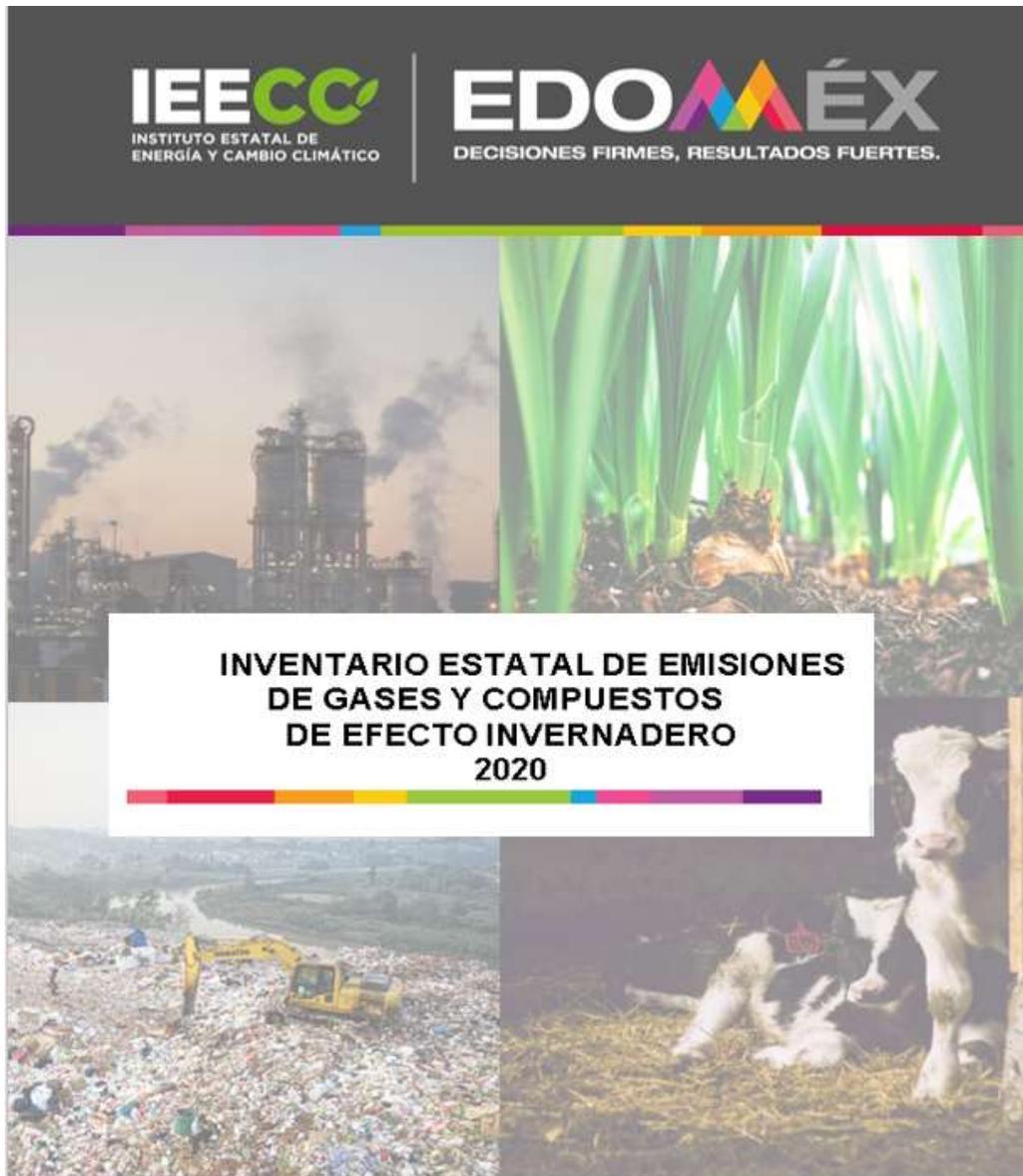




**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES
DE GASES Y COMPUESTOS
DE EFECTO INVERNADERO
2020**



INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO 2020.



DR © 2022. Gobierno del Estado de México.
Secretaría del Medio Ambiente
Elaborado por: Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático
Departamento de Adaptación al Cambio Climático
Avenida Doctor Gustavo Baz Prada No. 2160, Col. La Loma,
Tlalhepantla de Baz, Estado de México C.P. 54060
Teléfonos: 55 53 66 82 63 y 722 275 62 09
<http://ieecc.edomex.gob.mx/>
dg.ieecc@edomex.gob.mx
Año de elaboración:2022.

DIRECTORIO.



Lic. Alfredo del Mazo Maza
Gobernador Constitucional de Estado de México

Ing. Jorge Rescala Pérez
Secretario del Medio Ambiente

Mtra. María Elena López Barrera
Directora General del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático

Lic. María del Socorro López Coyuca
Subdirectora de Adaptación y Crecimiento Verde

Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre
Jefa del Departamento de Adaptación al Cambio Climático

Revisión y Edición:
Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre

Colaboradores:
Ing. Bibiana Valdez Avendaño
Lic. Francisco Pablo Escamilla Báez
Lic. Janet Colin Plata
Lic. Lucina Beatriz García Zamora
Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre
C. Teresa Mañón Flores

DR © 2022. Gobierno del Estado de México.
Secretaría del Medio Ambiente
Elaborado por: Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático
Departamento de Adaptación al Cambio Climático
Avenida Doctor Gustavo Baz Prada No. 2160, Col. La Loma,
Tlalnepantla de Baz, Estado de México C.P. 54060
Teléfonos: 55 53 66 82 63 y 722 275 62 09
<http://ieecc.edomex.gob.mx/>
dg.ieecc@edomex.gob.mx
Año de elaboración: 2022

INTRODUCCIÓN



Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son componentes gaseosos de la atmósfera, naturales y resultantes de la actividad humana, que absorben y emiten radiación infrarroja. Esta propiedad causa el efecto invernadero. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático reconoce seis: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, se ha incrementado la temperatura en la superficie de la tierra lo que se conoce como calentamiento global, lo cual ha provocado el cambio climático que ha alterado los ciclos de las lluvias y la disponibilidad del agua, así como en el incremento en las inundaciones, sequías, incendios forestales, afectaciones agrícolas, y que los fenómenos meteorológicos sean más severos, los cuales ponen en riesgo a la población. Por lo que estamos ante una emergencia global ya que es considerado uno de los problemas ambientales más importantes de nuestro tiempo y se deben emprender acciones.

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC), presenta la actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con año base 2020, el cual es elaborado con metodologías comparables y desarrolladas de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006). Las emisiones están reportadas en Gigagramos de CO_2 equivalente [Gg de CO_2eq], las cuales se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global. Al expresar las emisiones de GEI en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir la contribución de cada sector y sus categorías, esto con la finalidad de unir esfuerzos con el Gobierno Federal, los municipios y la población para dar cumplimiento, al compromiso que tiene nuestro país ante el Acuerdo de París, para reducir el 22% de las emisiones de gases de efecto invernadero al 2030 y 51% respecto a sus emisiones de carbono negro.

El presente inventario consta de 5 capítulos, en el capítulo 1 se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero para el sector: Energía, en el capítulo 2 las emisiones del sector: Procesos Industriales, el capítulo 3 las emisiones del sector: AFOLU (Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra), el capítulo 4 las emisiones del sector: Residuos y el capítulo 5 se presentan las emisiones estatales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 2020.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El efecto invernadero, es un proceso que ocurre de manera natural en la atmósfera de la Tierra, y resulta de la interacción entre la energía que proviene del Sol y algunos de los gases de la atmósfera llamados gases de efecto invernadero (GEI).

Las causas del cambio climático se pueden dividir en aquellas relacionadas con los procesos naturales y las causas vinculadas con la actividad humana que han contribuido en las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, por sus siglas en inglés), ha manifestado que el calentamiento del planeta tierra es inequívoco, que la influencia humana en el sistema climático es clara, y que las emisiones de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia.

PROPÓSITO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.

La realización periódica de los inventarios de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, sirven para generar una visión general, identificando los sectores claves y la emisión por tipo de gas de efecto invernadero, esto con la finalidad de poder implementar políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático en la entidad y contribuir a nivel mundial con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

OBJETIVO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.

Cuantificar las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en la entidad del año 2020.

MARCO JURÍDICO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.



Para la elaboración del inventario cabe precisar que el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, así mismo se incorporan factores de emisión a emplear obtenidos en estudios acordes a las condiciones de México y también el Estado de México se alinea a emplear los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

De lo anterior para la elaboración del Inventario se encuentra sujeto a lo establecido en la legislación aplicable; que a la letra establece:



Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Artículo 4. Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México.

Artículo 5. párrafo XI ... El Estado fomentará una educación basada en el respeto y cuidado al medio ambiente, con la constante orientación hacia la sostenibilidad de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México.

Ley General de Cambio Climático.

Artículo 1o. La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia.

Artículo 2o. Esta Ley tiene por objeto: Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

Artículo 8. Corresponde a las entidades federativas las siguientes atribuciones:

III. Fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la mitigación y adaptación al cambio climático.

XII. Elaborar e integrar, en colaboración con el INECC, la información de las categorías de fuentes emisoras de su jurisdicción, para su incorporación al Inventario Nacional de Emisiones y en su caso, integrar el inventario estatal de emisiones, conforme a los criterios e indicadores elaborados por la federación en la materia.

Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes.

Ley de Cambio Climático del Estado de México.

Artículo 10. El Instituto es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, sectorizado a la Secretaría, que tiene por objeto promover el fortalecimiento de capacidades institucionales y sectoriales para enfrentar al cambio climático, mediante el desarrollo de investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático, eficiencia energética y energías renovables, en el ámbito de competencia estatal, y tendrá las siguientes atribuciones:

I. Realizar por sí mismo o por conducto de terceros, estudios y proyectos de investigación científica o tecnológica con instituciones académicas, de investigación, públicas o privadas, nacionales o extranjeras en materia de cambio climático.

III. Presentar apoyo científico y técnico a la Secretaría para el diseño y evaluación de la política estatal en materia de cambio climático, en la propuesta del PEACC y en la integración del inventario;

IV. Promover y difundir criterios, metodologías y tecnologías en materia de cambio climático, eficiencia energética y energías renovables;

Artículo 28. El inventario es el instrumento que contiene la estimación de las emisiones antropógenos de gases de efecto invernadero regulados por la presente Ley, generados por las fuentes de competencia federal, estatal y municipal, así como la absorción por los sumideros, que se ubican dentro del territorio del Estado de México.

Reglamento de la Ley de Cambio Climático del Estado de México.

Artículo 29. La integración del inventario deberá realizarse de conformidad con las directrices y metodologías que, para tal efecto, emita el INECC, las normas técnicas estatales aplicables o, en su caso, los informes metodológicos emitidos por el IPCC.

Código para la Biodiversidad del Estado de México

Artículo 2.8. corresponde a la Secretaría fracción XXXII, Artículo 2.149. En materia de contaminación atmosférica y de conformidad con lo dispuesto en el presente Libro, la Secretaría y los Ayuntamientos en el ámbito de sus respectivas competencias, fracción V. Integrarán y mantendrán actualizados los inventarios de las diferentes fuentes de contaminación a la atmósfera.

