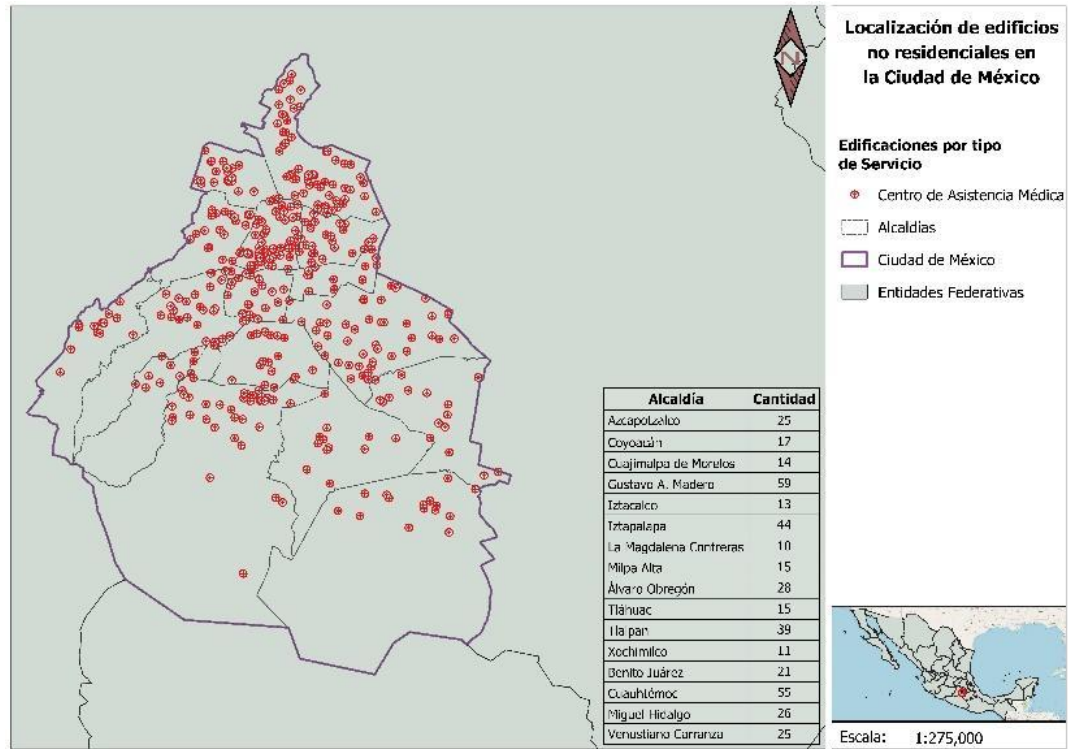


Figura 98. Localización de edificios con tipo de uso único de Centro de Asistencia Médica. Elaboración propia con información de: INEGI, 2019.

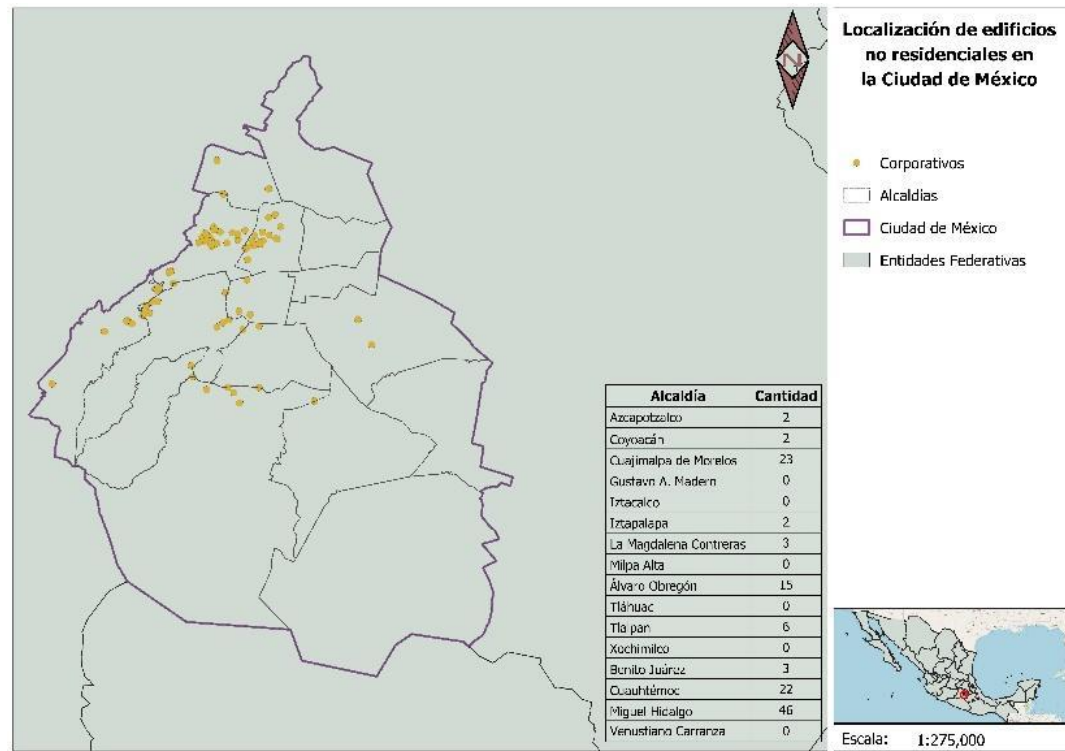


Figura 99. Localización de edificios con tipo de uso único de Corporativos. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

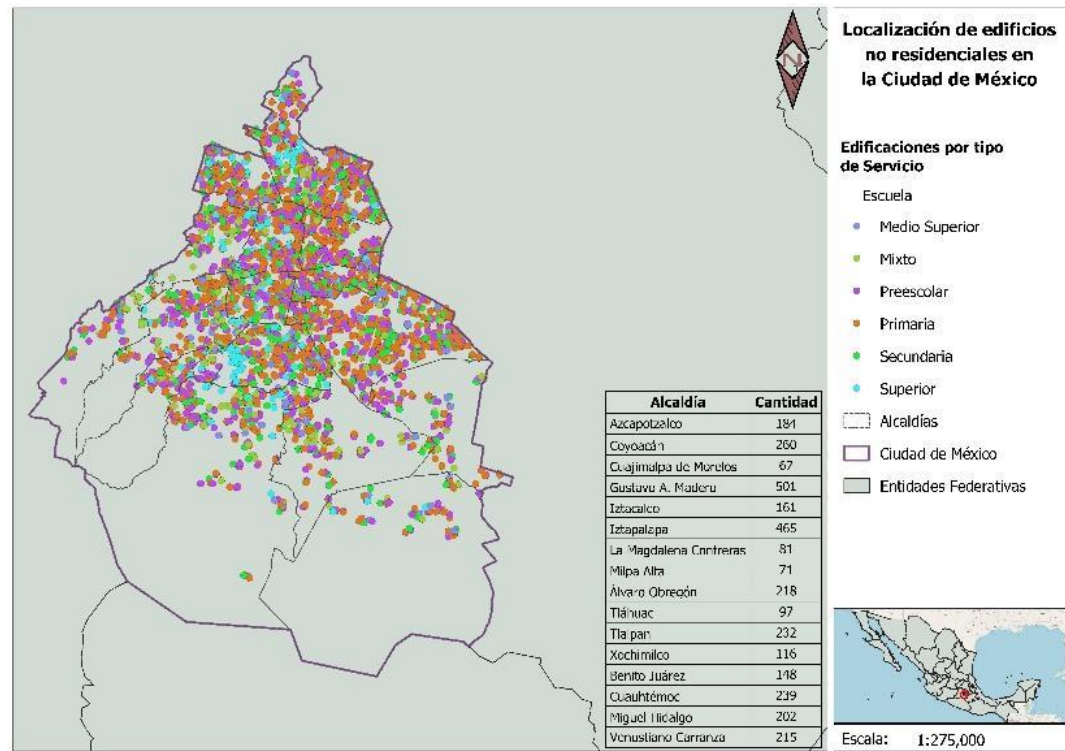


Figura 100. Localización de edificios con tipo de uso único de Escuela. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.

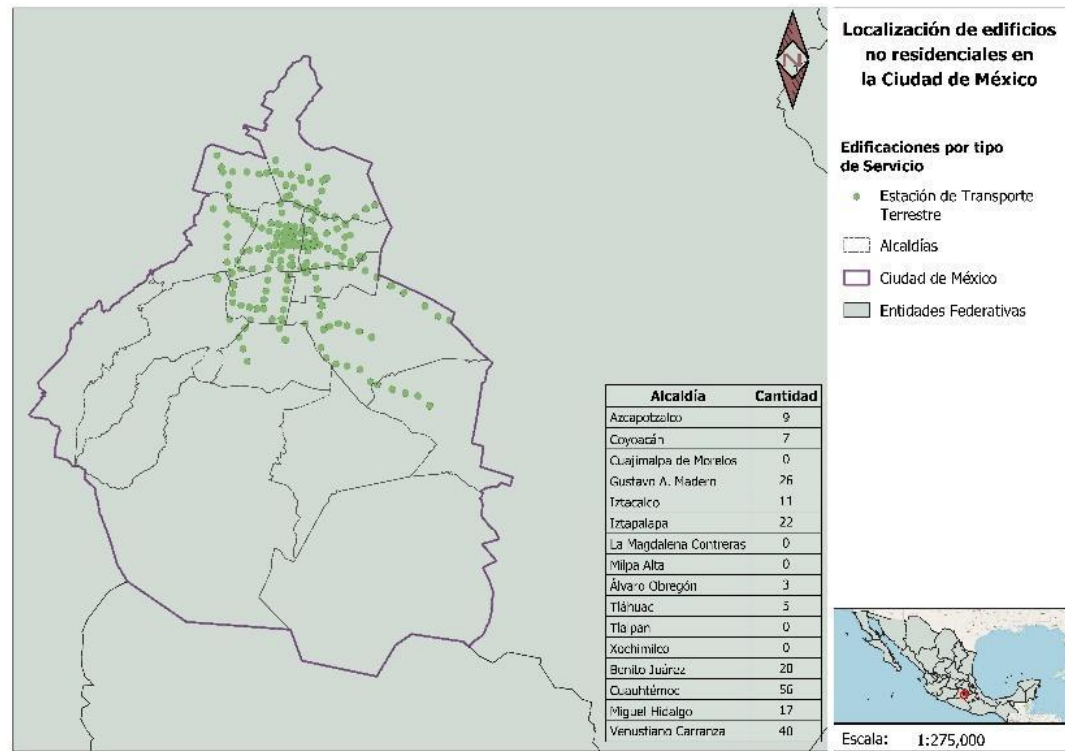


Figura 101. Localización de edificios con tipo de uso único de Estación de Transporte Terrestre. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.

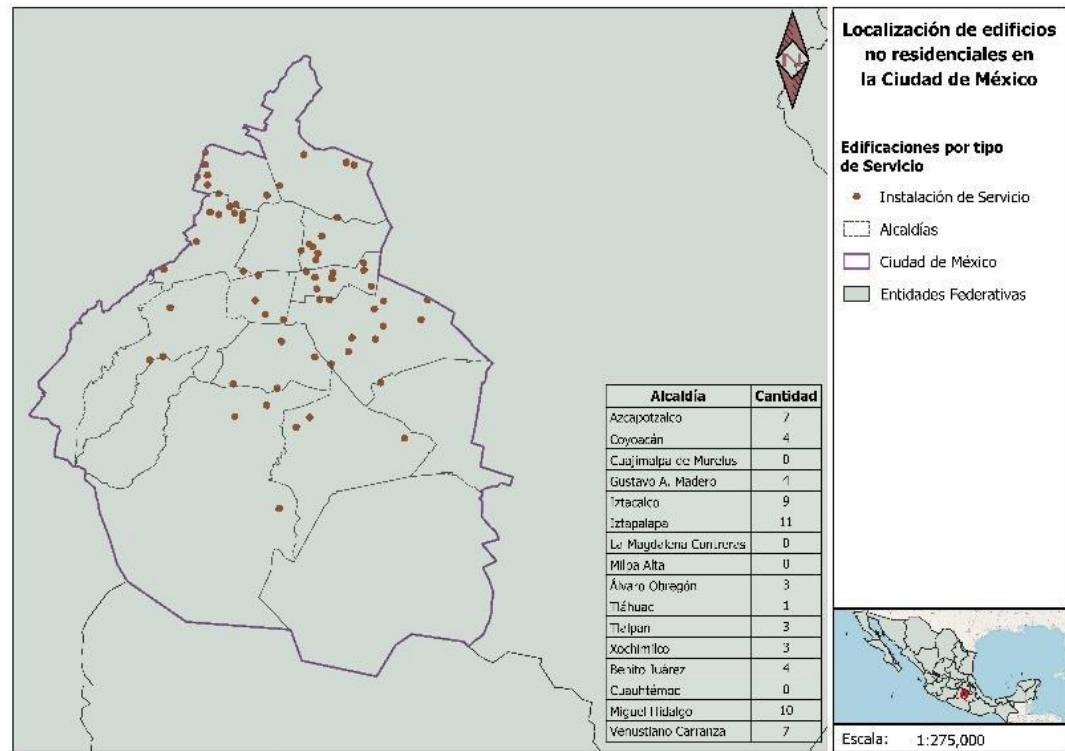


Figura 102. Localización de edificios con tipo de uso único de Servicio. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.

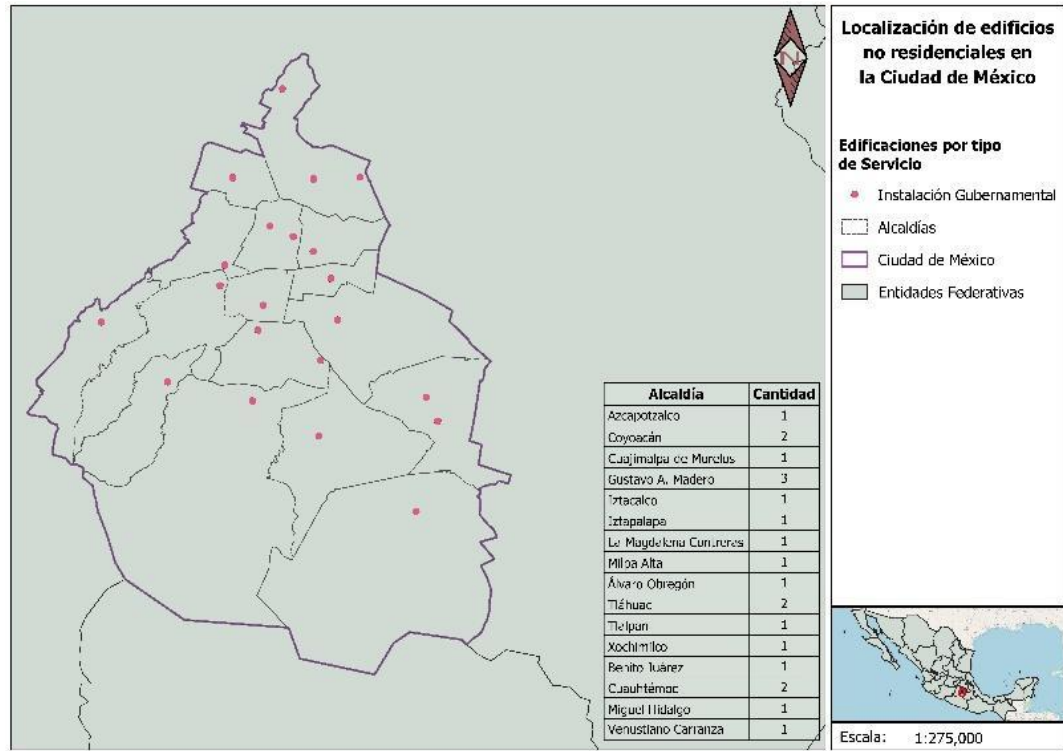


Figura 103. Localización de edificios con tipo de uso único de Instalación Gubernamental. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.