Conforme a lo establecido en los artículos mencionados la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC) elabora de forma bianual el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	4
PROPÓSITO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.	4
OBJETIVO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.	4
MARCO JURÍDICO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.	5
CONTENIDO.	8
ÍNDICE DE TABLAS.	10
ÍNDICE DE GRÁFICAS.	12
ÍNDICE DE FIGURAS.	13
DESARROLLO DEL INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2020.	14
PANORAMA GENERAL DE LA ENTIDAD.	15
GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO Y LOS SECTORES QUE LOS GENERAN.	17
CAPÍTULO 1. SECTOR “ENERGÍA”.	19
1.1. ANTECEDENTES.	21
1.2. CONSIDERACIONES GENERALES.	22
1.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.	24
1.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.	34
1.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.	47
1.6. EMISIONES DE CARBONO NEGRO, 2020.	49
CAPÍTULO 2. SECTOR “PROCESOS INDUSTRIALES”.	51
2.1. ANTECEDENTES.	53
2.2. CONSIDERACIONES GENERALES.	54
2.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.	55
2.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.	55
2.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.	64
CAPÍTULO 3. SECTOR “AFOLU”.	66
3.1. ANTECEDENTES.	68
3.2. CONSIDERACIONES GENERALES.	69
3.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.	70
3.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.	72
3.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.	75
CAPÍTULO 4. SECTOR “RESIDUOS”.	76
4.1. ANTECEDENTES.	78
4.2. CONSIDERACIONES GENERALES.	79

4.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.	83
4.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.	84
4.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.	87
CAPÍTULO 5. “EMISIONES ESTATALES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO, 2020”.	89
5.1. EMISIONES TOTALES.	91
5.2. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES.	96
5.3. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECO AL AÑO 2018.	97
6.0. CONCLUSIONES.	98
7.0. RECOMENDACIONES.	100
8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	102
9.0. LIMITACIONES.	104
10.0. APÉNDICES.	105
APÉNDICE “A”. LISTADO DE SIGLAS.	105
APÉNDICE “B”. LISTADO DE ACRÓNIMOS.	106
APÉNDICE “C”. LISTADO DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO.	106
APÉNDICE “D”. UNIDADES DE EQUIVALENCIA.	107
APÉNDICE “E”. POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG) .	107
11.0. AGRADECIMIENTOS.	108

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1. Categorías del Sector Energía.	23
Tabla 1.2. Quema de combustible: métodos aplicados en las categorías y subcategorías estimadas.	25
Tabla 1.3. Fuentes de información utilizadas para recopilar datos de actividad del sector energía.	27
Tabla 1.4. Consumo de combustibles por categoría del sector en Peta joule [PJ].	29
Tabla 1.5. Consumo de combustibles por la generación de electricidad.	30
Tabla 1.6. Consumo de combustibles en la industria manufacturera.	31
Tabla 1.7. Consumo de combustibles en el transporte.	32
Tabla 1.8. Consumo de combustibles en la categoría otros.	33
Tabla 1.9. Emisiones de GEI por tipo de gas del Sector Energía [Gg de CO ₂ eq].	34
Tabla 1.10. Emisiones de GEI por categoría del Sector Energía [Gg de CO ₂ eq].	36
Tabla 1.11. Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en el Sector Energía [Gg de CO ₂ eq].	37
Tabla 1.12. Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en la generación de electricidad [Gg de CO ₂ eq].	38
Tabla 1.13. Emisiones de GEI por tipo de gas en la industria manufacturera [Gg de CO ₂ eq].	39
Tabla 1.14. Emisiones de GEI por tipo de combustible en la industria manufacturera [Gg de CO ₂ eq].	40
Tabla 1.15. Emisiones de GEI por tipo de gas en la categoría del transporte [Gg de CO ₂ eq].	42
Tabla 1.16. Emisiones de GEI por tipo de combustible para categoría del transporte [Gg de CO ₂ eq].	43
Tabla 1.17. Emisiones de GEI por tipo de gas para otros sectores [Gg de CO ₂ eq].	44
Tabla 1.18. Emisiones de GEI por tipo de combustible para otros sectores [Gg de CO ₂ eq].	45
Tabla 1.19. Emisiones por el método sectorial y el método de referencia para el año 2020 en [Gg de CO ₂ eq].	46
Tabla 1.20. Comparativo de las emisiones de GEI en [Gg de CO ₂ eq] por categoría, para los años 2018 y 2020, para el sector energía.	47
Tabla 1.21. Emisiones de Carbono Negro en toneladas anuales del sector en el 2020.	50
Tabla 2.1. Estructura del sector procesos industriales.	54
Tabla 2.2. Emisiones de GEI por categoría y subcategoría del sector Procesos Industriales 2020 [Gg de CO ₂ eq].	56
Tabla 2.3. Emisiones potenciales de la industria de los minerales.	58
Tabla 2.4. Emisiones de GEI por categoría de la industria de los minerales, 2020 [Gg de CO ₂ eq].	58
Tabla 2.5. Emisiones de GEI por producción de metales, 2020 [Gg de CO ₂ eq].	61
Tabla 2.6. Emisiones potenciales del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.	62

Tabla 2.7. Emisiones de GEI por categoría del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, 2020 [Gg de CO ₂ eq].	63
Tabla 2.8. Comparativo de las Emisiones de GEI en [Gg de CO ₂ eq] por categoría, para los años 2018 y 2020, para el sector procesos industriales.	64
Tabla 3.1. Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector AFOLU.	70
Tabla 3.2. Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra).	70
Tabla 3.3. Emisiones de GEI por categoría del Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra) en [Gg de CO ₂ eq].	72
Tabla 3.4. Emisiones de CO ₂ eq, por categoría y su contribución porcentual del Sector AFOLU.	74
Tabla 3.5. Comparativo de las Emisiones de GEI del Sector AFOLU, en [Gg de CO ₂ eq] del año 2020 respecto al 2018.	75
Tabla 4.1. Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector Residuos.	82
Tabla 4.2. Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector Residuos.	83
Tabla 4.3. Emisiones de GEI por categoría y subcategoría del Sector Residuos [Gg de CO ₂ eq].	84
Tabla 4.4. Porcentaje de las Emisiones de CO ₂ eq por categoría y subcategoría del Sector Residuos.	85
Tabla 4.5. Emisiones de CO ₂ eq, por categoría y su contribución porcentual para el año 2020, del sector Residuos.	85
Tabla 4.6. Comparativo de las Emisiones de GEI del Sector Residuos en [Gg de CO ₂ eq] del año 2020, respecto al 2018.	88
Tabla 5.1. Emisiones Estatales de Gases de Efecto Invernadero del año 2020, en [Gg de CO ₂ eq] por sector.	92
Tabla 5.2. Emisiones de Carbono Negro en el año 2020.	92
Tabla 5.3. Emisiones Estatales de Gases de Efecto Invernadero del año 2020, por sector, categoría y subcategoría.	92
Tabla 5.4. Contribución Porcentual de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2020 por sector.	96
Tabla 5.5. Comparativo de las Emisiones de GEI en la entidad en [Gg de CO ₂ eq] del año 2020 respecto al 2018.	97

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfica 1.1. Porcentaje del consumo de combustibles en el sector energético.	28
Gráfica 1.2. Porcentaje del consumo energético por categoría del sector y tipo de combustible.	29
Gráfica 1.3. Porcentaje de consumo energético por la generación de electricidad.	30
Gráfica 1.4. Porcentaje de consumo energético en la industria manufacturera.	31
Gráfica 1.5. Porcentaje de consumo energético por jurisdicción en la industria manufacturera.	32
Gráfica 1.1. Porcentaje de consumo energético en el transporte.	33
Gráfica 1.2. Porcentaje del consumo energético en la categoría otros.	34
Gráfica 1.3. Porcentaje de emisiones por tipo de gas.	35
Gráfica 1.4. Porcentaje de emisiones por categoría del sector.	36
Gráfica 1.5. Porcentaje de emisiones por tipo de combustible del sector.	37
Gráfica 1.6. Porcentaje de emisiones por la generación de electricidad.	38
Gráfica 1.7. Porcentaje de emisiones por tipo de gas de la industria manufacturera.	39
Gráfica 1.8. Porcentaje de emisiones por tipo de actividad de la industria manufacturera.	40
Gráfica 1.9. Porcentaje de emisiones por tipo combustible de la industria manufacturera.	41
Gráfica 1.10. Porcentaje de emisiones por tipo de gas para el transporte.	42
Gráfica 1.11. Porcentaje de emisiones por subcategoría en la categoría del transporte.	43
Gráfica 1.12. Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en la categoría del transporte.	43
Gráfica 1.13. Porcentaje de emisiones por tipo de actividad en otros sectores.	45
Gráfica 1.14. Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en otros sectores.	45
Gráfica 1.15. Distribución porcentual de emisiones por tipo de combustible y por actividad en la categoría otros sectores.	46
Gráfica 1.21. Representación gráfica de las emisiones anuales de GEI [Gg de CO ₂ eq] por categoría, para los años 2018 y 2020, del sector energía.	48
Gráfica 1.22. Emisiones porcentuales de Carbono Negro del sector.	50
Gráfica 2.1. Subcategoría Industria de los Minerales 2020.	58
Gráfica 2.2. Subcategoría Industria de los Metales 2020.	62
Gráfica 2.3. Subcategoría Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes 2020.	63
Gráfica 2.4. Contribución porcentual de las Emisiones de GEI, del Sector Procesos Industriales, 2020.	65

Gráfica 3.1. Contribución porcentual de las Emisiones de CO ₂ eq por categoría del Sector AFOLU, 2020.	74
Gráfica 4.1. Emisiones de CO ₂ eq por categoría del Sector Residuos.	86
Gráfica 4.2. Porcentaje de las Emisiones de CO ₂ eq por categoría del Sector Residuos.	87
Gráfica 5.1. Porcentaje de las Emisiones Estatales para el año 2020.	96

ÍNDICE DE FIGURAS.



Figura A. Sectores del IPCC 2006.	14
Figura B. Mapa del Estado de México.	15
Figura C. Categorización del Sector Energía.	24
Figura D. Sitios de disposición final controlados y no controlados.	79
Figura E. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	80

DESARROLLO DEL INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2020.



La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM), a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC) y del Departamento de Adaptación al Cambio Climático, realiza de manera bianual, el Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. El presente inventario es con año base 2020, esto con la finalidad de ir cuantificando las emisiones y unir esfuerzos con el Gobierno Federal, los municipios, así como la población para reducir al año 2050 el 30% de las emisiones de Gases Efecto Invernadero. Para la elaboración del presente inventario, se recopiló información de Instancias Gubernamentales y no Gubernamentales, así como diversa información bibliográfica para cuantificar las emisiones estatales de los siguientes sectores, con base en las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006).

Figura A. Sectores del IPCC 2006.

-  Energía.
-  Procesos industriales.
-  AFOLU.
-  Residuos.



Fuente: Elaboración propia 2020.

Para determinar las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero con año base 2020, se empleó la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, así mismo se incorporan factores de emisión a emplear obtenidos en estudios acordes a las condiciones de México y también el Estado de México se alinea a emplear los

potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal. Las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del año 2020, están expresadas en Gigagramos de CO₂ equivalente [Gg de CO₂eq], las cuales se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global.

PANORAMA GENERAL DE LA ENTIDAD.



El Estado de México se localiza en la altiplanicie mexicana, en la porción central del país, su extensión territorial es de 22,499.95 km², colinda al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo; al este con los estados de Puebla y Tlaxcala; al sur con los Estados de Morelos y Guerrero; y al oeste con el Estado de Michoacán y una pequeña porción de Guerrero, y rodea en sus porciones norte, oriente y occidente a la Ciudad de México.

Figura B. Mapa del Estado de México.



Fuente: INEGI

La entidad está dividida en 125 municipios, los cuales se agrupan en 3 Zonas Metropolitanas de los Valles de: México, Toluca y Santiago Tianguistenco, así como en las siguientes regiones: Zona Sur, Ixtapan de la Sal y Atlacomulco. La primera se distribuye en 59 municipios, la segunda en 16, la tercera en 6, la cuarta en 13, la quinta en 15 y la última en 16 municipios.