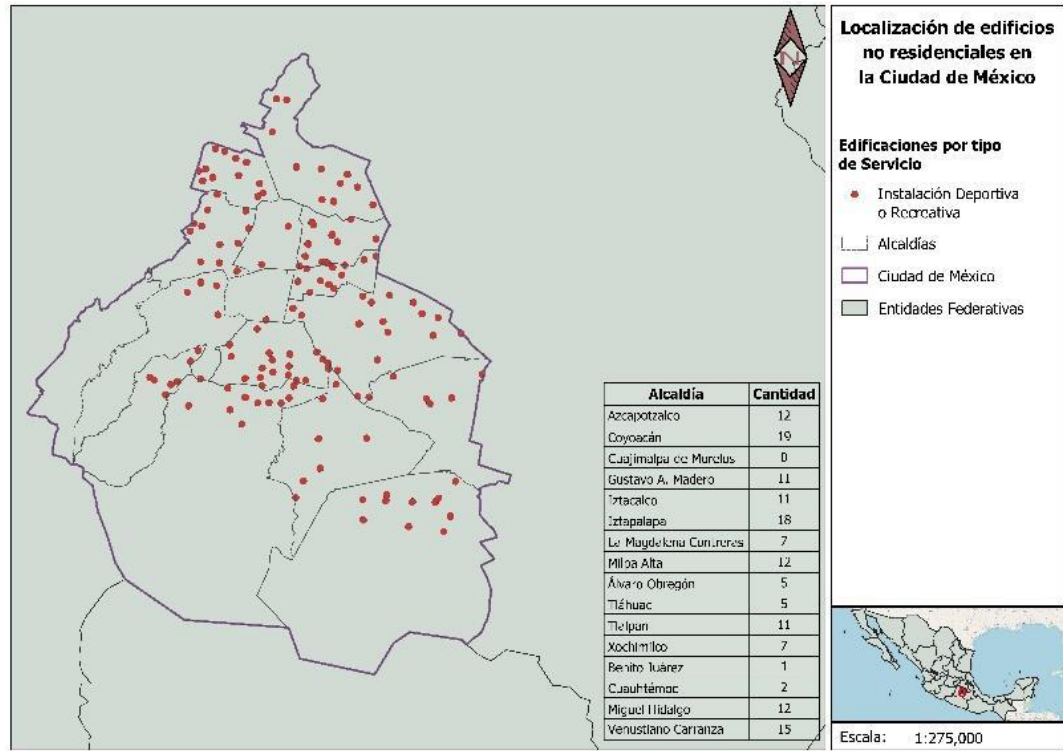


Figura 104. Localización de edificios con tipo de uso único de Instalación Deportiva o Recreativa. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.

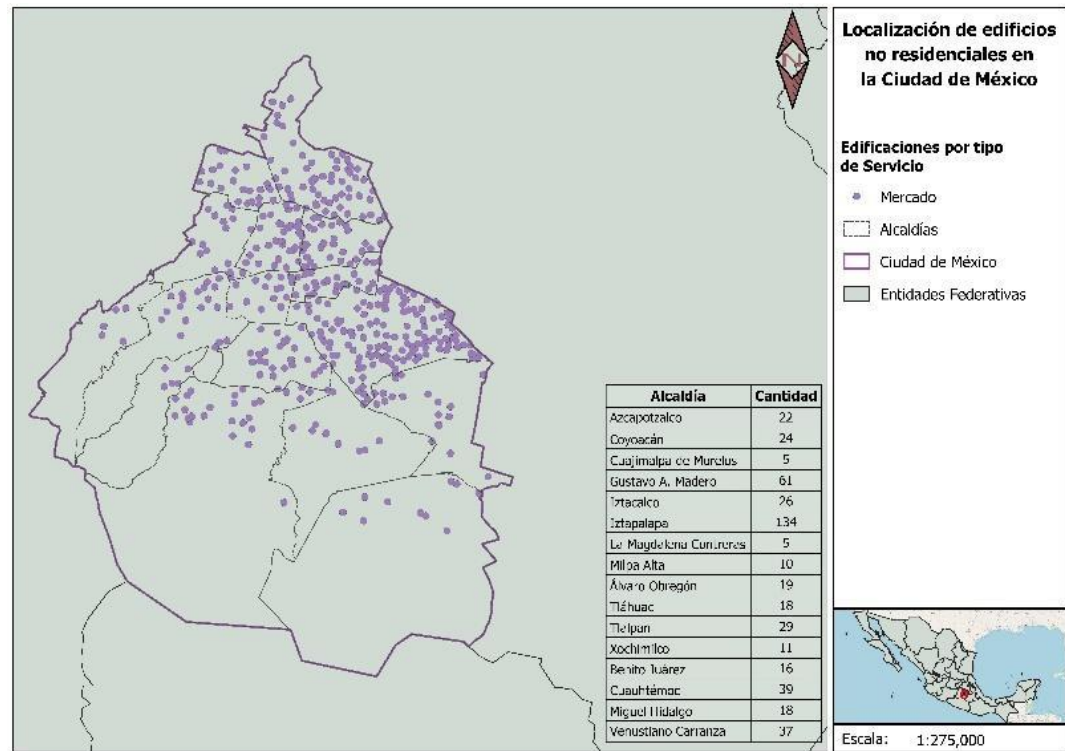


Figura 105. Localización de edificios con tipo de uso único de Mercado. Elaboración propia con información de INEGI, 2019.

Localización de las unidades económicas con alto consumo de calor en la Ciudad de México (relacionados a la Tabla 14)

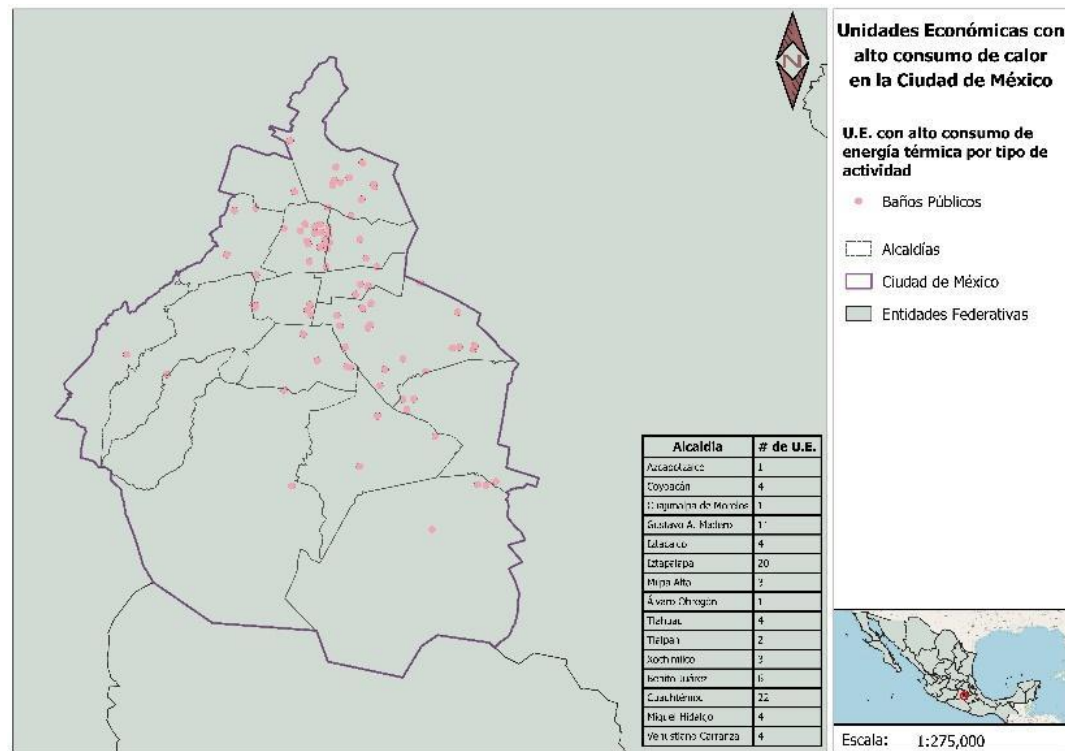


Figura 106. Localización de baños públicos. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.

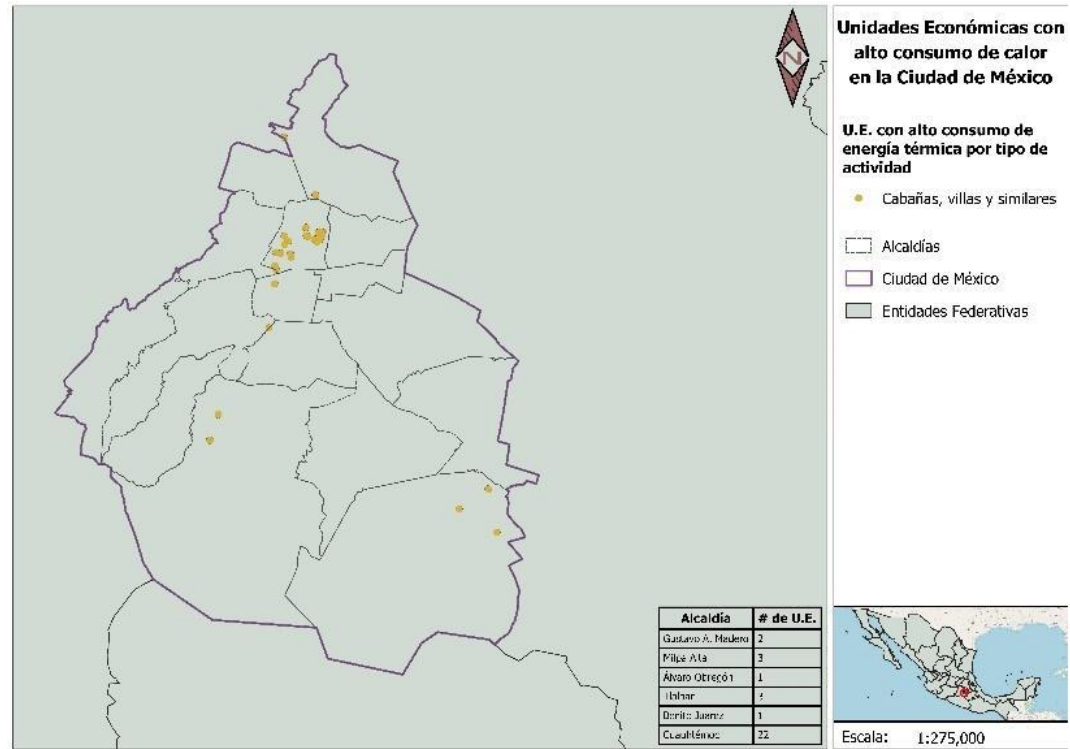


Figura 107. Localización de cabañas, villas y similares. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

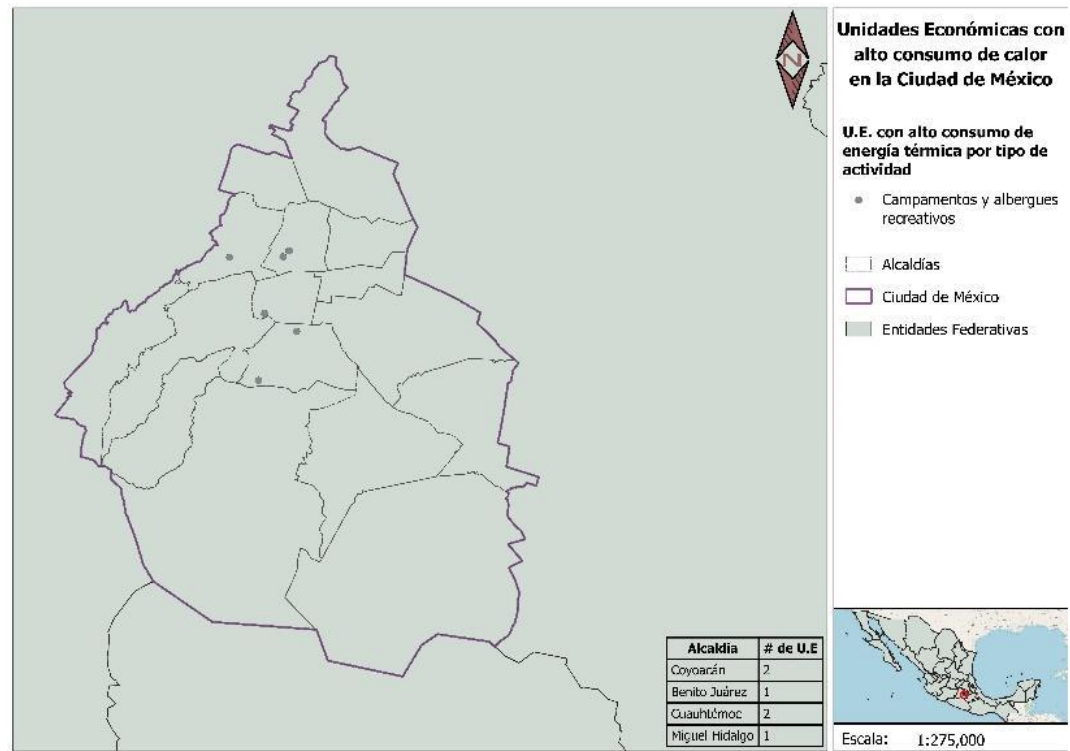


Figura 108. Localización de campamentos y albergues recreativos. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