Los 59 municipios que conforman la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) son: Acolman, Amecameca, Apaxco, Atenco, Atizapán de Zaragoza, Atlautla, Axapusco, Ayapango, Chalco, Chiautla, Chicoloapan, Chiconcuac, Chimalhuacán, Coacalco de Berriozábal, Cocotitlán, Coyotepec, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Ecatingo, Huehuetoca, Hueyoxtla, Huixquilucan, Isidro Fabela, Ixtapaluca, Jaltenco, Jilotzingo, Juchitepec, La paz, Melchor Ocampo, Naucalpan de Juárez, Nextlalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Nopaltepec, Otumba, Ozumba, Papalotla, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temamatla, Temascalapa, Tenango del Aire, Teoloyucan, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Tepetlixpa, Tepetzotlán, Tequixquiac, Texcoco, Tezoyuca, Tlalmanalco, Tlalnepantla de Baz, Tonanitla, Tultepec, Tultitlan, Valle de Chalco Solidaridad, Villa del carbón y Zumpango.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), que comprende los siguientes 16 municipios: Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec.

La Zona Metropolitana del Valle de Santiago Tianguistenco (ZMVST) se conforma con los siguientes 6 municipios: Almoloya del Río, Atizapán, Capulhuac, Texcalyacac, Tianguistenco y Xalatlaco.

La Región de la Zona Sur, la comprenden los siguientes 13 municipios: Almoloya de Alquisiras, Amatepec, Ixtapan del Oro, Luvianos, Oztoloapan, San Simón Guerrero, Santo Tomás, Sultepec, Tejupilco, Texcatitlán, Tlatlaya, Zacazonapan y Zacualpan.

La Región de Ixtapan de la Sal, la comprenden los siguientes 15 municipios: Amanalco, Coatepec Harinas, Donato Guerra, Ixtapan de la Sal, Joquicingo, Malinalco, Ocuilan, Temascaltepec, Tenancingo, Tonatico, Valle de Bravo, Villa de Allende, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zumpahuacán.

Por último, la Región Atlacomulco, la comprenden los siguientes 16 municipios: Acambay, Aculco, Atlacomulco, Chapa de Mota, El Oro, Ixtlahuaca, Jilotepec, Jiquipilco, Jocotitlán, Morelos, Polotitlán, San Felipe del Progreso, San José del Rincón, Soyaniquilpan de Juárez, Temascalcingo y Timilpan.

El Estado de México posee una biodiversidad muy variada, pues cuenta con características heterogéneas de clima, orografía e hidrografía que permiten el desarrollo de múltiples formas de vida, debido a su cercanía con la Ciudad de México, presenta una gran dinámica industrial, comercial y turística, aunado a ser la entidad federativa más poblada del país.

Derivado de las actividades que se llevan a cabo en nuestra entidad, muchas de ellas generan serios problemas de contaminación, es por ello por lo que el Gobierno del Estado de México, deben tomar acciones en el corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de abatir esta problemática, principalmente lo concerniente a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que contribuyen al cambio climático.

GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO Y LOS SECTORES QUE LOS GENERAN.



Los Gases de Efecto Invernadero (GEI), son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación infrarroja, entre ellos se encuentran: el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el dióxido de carbono (CO_2).

El metano (CH_4) es un gas incoloro e inflamable, el cual se genera por una amplia variedad de procesos naturales y antropogénicos, incluyendo la descomposición de residuos sólidos, por el tratamiento de aguas residuales y sus lodos, también el ganado y la energía son las principales fuentes que emiten metano a la atmósfera donde actúa como gas de efecto invernadero, este gas posee la capacidad de atrapar 28 veces más calor que el dióxido de carbono (CO_2).

El óxido nitroso (N_2O) es un gas incoloro y no inflamable, el sector ganadero, la excreta humana y la industria son las principales fuentes de emisión de óxido nitroso. En la atmósfera se comporta como un gas de efecto invernadero de gran potencia contribuye con un potencial de calentamiento equivalente a 265 veces mayor que el del CO_2 .

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro y no inflamable, se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos, el dióxido de carbono se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación.

El carbono negro (CN) tiene un papel importante y único en el sistema climático de la Tierra debido a que absorbe la radiación solar, influye en los procesos de formación y en la dinámica de las nubes y altera significativamente el proceso de derretimiento de la nieve y las cubiertas de hielo. Está formado generalmente por agregados de partículas microscópicas de carbón rodeadas por compuestos orgánicos y pequeñas cantidades de sulfatos y nitratos. Se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles como el diésel y el combustóleo, así como por la quema de leña y otra biomasa.

El carbono negro (CN) forma parte de los llamados contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), los cuales tienen un importante potencial de calentamiento global y un tiempo de vida en la atmósfera más corto que el bióxido de carbono.

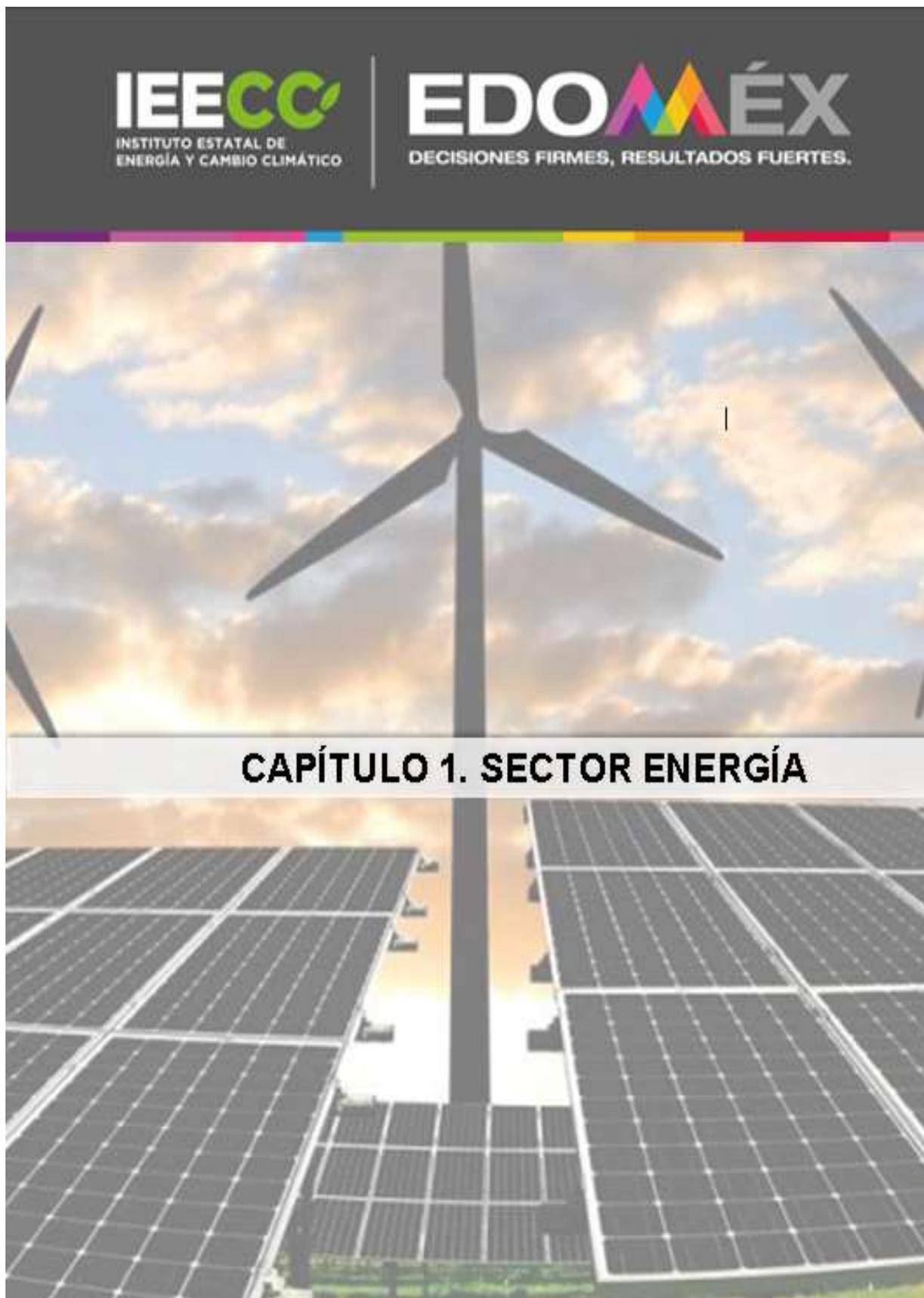
Para el presente inventario se estimaron las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para los siguientes 4 sectores: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) y Residuos.

A continuación, se muestran las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del año 2020, por sector, describiendo en cada capítulo sus antecedentes, las consideraciones generales, la metodología empleada y el comparativo de las emisiones, respecto al inventario anterior.

Las emisiones generadas en el presente inventario se reportan en Gigagramos de dióxido de carbono equivalente [Gg de CO₂eq], esto con la finalidad de hacer comparables las emisiones, empleando el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO 1. SECTOR “ENERGÍA”.





CAPÍTULO 1. SECTOR “ENERGÍA”.



Para cuantificar las emisiones del sector energía, el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, así mismo se incorporan factores de emisión a emplear obtenidos en estudios acordes a las condiciones de México y también el Estado de México se alinea a emplear los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

Por lo que el Estado de México actualiza el inventario de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de forma bianual, esto con la finalidad de identificar el impacto que tienen las diferentes categorías del sector residuos y con ello establecer acciones para reducir las misiones que se generen en este sector.

El presente capítulo, presenta un contexto de las emisiones generadas por las categorías del sector energía para el año 2020, así mismo se describen las fuentes de información, las metodologías empleadas y las emisiones.

1.1. ANTECEDENTES.



La pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 sí tuvo un efecto inesperado, aminoró de forma pasajera las emisiones de gases de efecto invernadero – muy lejos de ser un cambio que vaya a sostenerse – la histórica presión en constante aumento que ejercen las actividades humanas sobre el clima del planeta.

La crisis del COVID-19 solo ha desencadenado la disminución a corto plazo de las emisiones de gases de efecto invernadero mundiales y no supondrá una contribución de peso a la reducción de las emisiones para el 2030 a menos que los países aspiren a una recuperación económica que incluya una descarbonización energética.

Así mismo, nos mostró que nuestra forma de vivir puede cambiar rápidamente con la acción de los gobiernos, que han impulsado condiciones para que cambien nuestros hábitos y los agentes de la sociedad civil. Es posible que, en muchos países, la pandemia llegue a crear nuevas rutinas que perduren si se refuerzan con medidas a largo plazo. Al planificar una recuperación tras la pandemia de COVID-19, las autoridades tienen la oportunidad de favorecer que cambiemos nuestros hábitos por otros, con menos emisiones de carbono siempre y cuando se interrumpan prácticas que se tienen muy arraigadas.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía del año 2020, se menciona que fue un año atípico en las últimas décadas, debido a la contingencia mundial provocada por el virus SARS-CoV-2 cobrando protagonismo a nivel político, económico y social. La emergencia sanitaria, económica y social que comenzó desde principios del 2020, se extendió rápidamente por todo el mundo, influyendo notablemente en los objetivos energéticos y económicos de los países y la forma de alcanzarlos, observando cómo los flujos de energía, desde su producción, comercio exterior y consumo fueron modificados por esta pandemia.

Como medida de mitigación a los contagios, los gobiernos a nivel global hicieron un llamado al confinamiento por lo cual el consumo de energía del sector residencial se vio incrementado mientras que los correspondientes a los sectores de la industria y transporte mostraron una disminución.

En el presente inventario se dan a conocer las emisiones de los gases y compuestos de efecto invernadero, provenientes de las distintas subcategorías que integran al sector energía y que utilizan combustibles fósiles como la generación de electricidad, las industrias manufactureras, el transporte, residencial, comercial, servicios y agricultura; estas categorías están definidas por el IPCC y son adaptadas para la entidad; posteriormente estas se integran a proyectos enfocados a alcanzar medidas para su mitigación. Las emisiones estimadas para este sector son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), calculadas a partir del consumo de combustibles fósiles, también se presenta un contexto energético estatal, una breve descripción de la demanda energética y sus emisiones para el año 2020. Así mismo se exponen las fuentes de información energética, unidades de medida y factores de conversión, se incluye las metodologías empleadas para el cálculo de las emisiones generadas y los factores de emisión por el tipo de combustible empleado para cada categoría del sector que los utiliza.

1.2. CONSIDERACIONES GENERALES.



El Sector Energía forma parte de los cuatro sectores establecidos en las Directrices del IPCC para la estimación de los gases y compuestos de efecto invernadero. Este sector, es el primero de los cuatro, denotado con el número 1.

El Sector Energía consta de 2 categorías como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.1. Categorías del Sector Energía.

Sector	Categoría
1. Energía	1A Quema de combustibles
	1B Emisiones fugitivas *

**No estimadas, debido a que estas actividades no se llevan a cabo en la entidad – sólo se realiza el almacenamiento y distribución de los combustibles.*

En el presente documento sólo se aborda la Categoría 1A; la última categoría no se integra ya que para el caso de las emisiones fugitivas éstas se generan en las industrias que producen combustibles sólidos y de petróleo y gas natural, sin embargo, en la entidad no existen actividades de producción de estos combustibles.

Los principales gases que se emiten en este sector son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), respectivamente. Las emisiones de combustión liberan fósiles, las emisiones de CO₂ dependen del contenido de carbono del combustible, no obstante, una parte del carbono se libera en forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) o compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM); estos tres gases se oxidan con el tiempo y se convierten en CO₂ en la atmósfera.

1.2.1. Categorías y subcategorías.

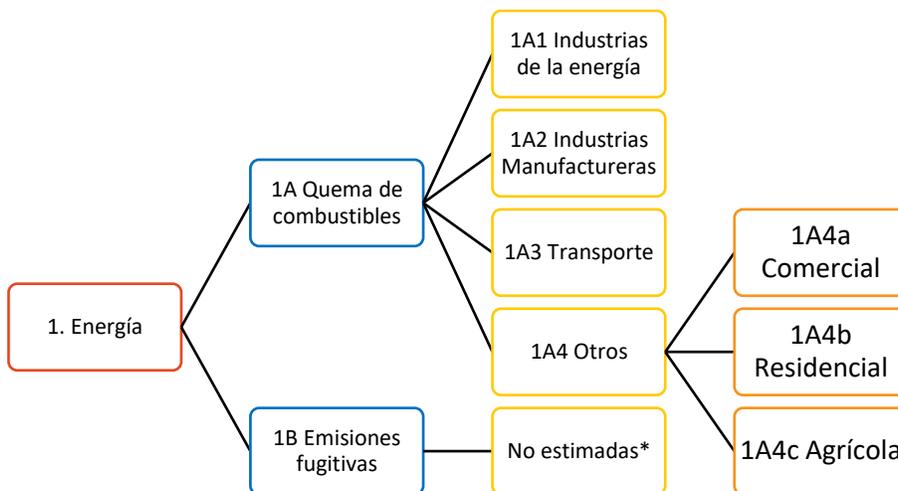
El Sector Energía está integrada por dos categorías especificadas en la tabla 1.1 que son:

- La categoría 1A quema de combustibles y está integrada por 4 subcategorías:
 - 1) Industrias de la energía (generación de energía eléctrica)
 - 2) Industria Manufacturera
 - 3) Transporte
 - 4) Otros (comercial, residencial y agrícola)

- La categoría 1B de emisiones fugitivas como ya se mencionó, no se reporta ya que no existe la actividad en la entidad, por tal motivo no se considera en el presente inventario.

En la figura C, se muestran las categorías y subcategorías del sector.

Figura C. Categorización del Sector Energía.



1.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.

La metodología que se aplica en los inventarios para la estimación de los gases de efecto invernadero se basa en el uso de datos de actividad y factores de emisión.

Para el sector energía en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2020, utilizando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado en el volumen 2: Energía, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías.

Las estimaciones de los GEI se pueden estimar con metodología a 3 niveles o tiers:

- ✚ Nivel 1: es el método básico en el cual se requiere de estadísticas nacionales o internacionales como datos de actividad y factores de emisión y parámetros por defecto, sugeridos por el IPCC.
- ✚ Nivel 2: nivel intermedio, se necesitan datos de actividad y factores de emisión específicos del país.
- ✚ Nivel 3: es el nivel más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos. Para este nivel se requieren datos de actividad y factores de emisión registrados o medidos directamente en las instalaciones, plantas o fuentes de emisión.

La utilización del tipo de metodología se determina, basadas en el grado de información con el que se cuenta y la importancia de la categoría de fuente.

La forma más sencilla para calcular emisiones es mediante la metodología arriba-abajo Nivel 1, que se basa en el consumo de combustible, puesto que las emisiones de todas las fuentes de combustión pueden estimarse sobre la base de las cantidades de combustible quemado (normalmente a partir de las estadísticas de energía nacionales y estatales) y los factores de emisión promedio.

Para el desarrollo del Sector energía en la categoría de Quema de combustible, los métodos utilizados son presentados en la tabla siguiente:

Tabla 1.2. Quema de combustible: métodos aplicados en las categorías y subcategorías estimadas.

Sector: Energía	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
Categoría / subcategorías	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1A Quema de combustibles	T1	D	T1	D	T1	D
1A1 Industria de la energía	T1	D	T1	D	T1	D
1A2 Industria Manufacturera	T1	D	T1	D	T1	D
1A3 Transporte	T1	D	T1	D	T1	D
1A4 Otros sectores	T1	D	T1	D	T1	D
1A4a Comercial/institucional	T1	D	T1	D	T1	D
1A4b Residencial	T1	D	T1	D	T1	D
1A4c Agricultura / silvicultura / pesca / piscifactorías	T1	D	T1	D	T1	D
1B Emisiones fugitivas	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: IECC.

T1 = Método Nivel 1; D = Defecto; NA = No aplica y ND = No determinado.

Las emisiones de GEI se suelen calcular como una relación entre el consumo de combustible y un factor de emisión diferenciado por el tipo de combustible y tipo de GEI. En términos generales, para calcular las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) se basa en la siguiente fórmula:

$$\text{DA} \times \text{FE}_{\text{GEI,c}} = \text{E}_{\text{GEI,c}} \quad \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

DA = Dato de actividad. Corresponde a los datos del consumo de combustible quemado en Tera Joules [TJ].

$FE_{GEI,c}$ = Factor de emisión. Las directrices del IPCC ofrecen una metodología que utiliza Factores de Emisión por defecto de un GEI dado por tipo de combustible en kilogramos de gas emitido por Tera Joule [kg gas/TJ].

c = Tipo de combustible consumido (por ejemplo: gas natural, gas l.p, diésel, entre otros).

$E_{GEI,c}$ = Emisiones de GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , entre otros), en gigagramos [Gg del gas emitido].

La estimación de las emisiones se realizó usando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado por las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), para todos los GEI correspondientes. Esto se debe a que no se cuenta con la información necesaria para la elaboración de factores de emisión del país específico necesarios para pasar a un método de Nivel 2.

A fin de poder comparar las emisiones de los distintos GEI, expresadas originalmente en Gigagramos (Gg) de cada gas emitido, se les convirtió en Gg de CO_2 equivalente. Para ello, se utilizaron los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático¹.

1.3.1. Factores de emisión.

Tanto en el Estado de México como a nivel Nacional no se cuenta con valores propios de factores de emisión para calcular las emisiones del Sector. Además, como no se cuentan con datos específicos de las diferentes tecnologías y equipos de quema de combustibles de cada una de las categorías se utilizan los factores por defecto de acuerdo con el Volumen 2 de las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, versión 2006² para todas las subcategorías incluidas y para todos los tipos de Gases de Efecto Invernadero estimados.

1.3.2. Datos de actividad estadísticos y parámetros.

La principal fuente de datos para la categoría Quema de combustibles es el Balance Nacional de Energía (BNE), y el Sistema de Información Energética (SIE) de la SENER, que concentra los consumos energéticos a nivel nacional, por entidad federativa, por combustible y por sector que los utiliza.

¹ Los valores del potencial de calentamiento global (PCG) se han actualizado en los sucesivos informes del IPCC; los valores del PCG100 del Quinto Informe de Evaluación (IE5) son distintos a los adoptados por el primer periodo de compromiso del Protocolo de Kyoto, que se tomaron del Segundo Informe de Evaluación (IE2) del IPCC. Los valores usados fueron: para $CO_2 = 1$, $CH_4 = 28$ y $N_2O = 265$. Consultar documento en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf.

² Consultar documentos en: <https://www.ipcc-nggip.iges.org.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Adicionalmente, se incluyó información de las diferentes dependencias, empresas y fuentes diversas de información, quienes la aportaron directamente o mediante consultas en internet y son las siguientes:

Tabla 1.3. Fuentes de información utilizadas para recopilar datos de actividad del sector energía.

Sector	Fuentes de información
Energía	<ul style="list-style-type: none">  Aeropuertos y servicios auxiliares (ASA).  Comisión Federal de Electricidad (CFE.)  Comisión Nacional de Eficiencia Energética (CONUEE).  Comisión Reguladora de Energía (CRE).  Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGCEM).  Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).  Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).  Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).  Petróleos Mexicanos (PEMEX).  Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).  Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).  Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)  Secretaría de Energía (SENER)  Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM)  Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)  Entre otros

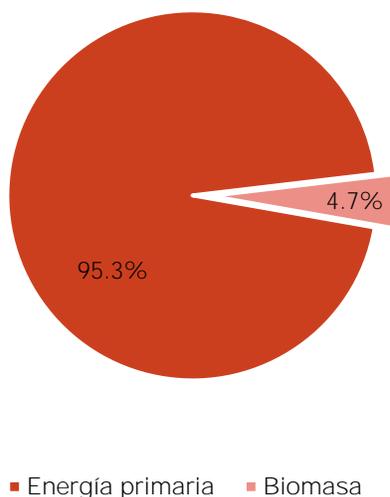
Como ya se mencionó en párrafos anteriores, la principal fuente de información sobre el consumo de combustibles es la SENER, sin embargo, para el caso de la industria manufacturera la información del consumo de combustibles se obtuvo de la Cédula de Operación Integral (COI) (SMAGEM, 2020) y de la Cédula de Operación Anual (COA) (SEMARNAT, 2018), para cada una de las subcategorías que representa al sector. Para el caso del consumo para la actividad aérea, se estimó basándose en el consumo Nacional de ese sector reportado en el Sistema de Información Energética (SIE) de la SENER, así como respecto a las tendencias del consumo reportados por los Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). En cuanto al consumo de gas l.p, gas natural y leña utilizado en los comercios y servicios, se calculó utilizando el consumo Nacional del sector reportado en el Balance Nacional de Energía (BNE) de la SENER y considerando el número de unidades económicas que se reporta en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENU), tanto a nivel Nacional como para la entidad reportados por el INEGI.

Finalmente, para el consumo de gas l.p y diésel en la subcategoría agropecuaria, ésta se estimó considerando el consumo Nacional de ese sector reportado en el Balance Nacional de Energía (BNE) de la SENER y considerando el número de unidades agrícolas y forestales que cuenten invernaderos y siembra mecanizada, tanto a nivel Nacional, como en la entidad reportadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

1.3.2.1. Balance de energía.

El sector energético en el Estado de México está compuesto fundamentalmente por combustibles de origen fósil, que en términos de petajoules (PJ) representan el 95.3% (346.4 PJ) de energía primaria para el 2020, mientras que la biomasa (biogás, bagazo, llantas, madera y leña) representa el 4.7% (16.9 PJ) restante. Gráfica 1.1.

Gráfica 1.1. Porcentaje del consumo de combustibles en el sector energético.