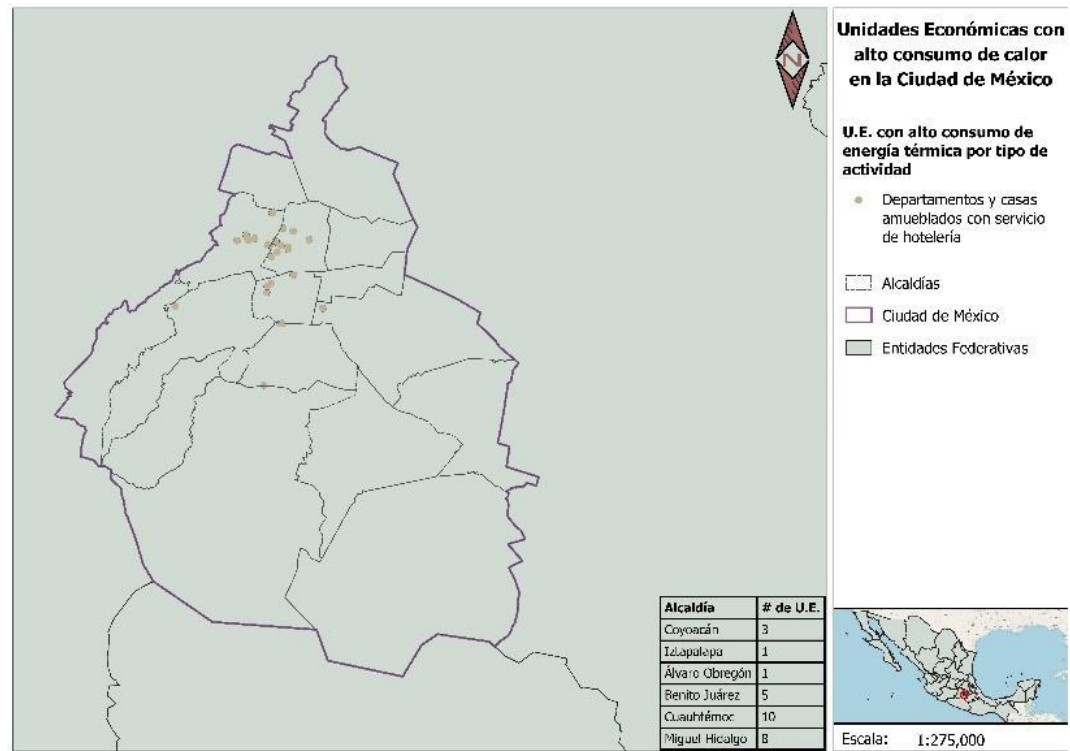


Figura 109. Localización de departamentos y casas amueblados con servicio de hotelería. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

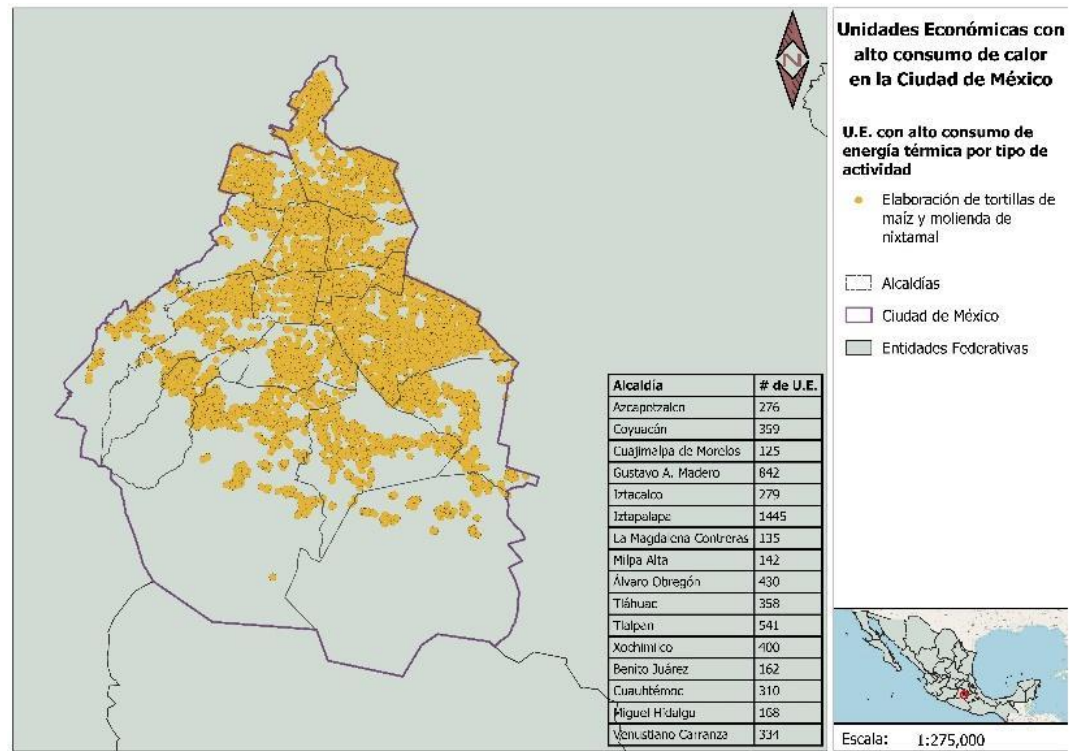


Figura 110. Localización de elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

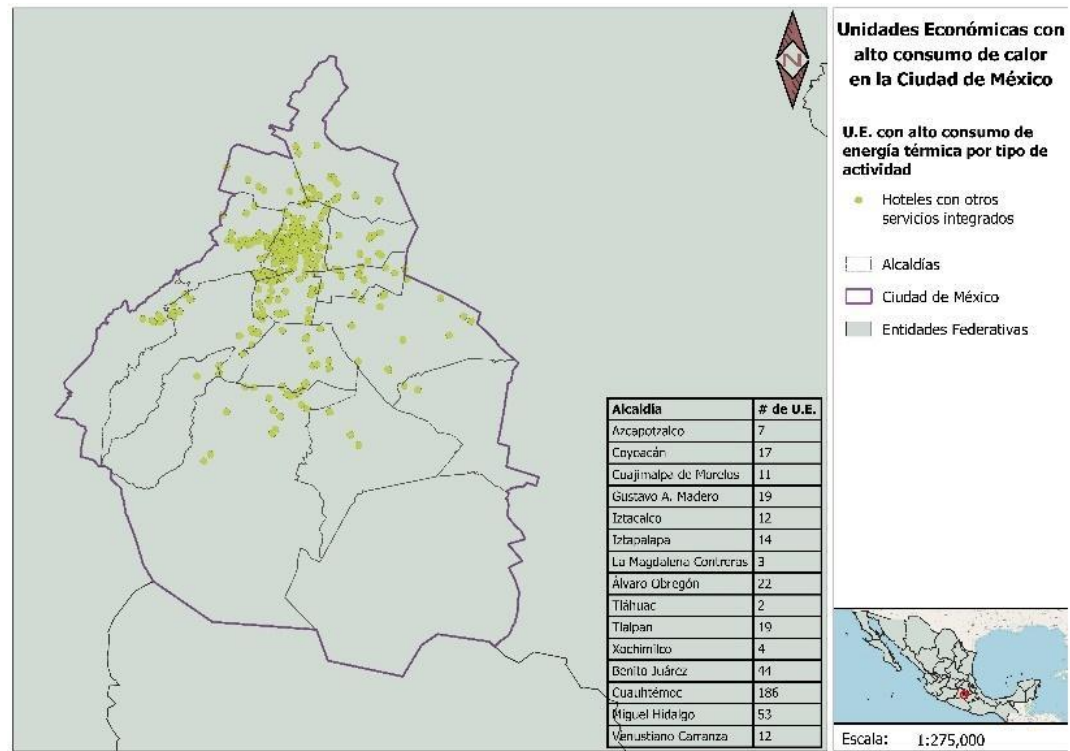


Figura 111. Localización de hoteles con otros servicios integrados. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.