La demanda de energía en el Estado de México se basa en el uso de petrolíferos en las categorías de sus principales actividades económicas, involucra su comercialización a consumidores intermediarios y finales. Cada combustible cuenta con uno o varios sectores de demanda; así las gasolinas y el diésel están dirigidos a su uso en motores de combustión interna para el transporte; el gas natural principalmente para la generación de electricidad y la industria; el gas L.P. se destina a los sectores residencial, comercial, industrial, agropecuario y el autotransporte; el combustóleo, coque de petróleo y carbón lo emplea la industria; y finalmente la turbosina es usada en el transporte aéreo (Tabla 1.4). Sin embargo, no toda la energía aprovechada está basada en la combustión de petrolíferos, sino también en el uso de energías renovables, cuyo potencial en México es alto.

Tabla 1.4. Consumo de combustibles por categoría del sector en Peta joule [PJ].

Sector: Energía ^{a)}	Categoría				Total
	Generación de electricidad ^{c)}	Industria Manufacturera ^{b), c)}	Transporte ^{a)}	Otros ^{a)}	
Combustible [PJ] ^{a)}	83.2	103.6	99.5	77.1	363.4
Gas Natural	83.2	83.0	0.2	4.6	171.0
Gas LP	-	5.8	11.1	50.5	67.3
Diésel	-	8.3	21.7	5.6	35.6
Gasolina	-	-	64.6	-	64.6
Turbosina	-	-	1.9	-	1.9
Otros combustibles ^{c)}	-	6.0	-	-	6.0
Biomasa ^{d)}	-	0.5	-	16.4 ^{f)}	16.9

Fuente: Datos IEECC, con información de:

a) SENER.

b) SMAGEM

c) SEMARNAT

c) Otros combustibles: combustóleo, carbón y coque

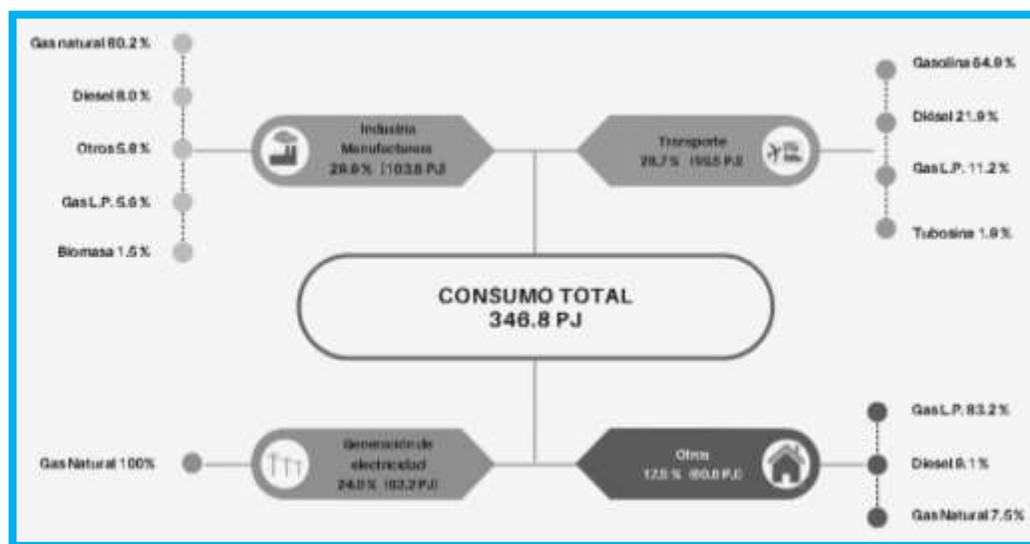
d) Biomasa: Biogás, bagazo, llantas, madera y leña

e) Incluye el uso de combustibles en autoabastecimiento y cogeneración

f) Leña.

El sector de mayor consumo es la industria manufacturera con el 29.9%, el transporte con 28.7%, seguido por la generación de energía eléctrica con 24.0% y finalmente otros sectores³ con el 17.5% (residencial 13.0%, comercial 2.9% y agropecuario 1.7%). Gráfica 1.2.

Gráfica 1.2. Porcentaje del consumo energético por categoría del sector y tipo de combustible.



³ En este porcentaje no se considera el consumo de leña.

- Consumo de combustibles del Sector Eléctrico.

Los combustibles fósiles utilizados para la generación de energía eléctrica se muestran en la Tabla 1.5, esta se caracteriza por estar constituida en su totalidad por tecnologías limpias (termoeléctricas de ciclo combinado y turbogas) en el servicio público (CFE⁴ y PIE⁵); así como por el servicio privado que utiliza procesos de autoabastecimiento y cogeneración.

Como se puede observar en la siguiente tabla, el combustible empleado para esta actividad es el gas natural.

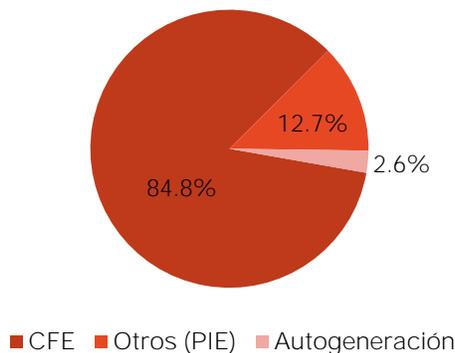
Tabla 1.5. Consumo de combustibles por la generación de electricidad.

Sector: Energía	Categoría: Generación de Electricidad			
	CFE	Otros (PIE)	Autogeneración	Total
Gas Natural [PJ]	70.6	10.5	2.1	83.2

Fuente: IEECC, con datos de consumo de combustibles de SENER.

El consumo de combustibles en la generación de electricidad se encuentra distribuido de la siguiente manera: el 84.8% corresponde a CFE, el 12.7% a otros (PIE) y finalmente el 2.6% a la autogeneración. Gráfica 1.3.

Gráfica 1.3. Porcentaje del consumo energético por la generación de electricidad.



- Consumo de combustibles de la categoría industria manufacturera.

La industria manufacturera, es la actividad económica secundaria que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo y en el 2020 registró el 7.0% del Producto Interno Bruto (PIB)⁶ Nacional, siendo el Estado de México uno de los principales aportadores al mismo, está constituida por empresas que son clasificadas de acuerdo con los productos que se elaboran en ellas como, por

⁴ CFE. Comisión Federal de Electricidad

⁵ PIE. Productores Independientes de Energía

⁶ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), diciembre de 2021.

ejemplo: las actividades secundarias conformadas por la minería, las industrias manufactureras, la construcción y la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y suministro de gas por ductos al consumidor final, entre otros.

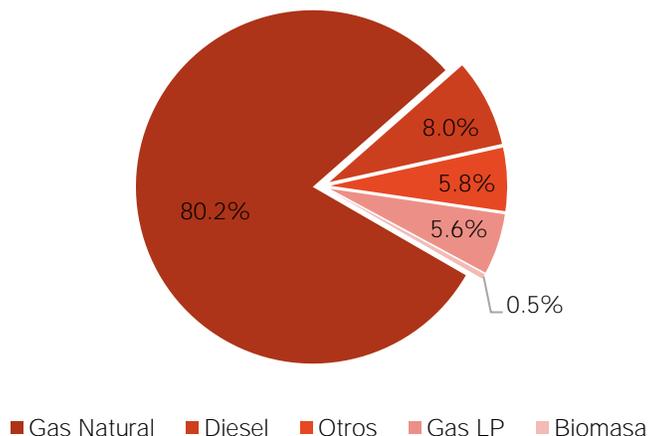
Como se muestra en la tabla 1.6 y gráfica 1.4, en la industria manufacturera el combustible que más se utiliza para los procesos de combustión es el gas natural 80.2%, el diésel 8.0%, seguido de otros combustibles 5.8% y finalmente el gas l.p. 5.6%, y biomasa 0.5%.

Tabla 1.6. Consumo de combustibles en la industria manufacturera.

Sector: Energía	Categoría: Industria Manufacturera		Total
	Federal ^{a)}	Estatal ^{b)}	
Combustible [PJ]	68.4	35.2	103.6
Gas Natural	53.9	29.1	83.0
Gas LP	1.5	4.2	5.8
Diésel	6.7	1.6	8.3
Otros ^{c)}	6.0	0.0	6.0
Biomasa ^{d)}	0.3	0.2	0.5

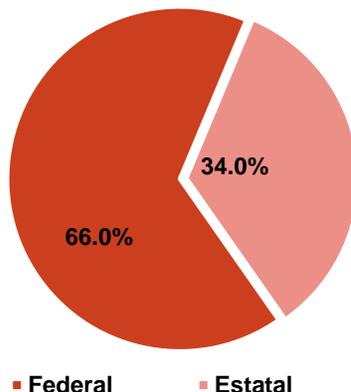
Fuente: IEECC, con datos de consumo de combustibles de:
a) SEMARNAT; b) SMAGEM; c) Otros combustibles: combustóleo, carbón y coque; y d) Biomasa: Biogás, bagazo, llantas, madera.

Gráfica 1.4. Porcentaje del consumo energético en la industria manufacturera.



Así mismo por esa actividad que realizan pueden ser clasificadas por su jurisdicción en federales y estatales, a continuación, se muestra la distribución del uso del combustible con respecto a su jurisdicción: la industria federal consume el 66.0% del total de esta categoría y la industria estatal el 34.0%. Ver Gráfica 1.5.

Gráfica 1.5. Porcentaje del consumo energético por jurisdicción en la industria manufacturera.



- Consumo de combustibles en la categoría transporte.

El transporte en el Estado de México está conformado por las subcategorías del autotransporte, ferroviario y aéreo. En este sector y de acuerdo con la Tabla 1.7, se consumieron 99.5 PJ; de los cuales la gasolina fue la de mayor participación con él 64.9%. Cabe señalar que, en el caso del diésel, éste incluye el consumo realizado por las subcategorías del autotransporte y ferroviario que corresponde al 21.9% del consumo. El resto de los combustibles abarca el 13.3% de los cuales, el 1.9% es de turbosina que es utilizado en el transporte aéreo; el 11.2% corresponde al gas L.P. y el 0.2% al gas natural ambos utilizados para el autotransporte.

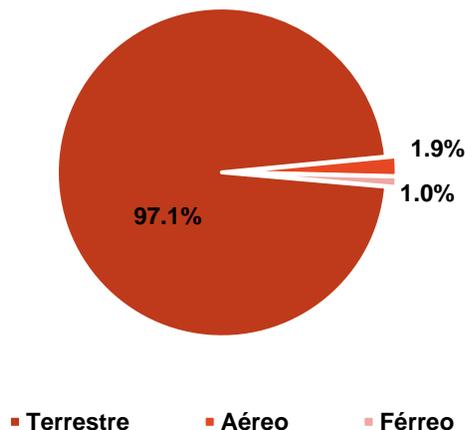
Tabla 1.7. Consumo de combustibles por el transporte.

Sector: Energía	Categoría: Transporte			Total
	Terrestre	Ferroviano	Aéreo	
Combustible (PJ)	96.6	1.0	1.9	99.5
Gasolina	64.6	-	-	64.6
Diésel	20.7	1.0	-	21.7
Gas L.P.	11.1	-	-	11.1
Gas Natural	0.2	-	-	0.2
Turbosina	-	-	1.9	1.9

Fuente: IEECC, con información de SENER.

Con respecto al consumo por subcategoría en la Gráfica 1.6 se observa que, el transporte terrestre consume el 97.1%, el transporte aéreo el 1.9% y el ferroviario el 1.0%.

Gráfica 1.6. Porcentaje del consumo energético en el transporte.



- Consumo de combustibles en la categoría otros.

Dentro de la categoría otros, se encuentra las subcategorías comerciales, residenciales y agrícolas que utilizan combustibles para el desarrollo de sus actividades, el primero que utiliza equipos de combustión como actividad secundaria como son: los hoteles, restaurantes, tintorerías, hospitales, etc.; mientras que para el sector residencial los combustibles se utilizan principalmente para la cocción de alimentos y para calentar agua; y finalmente en la parte agrícola los combustibles son utilizados para la sección de invernaderos se usa el gas l.p. y el diésel para la maquinaria y equipo agrícola y forestal.