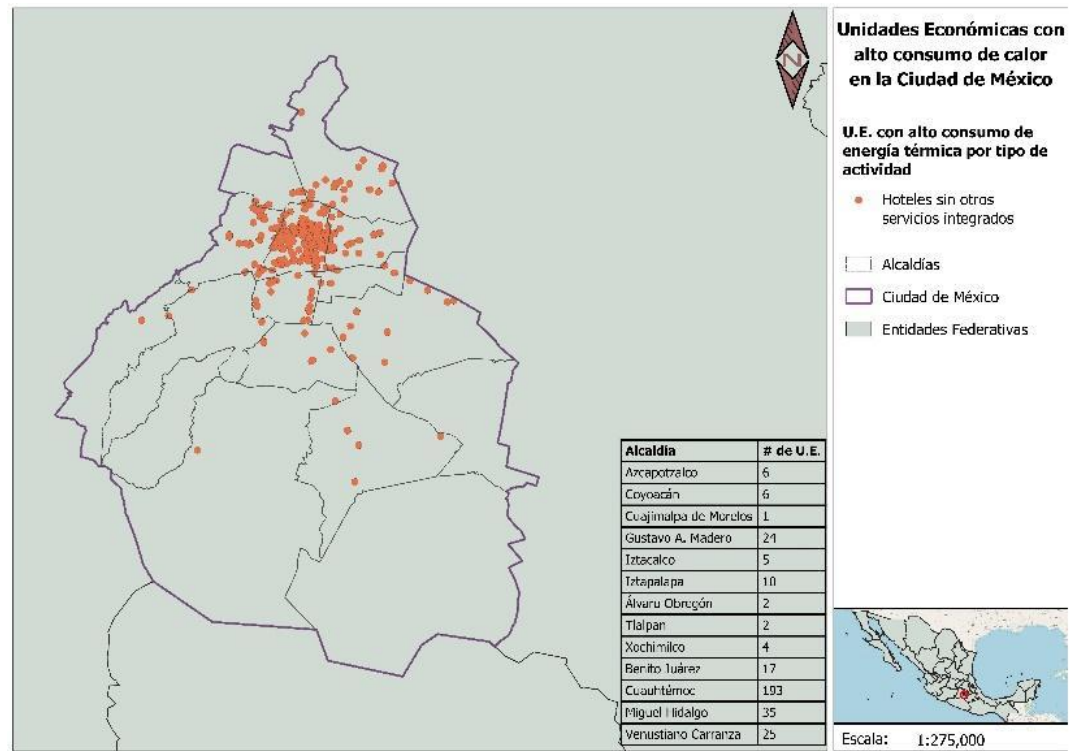


Figura 112. Localización de hoteles sin servicios integrados. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

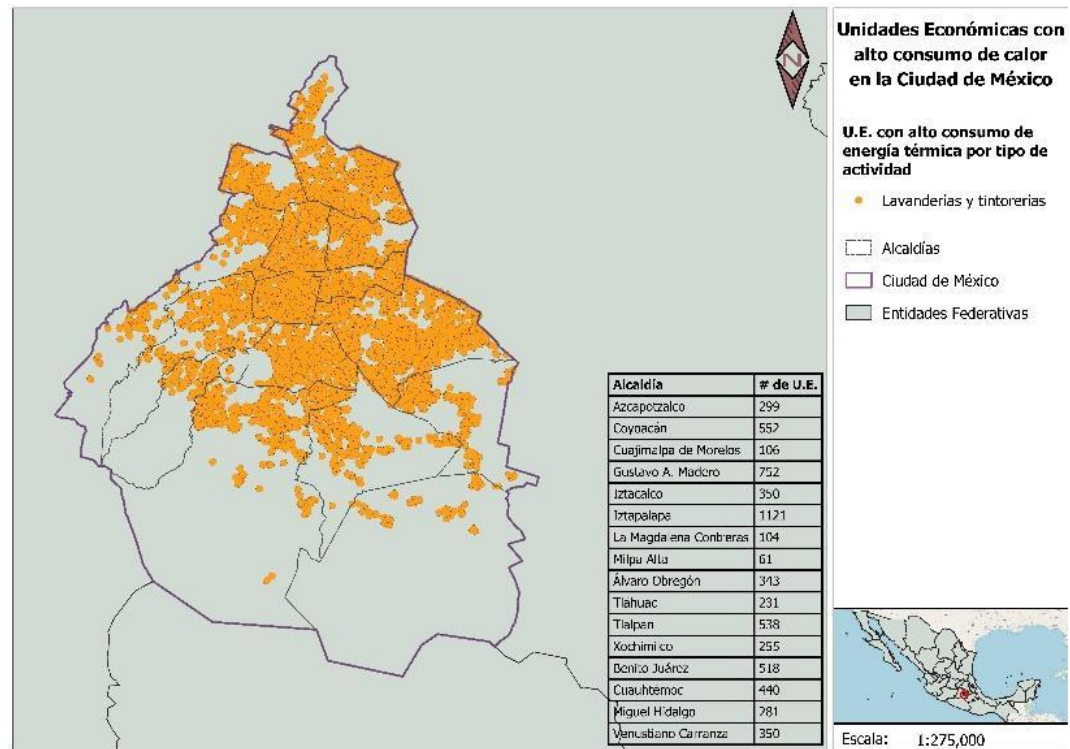


Figura 113. Localización de lavanderías y tintorerías. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.

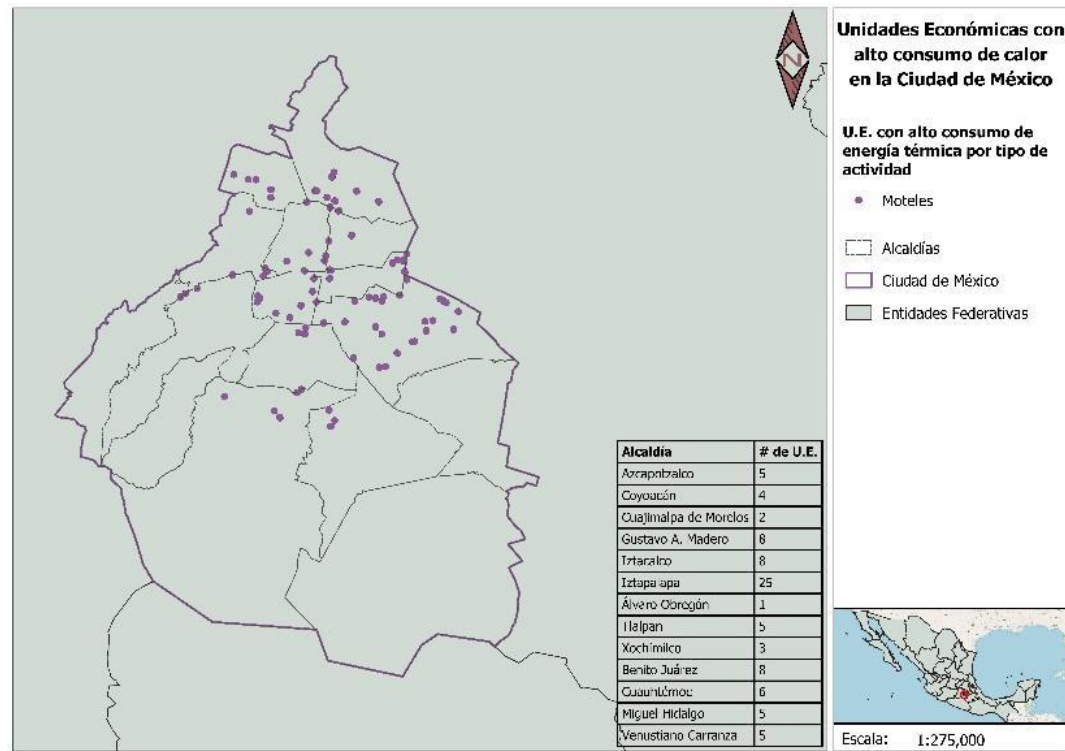


Figura 114. Localización de moteles. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.