El combustible que más se utiliza en estas actividades es el gas L.P, seguido del diésel y el gas natural; cabe mencionar que, aunque el uso de biomasa (leña) no se contabiliza en el total de las emisiones su uso impacta de una manera significativa en las emisiones generadas. Ver Tabla 1.8.

Tabla 1.8. Consumo de combustibles en la categoría otros.

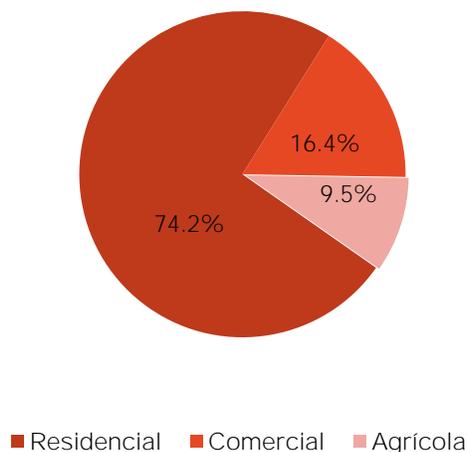
Sector: Energía	Categoría: Otros			Total *
	Residencial *	Comercial	Agrícola	
Combustible (PJ)	45.0	9.9	5.7	60.6
Gas L.P.	42.2	8.1	0.1	50.4
Gas Natural	2.8	1.8	-	4.6
Diésel	-	-	5.6	5.7
Biomasa *	16.4	-	-	16.4

Fuente: IEECC, con información de SENER.

*El uso de biomasa (leña), no se contabiliza para estimar emisiones en este sector

El consumo de combustibles de otros sectores sería como sigue: el sector residencial utiliza el 74.2%, el comercial el 16.4% y el agrícola el 9.5%. Ver Gráfica 1.7.

Gráfica 1.7. Porcentaje del consumo energético en la categoría otros.



1.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.

De acuerdo con el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, el sector energético es responsable del 64% con respecto a las emisiones totales; ya que en el 2019 se emitieron 763.63 MtCO₂e (millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente) (INECC, 2021).

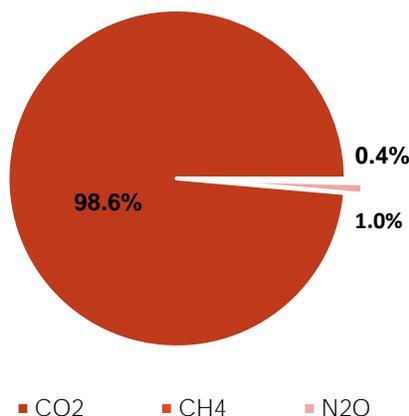
En el 2020 las emisiones de la entidad del sector energía fueron de 22,001.9 Gg de CO₂e, así mismo la principal emisión del sector fue del CO₂, que contribuyó con el 98.4% del total, seguida por las emisiones de N₂O, 1.2% y CH₄, 0.4%, Tabla 1.9 y Gráfica 1.8.

Tabla 1.9. Emisiones de GEI por tipo de gas del Sector Energía [Gg de CO₂eq]

Gas	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq	CO ₂ por consumo de leña*
Total	22,001.9	1,996.1
CO ₂	21,701.0	1,996.1
CH ₄	82.0	
N ₂ O	218.9	

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006.
 *Estas emisiones no se suman al total del sector

Gráfica 1.8. Porcentaje de emisiones por tipo de gas



1.4.1. Quema de combustibles (1A).

A continuación, se provee una breve explicación de las categorías que conforman el sector Energía:

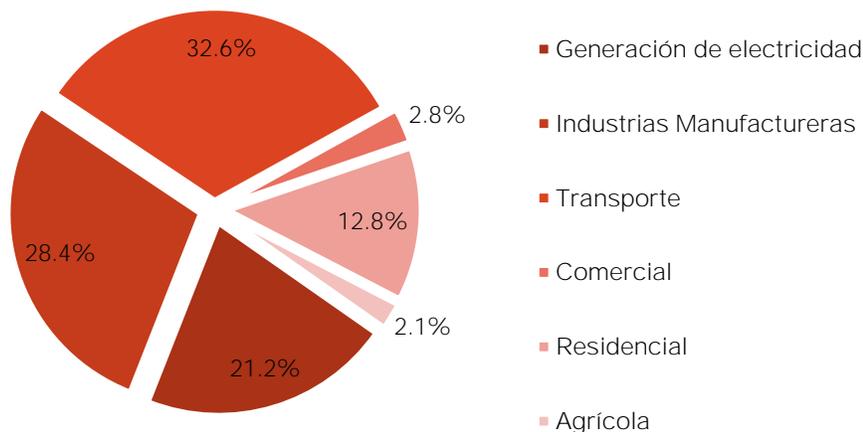
1A. Quema de combustibles: resultante del uso de todos los combustibles fósiles para actividades de generación de energía de todos sus tipos (eléctrica, calórica, cinética, etc.). En esta categoría se incluye la mayor variedad de subcategorías de fuentes debido a que se considera el uso de combustibles fósiles en todos los sectores económicos. Esta categoría incluye las siguientes subcategorías:

- 1A1 Industrias de la energía.
- 1A2 Industrias manufactureras y construcción
- 1A3 Transporte
- 1A4 Otros sectores

1B. Emisiones fugitivas: provenientes de la fabricación de combustibles: incluye las emisiones de GEI generadas por la obtención de combustibles primarios y fabricación de combustibles secundarios. En esta categoría no fueron determinadas las emisiones por no tener la actividad en la entidad.

En el Subsector Quema de combustibles para el año 2020, las emisiones de GEI fueron de 22,001.9 Gg de CO₂e. A nivel de subcategorías, las emisiones de GEI generadas en unidades de CO₂ equivalente provinieron principalmente del transporte, que contribuyó con 32.6%; seguido de la industria manufacturera, 28.4%; la generación de electricidad, 21.2% y otros sectores (comercial, residencial y agropecuario), 17.8% (2.8%, 12.8% y 2.1%). (Gráfica 1.9).

Gráfica 1.9. Porcentaje de emisiones por categoría del sector.



Lo anterior se puede ver reflejado en la Tabla 1.10. ya que la cantidad de emisiones que genera cada categoría del sector es directamente proporcional al consumo de combustible utilizado, porque a mayor consumo, mayor será la emisión emitida. También se puede observar que las emisiones de N₂O se generan principalmente por el consumo de gasolina en el autotransporte; además se incluyeron datos adicionales de las emisiones por el consumo de leña, pero éstos no fueron incluidos en las emisiones totales del sector, ya que se reportan en otro sector como quema de biomasa.

Tabla 1.10. Emisiones de GEI por categoría del Sector Energía [Gg de CO₂ eq]

Sector: Energía		Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			CO ₂ por consumo de leña*	
Categoría / Subcategoría		Gas				Total
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Total del Sector		21,701.0	82.0	218.9	22,001.9	1,996.1
1A1 Generación de Electricidad		4,669.4	2.3	2.2	4,673.9	-
1A2 Industrias Manufactureras		6,244.8	3.9	5.1	6,253.8	-
1A3 Transporte		6,931.2	67.3	167.6	7,166.1	-
1A4 Otros sectores	1A4a Comercial	613.8	1.4	0.3	615.5	-
	1A4b Residencial	2,818.2	6.3	1.2	2,825.7	1,996.1
	1A4c Agrícola	423.7	0.7	42.5	466.8	-

*Estas emisiones no se suman al total del sector
Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006.

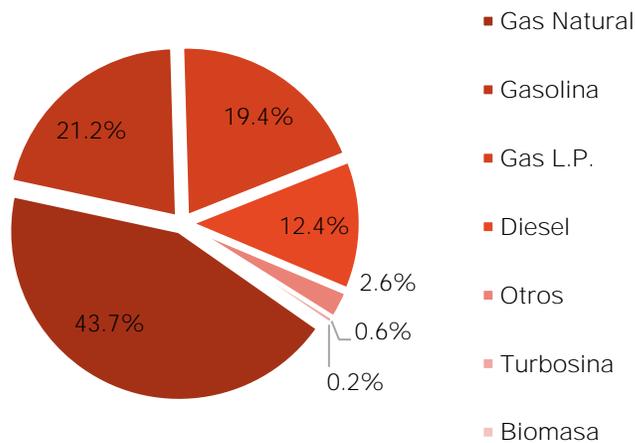
Las mayores contribuciones de las emisiones por tipo de combustible son: gas natural y gasolina con el 43.7% y 21.2% respectivamente. Le siguen el gas L.P. y diésel, con el 19.4% y 12.4%, y el 3.4% restante corresponde al coque, turbosina, combustóleo, biomasa y carbón (2.3%, 0.6%, 0.3%, 0.2% y 0.01%).

Tabla 1.11. Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en el Sector Energía [Gg de CO₂ eq].

Sector: Energía	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Total, del Sector*	21,701.0	82.0	218.9	22,001.9
Gas Natural	9,595.1	5.8	4.7	9,605.5
Gasolina	4,474.0	45.2	136.9	4,656.1
Gas LP	4,248.6	26.5	2.1	4,277.2
Diésel	2,641.2	32.7	72.8	2,7170.7
Coque	500.8	0.4	0.8	502.1
Turbosina	135.8	0.0	1.0	136.8
Combustóleo	64.3	0.1	0.3	64.7
Biomasa	40.1	0.2	0.3	40.7
Carbón	1.1	0.0	0.0	1.2
Leña	1,840.6	138.0	17.4	1,996.1

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006.
 *El valor total, no incluye las emisiones por la quema de leña

Gráfica 1.10. Porcentaje de emisiones por tipo de combustible del sector.



1.4.1.1. Industria de la energía (1A1).

Esta subcategoría considera las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética.

Sus componentes son:

- 1A1a Producción de electricidad y calor como actividad principal.
- 1A1b Refinación del petróleo.
- 1A1c Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias de las energéticas.

Cabe mencionar que los puntos 1A1b y 1A1c, no fueron evaluados por no existir ese tipo de actividades en la entidad.

En este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen: El consumo de combustible para la producción de electricidad tanto de las centrales eléctricas operadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como de los Productores Independientes de Energía (PIE) y la cogeneración, que proveen de electricidad al servicio público. Dichas centrales emplean distintas tecnologías: como las de vapor, ciclo combinado y turbo gas. En 2020 las emisiones de GEI de la subcategoría contribuyeron con 4,673.9 Gg de CO₂eq, que corresponde al 21.2% de las emisiones totales del sector.

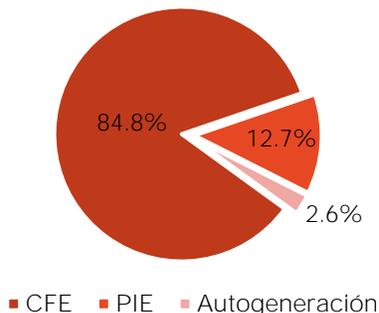
Tabla 1.12. Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en la generación de electricidad [Gg de CO₂ eq].

Sector: Energía Categoría 1A1: Industrias de la energía Subcategoría 1A1a: Producción de electricidad	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq
	Total
Combustible: Gas Natural	4,673.9
CFE	3,961.9
Productores Independientes de Energía (PIE)	592.2
Autogeneración	119.8

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006

A nivel componente y por tipo de combustible, las emisiones se comportan con respecto al consumo de combustible consumido, donde, las termoeléctricas de CFE emiten el 84.8%, los pequeños productores independientes (PIE) el 12.7% y el 2.6% restante corresponde a la cogeneración. Gráfica 1.11.

Gráfica 1.11. Porcentaje de emisiones por la generación de electricidad.



1.4.1.2. Industrias manufactureras (1A2).

Esta subcategoría considera las emisiones por la quema de combustibles en la industria manufacturera. Sus componentes son:

- 1A2a Metálica (Hierro y acero)
- 1A2b Metales no ferrosos
- 1A2c Productos químicos
- 1A2d Pulpa, papel e imprenta
- 1A2e Minerales no metálicos
- 1A2f Procesamiento de alimentos, bebida y tabaco
- 1A2g Equipo de transporte
- 1A2h Maquinaria
- 1A2i* Minería (con excepción de combustibles) y cantería (no considerada)
- 1A2j Madera y productos de madera
- 1A2k* Construcción (no considerada)
- 1A2l Textiles y cuero
- 1A2m Industria no especificada

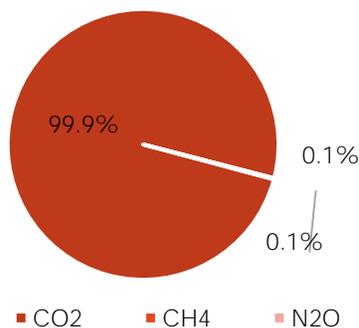
En el 2020 esta categoría del Sector Energía emitió 6,244.8 Gg de CO₂eq, lo que corresponde al 28.4% del total emitido por el Sector; la distribución de emisiones por tipo de gas fue como sigue: el CO₂ contribuyó con 99.9%, el CH₄ con 0.06% y el N₂O con 0.08%. (Tabla 1.13. y Gráfica 1.12).

Tabla 1.13. Emisiones de GEI por tipo de gas en la industria manufacturera [Gg de CO₂ eq].

Sector: Energía	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Categoría 1A2: Industria Manufacturera	6,244.8	3.9	5.1	6,253.8

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.12. Porcentaje de emisiones por tipo de gas de la industria manufacturera.



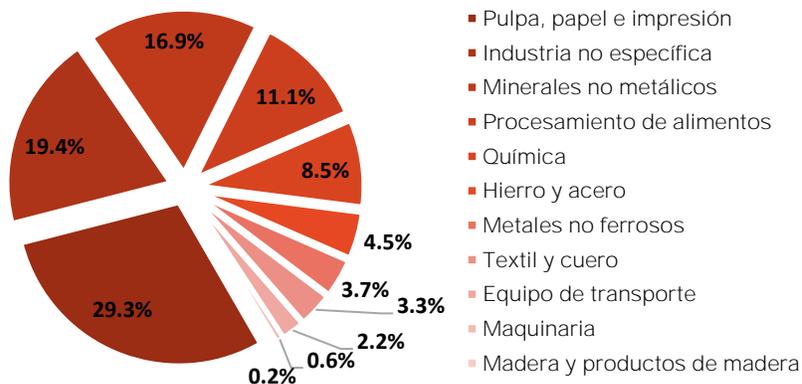
En la siguiente tabla, se observa que las emisiones se comportan con respecto al consumo de combustible utilizado, donde, la industria de la pulpa, papel e impresión aporta el 29.3%, la industria no específica emite el 19.4%, los minerales no metálicos con el 16.9%, procesamiento de alimentos el 11.1%, la industria química el 8.5%, hierro y acero el 4.5%, metales no ferrosos el 3.7%, textil y cuero el 3.3%, y el resto de las industrias generan el 3.1% (Gráfica 1.13).

Tabla 1.14. Emisiones de GEI por tipo de combustible en la industria manufacturera [Gg de CO₂ eq].

Sector: Energía	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq				Total
	Combustible				
	Gas LP	Gas Natural	Diésel	Otros	
Categoría 1A2: Industria manufacturera	364.4	4,663.5	617.4	60.8.6	6,253.8
Hierro y acero	24.8	233.9	2.4	22.0	283.0
Metales no ferrosos	61.0	159.7	11.8	-	232.5
Química	36.1	485.3	13.1	-	534.6
Pulpa, papel e impresión	44.0	1,721.1	4.3	64.5	1,833.9
Procesamiento de alimentos	48.3	606.1	31.6	10.2	696.2
Minerales no metálicos	17.7	524.2	3.6	512.0	1,057.4
Equipo de transporte	11.9	122.8	1.3	-	136.0
Maquinaria	32.5	6.9	1.1	-	40.4
Madera y productos de madera	3.9	10.2	1.5	-	15.5
Textil y cuero	52.0	141.6	14.3	0.0	207.9
Industria no específica	32.1	651.9	532.3	-	1,216.3

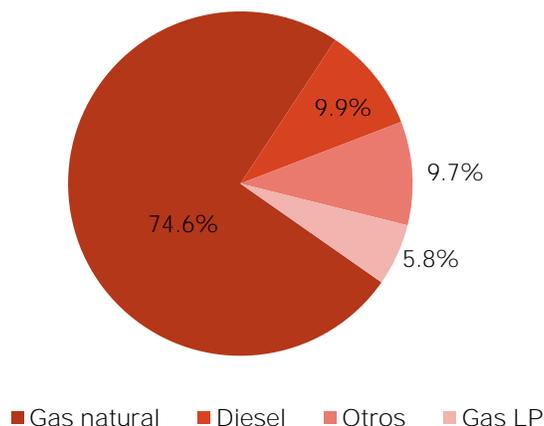
Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.13. Porcentaje de emisiones por tipo de actividad de la industria manufacturera.



También en la gráfica 1.14, se presentan las emisiones por tipo de combustible utilizado y se observa que el gas natural es responsable del 74.6%, el diésel con el 9.9%, otros combustibles con el 9.9%, y finalmente el gas l.p. con el 5.8%

Gráfica 1.14. Porcentaje de emisiones por tipo combustible de la industria manufacturera.



1.4.1.3. Transporte (1A3).

Dentro de la subcategoría Transporte, se consideran todas las emisiones provenientes de la quema de combustibles de todas las actividades de transporte, excluyéndose el transporte militar. Sus componentes son:

- ✚ 1A3a Aviación
- ✚ 1A3b Transporte terrestre
- ✚ 1A3c Ferrocarriles
- ✚ 1A3d Navegación
- ✚ 1A3e Otro tipo de transporte.

Bajo este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen:

- ✚ Consumo de combustibles por la aviación (se considera al tráfico aéreo del aeropuerto ubicado en el municipio de Toluca).
- ✚ Uso de combustible en vehículos terrestres sobre carretera pavimentada, incluyendo automóviles, motocicletas, camiones para servicio ligero y pesado (incluye autobuses).
- ✚ Ferrocarriles, tanto de pasajeros como de carga, y
- ✚ La navegación marítima y fluvial, así como otros sectores, están excluidos ya que no existe esta actividad en la entidad.

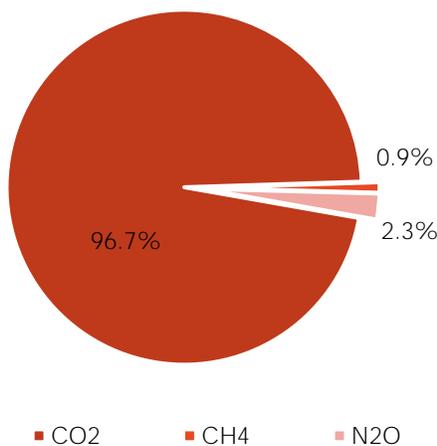
En el año 2020, las emisiones de GEI de la subcategoría del transporte fueron de 7,166.1 Gg de CO₂eq lo que corresponde al 32.6% con respecto al total del sector. La distribución de emisiones por tipo de gas fue como sigue: el CO₂ contribuyó con 96.7%, el CH₄ con 0.9% y el N₂O con 2.3%. (Tabla 1.15 y Gráfica 1.15).

Tabla 1.15. Emisiones de GEI por tipo de gas en la categoría del transporte [Gg de CO₂ eq].

Sector: Energía	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Categoría 1A3: Transporte	6,931.2	67.3	167.6	7,166.1
Aéreo	135.8	0.0	1.0	136.8
Terrestre	6,721.2	67.2	159.0	6,947.4
Ferroviario	74.2	0.1	7.6	81.9

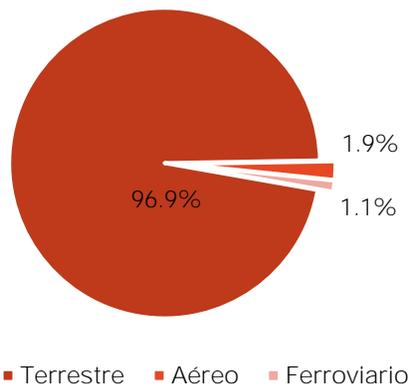
Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.15. Porcentaje de emisiones por tipo de gas para el transporte.



A nivel subcategoría, el transporte terrestre aporta la mayor cantidad de emisiones con el 96.9%, seguido del transporte aéreo con el 1.9% y el ferroviario únicamente aporta el 1.1% (Gráfica 1.16).

Gráfica 1.16. Porcentaje de emisiones por subcategoría en la categoría del transporte.



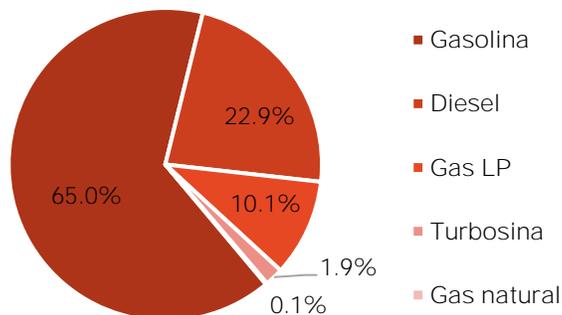
A nivel tipo de combustible, la gasolina sigue siendo la de mayor importancia del sector, ya que aporta el 65.0%, seguido del diésel con el 22.9%, el gas licuado con el 10.1%, la turbosina con el 1.9% y al final el gas natural con el 0.1% (Tabla 1.16 y gráfica 1.17).

Tabla 1.16. Emisiones de GEI por tipo de combustible para categoría del transporte [Gg de CO₂eq].

Sector: Energía Categoría 1A3: Transporte	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq					Total
	Combustible					
	Gasolina	Diésel	Gas L.P.	Gas Natural	Turbosina	
Total	4,656.1	1,642.1	720.7	10.5	136.8	7,166.1
Terrestre	4,656.1	1,560.2	720.7	10.5	-	6,947.4
Aéreo	-	-	-	-	136.8	136.8
Ferroviano	-	81.9	-	-	-	81.9

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.17. Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en la categoría del transporte.



1.4.1.4. Otros sectores (1A4).

Esta subcategoría considera las emisiones de la actividad de quema en edificios comerciales e institucionales, todas las emisiones por la quema de combustibles en hogares y emisiones de la combustión de combustibles usados en agricultura, silvicultura, pesca e industria pesquera. Sus componentes son:

- ✚ 1A4a Comercial
- ✚ 1A4b Residencial
- ✚ 1A4c Agricultura

Bajo este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen:

- ✚ Actividad de quema de combustible en edificios comerciales e institucionales;
- ✚ Actividad de quema de combustible en hogares; y
- ✚ Actividad de quema de combustible usado en la agricultura (principalmente en uso para invernaderos y aquí se reportará el combustible utilizado en la maquinaria para actividades agrícolas).

En el año 2020, las emisiones de GEI de la categoría fueron de 3,908.0 Gg de CO₂eq, lo que equivale al 17.8% con respecto al total del sector. El principal causante del aumento es el crecimiento en el uso de gas l.p. y gas natural en el sector residencial.

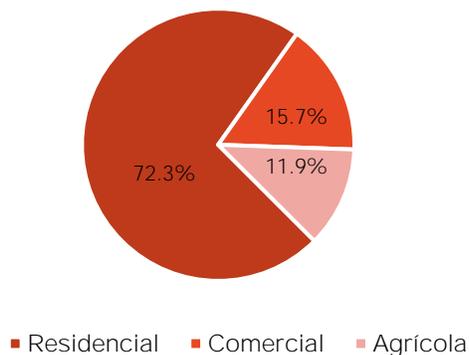
A nivel de componente, la subcategoría Residencial es la de mayor importancia con un 72.3%, seguido de 15.7% del sector Comercial y un 11.9% de la Agricultura (Tabla 1.17 y gráfica 1.18).