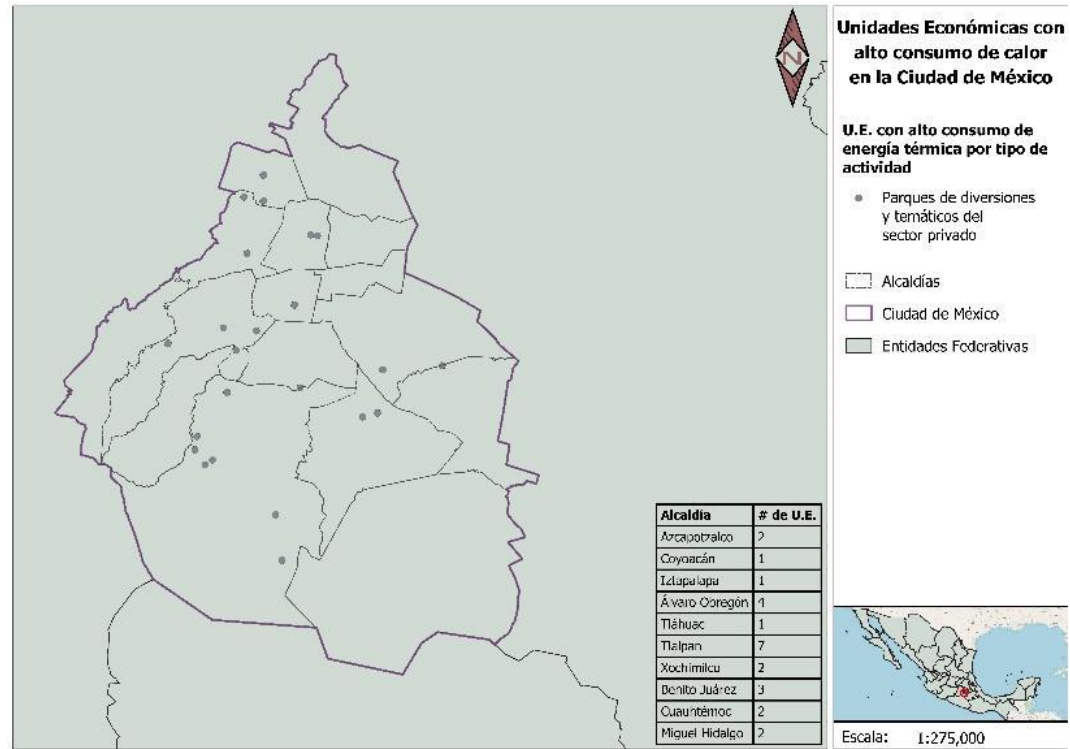


Figura 115. Localización de parques de diversiones y temáticos del sector privado. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

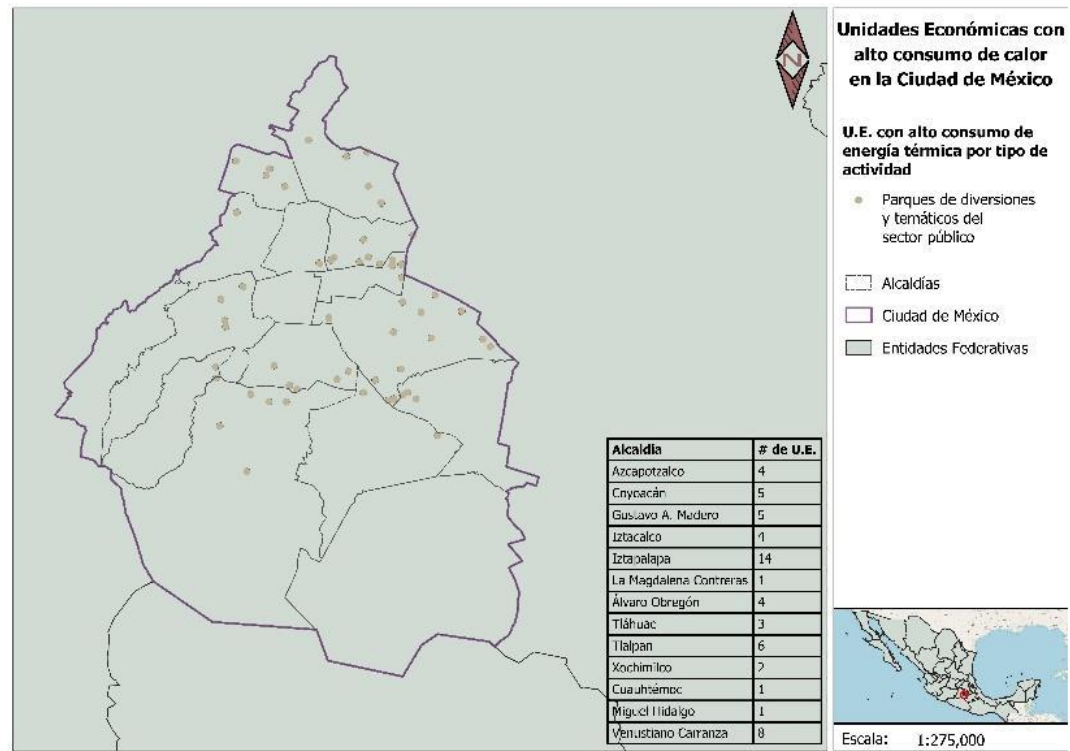


Figura 116. Localización de parques de diversiones y temáticos del sector público. Elaboración propia con información de: DENU, 2021.

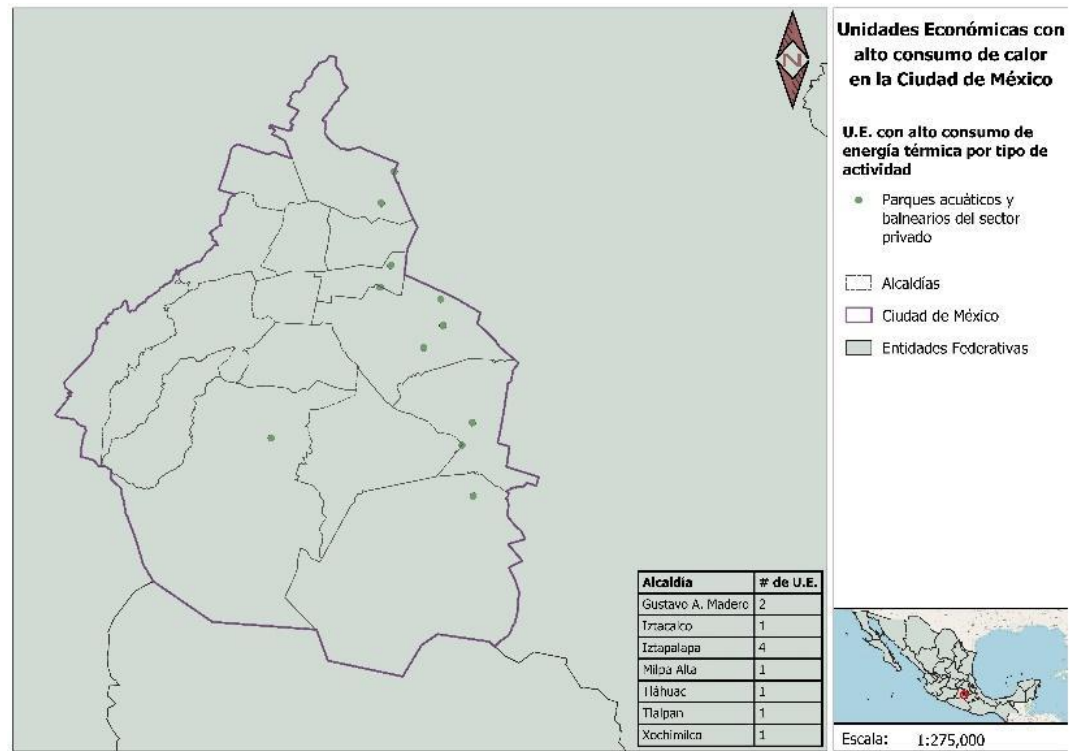


Figura 117. Localización de parques acuáticos y balnearios del sector privado. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

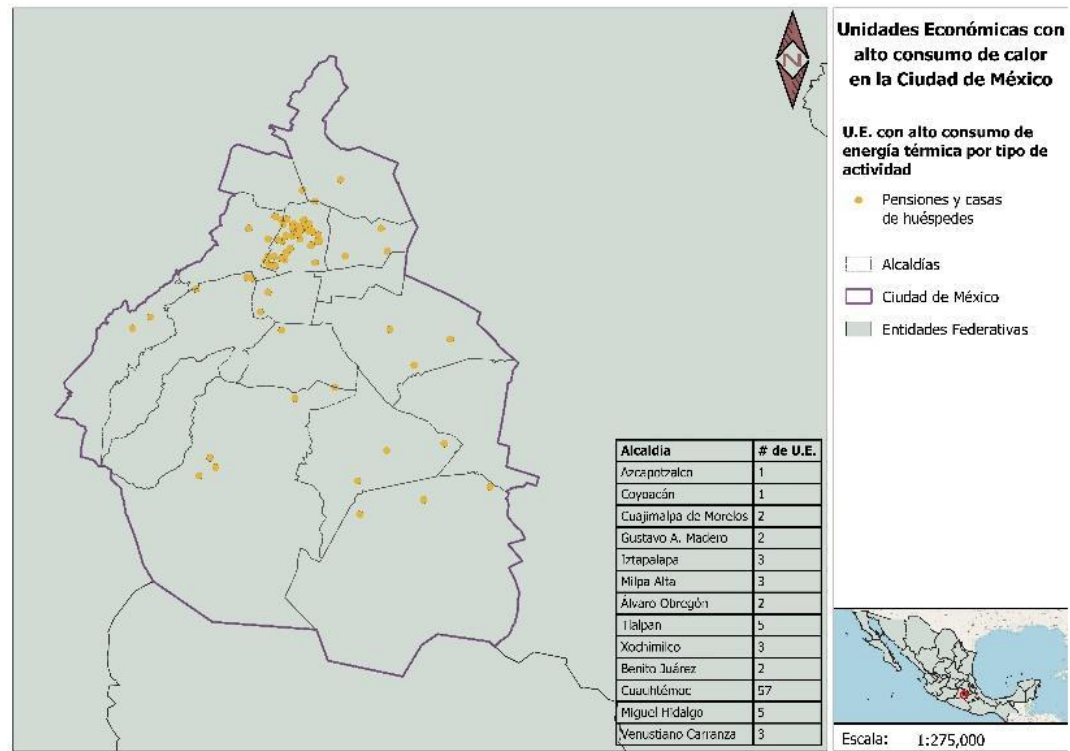


Figura 118. Localización de pensiones y casas de huéspedes. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

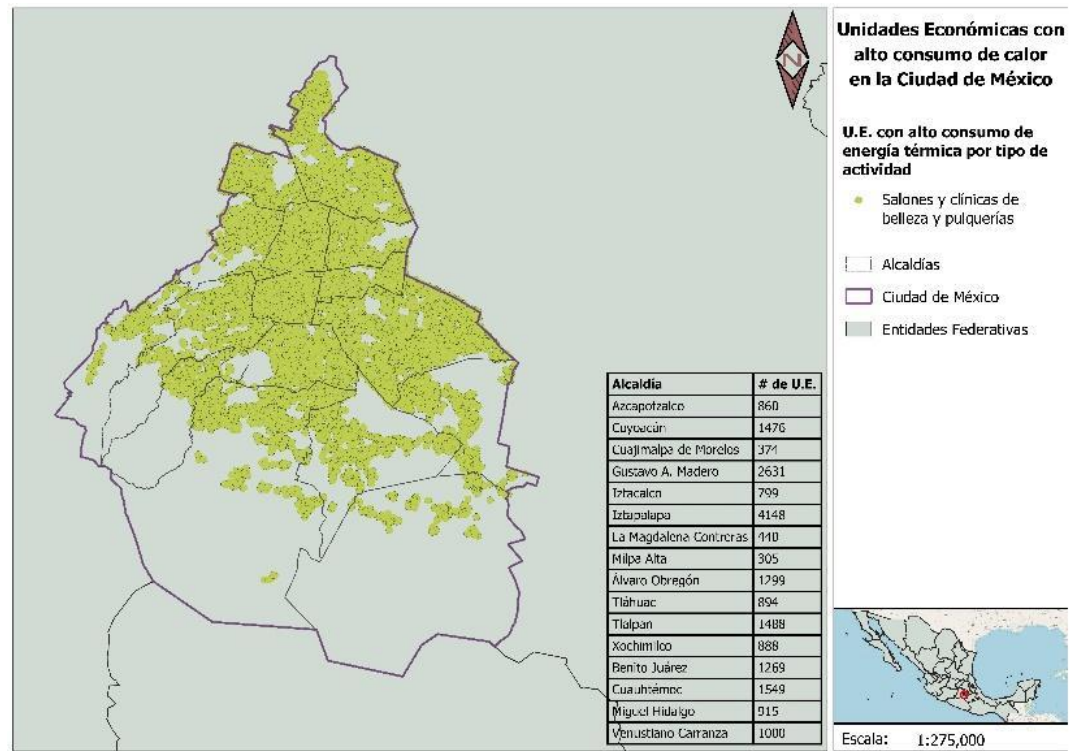


Figura 119. Localización de salones y clínicas de belleza y pulquerías por alcaldía. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.

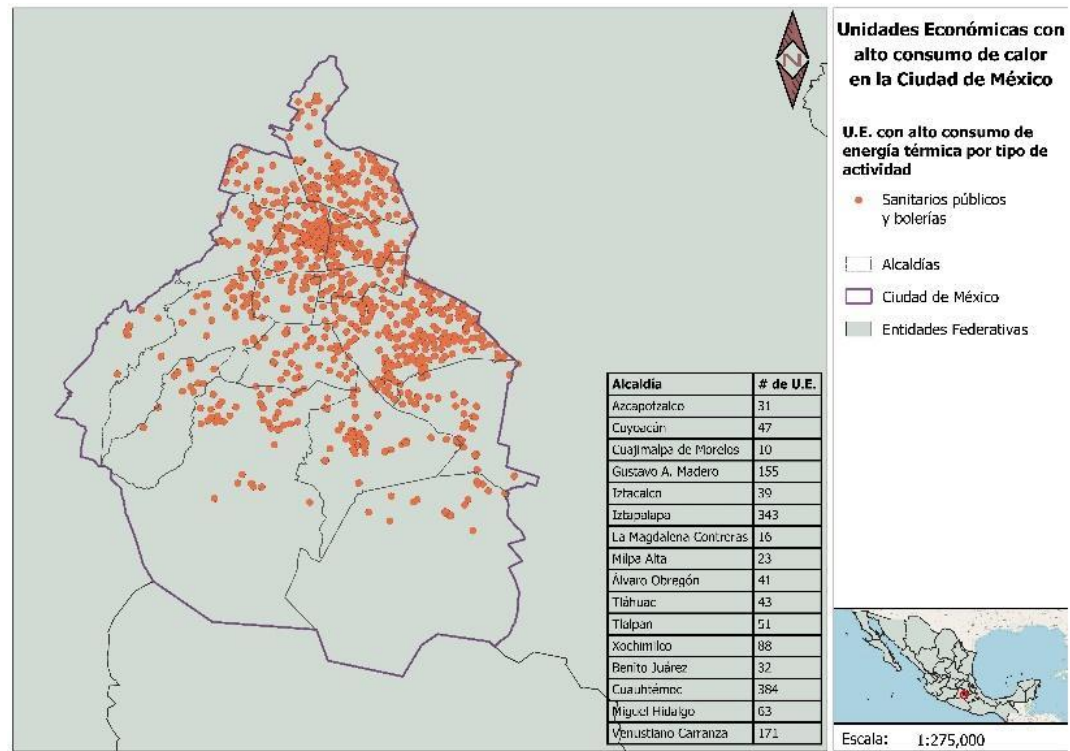


Figura 120. Localización de sanitarios públicos y boilerías por alcaldía. Elaboración propia con información de: DENUE, 2021.