Tabla 1.17. Emisiones de GEI por tipo de gas para otros sectores [Gg de CO₂eq].

Sector: Energía	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Categoría 1A4: Otros	3,855.7	257.6	458.3	3,908.0
Comercial	613.8	1.4	0.3	615.5
Residencial	2,818.2	6.3	1.2	2,825.7
Agrícola	423.7	0.7	42.5	466.8

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.18. Porcentaje de emisiones por tipo de actividad en otros sectores.



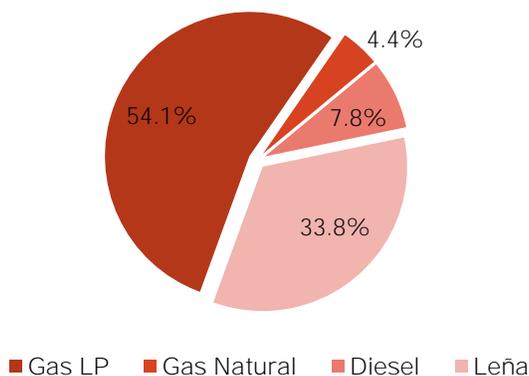
A nivel tipo de combustible, el gas licuado es el de mayor importancia en otros sectores, ya que aporta el 54.1%, seguido de 33.8% de biomasa, 7.8% del diésel y 4.4% de gas natural (Tabla 1.18 y gráfica 1.19). Cabe mencionar que, aunque aquí se consideró la leña en el total de esta subcategoría, no se hizo, ya que así lo marca la metodología del IPCC, 2006.

Tabla 1.18. Emisiones de GEI por tipo de combustible para otros sectores [Gg de CO₂ eq].

Sector Energía	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq				
	Combustible			Total	Leña
	Gas LP	Gas natural	Diésel		
Categoría 1A4: Otros sectores	3,192.2	257.6	458.3	3,9080.0	1,996.1
Comercial	514.1	101.3	-	615.5	-
Residencial	2,669.5	156.2	-	2,825.7	1,996.1
Agrícola	8.6	-	458.3	466.8	-

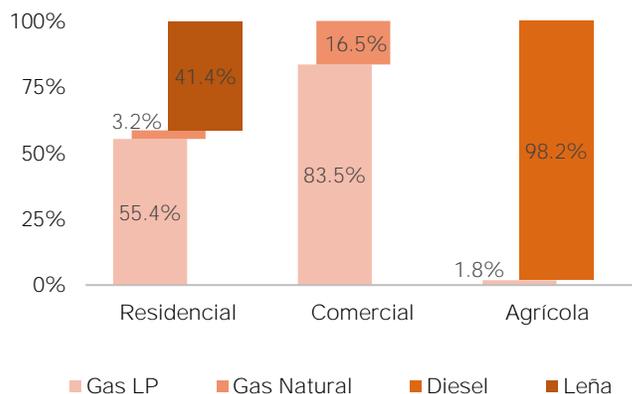
Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.19. Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en otros sectores.



A nivel de actividad se observa que, en el sector Residencial por tipo de combustible, el gas licuado es el de mayor importancia con un 55.4%, seguido de la biomasa con 41.4% y 3.2% de gas natural; cabe mencionar que, aunque aquí se consideró la leña en el total de las emisiones de esta categoría no se contabilizó, ya que así lo marca la metodología del IPCC, 2006. Para el sector Comercial el 83.5% de las emisiones son por el uso de gas l.p. y el resto 16.5% por el gas natural. Y para el sector agropecuario el diésel aporta el 97.4% de las emisiones, mientras que el gas LP el 2.5%. (Gráfica 1.20).

Gráfica 1.20. Distribución porcentual de emisiones por tipo de combustible y por actividad en la categoría de otros sectores.



1.4.2. Comparación entre el método sectorial y el método de referencia.

La comparación de los resultados de las emisiones de CO₂ obtenidos utilizando el método de referencia y el método sectorial permiten verificar la validez de los cálculos realizados. El método de referencia usa los valores totales de la estadística nacional, estatal y/o municipal de energía, mientras que el método sectorial usa valores parcializados acotados a cada categoría que en su conjunto suman lo que se genera en el estado del Sector Energía. En ambos casos la fuente de información fueron las mismas. De forma general, Las emisiones de GEI, entre ambos métodos para el 2020, no presenta diferencias significativas (Tabla 1.19).

Tabla 1.19. Emisiones por el método sectorial y el método de referencia para el año 2020 en [Gg de CO₂ eq].

Método	Sector
Sectorial	22,001.9
Referencia	21,525.8
Diferencia	476.1

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Al analizar anualmente la diferencia, el porcentaje de variación es de 2.2%, lo cual se observa está por debajo del 5% que indica la metodología del IPCC, 2006 como diferencia aceptable entre ambos métodos.

La diferencia presentada entre las emisiones estimadas por estos métodos se puede deber a errores estadísticos de los datos utilizados, puesto que los factores de emisión para ambos métodos son los valores por defecto de la metodología anteriormente descrita.

1.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.

Como se puede apreciar en la tabla 1.20, las emisiones anuales en el año 2018 fueron de 24,860.5 Gg de CO₂e, mientras que para el 2020 fueron de 22,001.9 Gg de CO₂e, lo que representó una variación porcentual del -13.0%, que nos indica que las emisiones decrecieron en esa proporción.

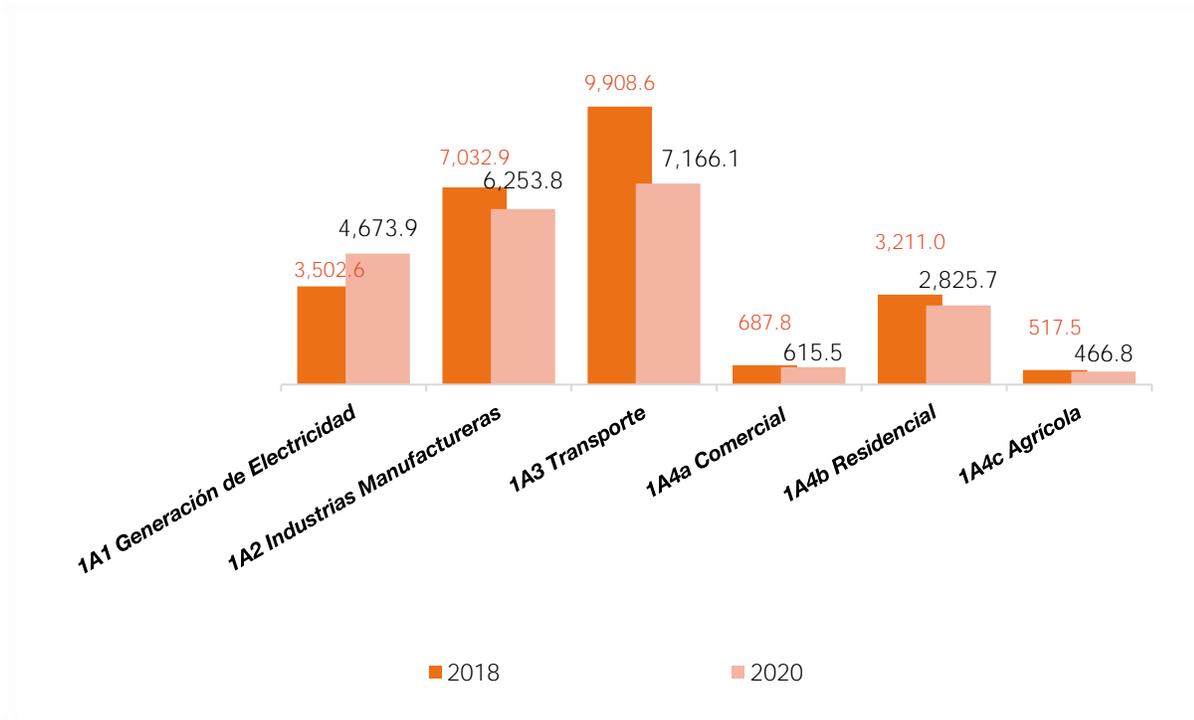
A nivel categoría, casi todos los sectores tuvieron cambios significativos como se menciona a continuación: la generación de electricidad se incrementó en un 0.3%, mientras que el resto de las categorías decrecieron el 0.1% y el transporte un 0.4%.

Tabla 1.20. Comparativo de las Emisiones de GEI en [Gg de CO₂ eq] por categoría, para los años 2018 y 2020, para el sector energía.

Sector: Energía Categoría / Subcategoría		Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq		Variación porcentual (%)
		2018	2020	
Total, del Sector		24,860.5	22,001.9	-13.0%
1A1 Generación de Electricidad		3,502.6	4,673.9	0.3%
1A2 Industrias Manufactureras		7,032.9	6,253.8	-0.1%
1A3 Transporte		9,908.6	7,166.1	-0.4%
1A4 Otros sectores	1A4a Comercial	687.8	615.5	-0.1%
	1A4b Residencial	3,211.0	2,825.7	-0.1%
	1A4c Agrícola	517.5	466.8	-0.1%

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.21. Representación gráfica de las emisiones anuales de GEI [Gg de CO₂ eq] por categoría, para los años 2018 y 2020, del sector energía.



De la tabla y gráfica anterior se obtiene el siguiente análisis:

En la generación de electricidad hubo un incremento del 0.3%; lo que nos indica que en esa categoría se intensificó el uso de la energía eléctrica y aun cuando el progreso tecnológico de las fuentes renovables, el cambio de focos incandescentes por unos ahorradores y LED, cambio de electrodomésticos con una categoría energética mayor, entre otras, ha sido importante; el incremento se debió principalmente a que el año 2020 como se mencionó al principio de este capítulo fue un año atípico por cuestiones de la pandemia de COVID-19 y debido al confinamiento de la personas en sus hogares para realizar sus trabajos laborales y escolares a distancia se tuvo que utilizar la tecnología para comunicarse dando lugar al uso intensivo de esta energía.

Con respecto al resto de las categorías (transporte, industria, comercial y agrícola), donde su tendencia fue la de decrecer, su reducción se debió principalmente a la perturbación de la actividad económica normal y de la vida cotidiana causada por la pandemia de COVID-19 en México y en todo el mundo.

1.6. EMISIONES DE CARBONO NEGRO, 2020.

El carbono negro (hollín) se encuentra formando parte de las $PM_{2.5}$, característica que hace de estas últimas un contaminante peligroso para la salud de las personas debido a su elevada toxicidad. Además, el carbono negro (CN) juega un importante papel en el proceso del cambio climático, ya que absorbe la radiación solar, contribuyendo al calentamiento global del planeta. A diferencia de otros contaminantes, como los gases de efecto invernadero, este puede existir como un conglomerado de partículas en estado sólido-líquido-gaseoso de composición variada. El carbono negro se le considera un contaminante climático de vida corta (CCVC) debido a que su tiempo de vida media en la atmósfera puede ser de algunos días o semanas. En la industria manufacturera la fuente principal de emisión de carbono negro está relacionada con el uso de los combustibles fósiles.

Para estimar las emisiones de CN, la Environmental Protection Agency (EPA) realiza la estimación de emisiones de CN a partir de la razón $CN/PM_{2.5}$, las cuales señalan el porcentaje estimado de CN presente en las $PM_{2.5}$ para diferentes tipos de fuentes emisoras. En el estudio “Report to Congress on Black Carbon”, las emisiones de este contaminante fueron estimadas utilizando la especiación química de las $PM_{2.5}$.

El método utiliza la correlación de $CN/PM_{2.5}$, siguiendo la siguiente ecuación:

$$E_{PM_{2.5}} \times Fr_{CN/PM_{2.5}} = E_{CN}$$

..... Ecuación 2

Donde:

$E_{PM_{2.5}}$ = Emisión de Partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) en toneladas anuales [t].

$Fr_{CN/PM_{2.5}}$ = Fracción que correlaciona el porcentaje de Carbono Negro presente en las $PM_{2.5}$ [%].

E_{CN} = Emisiones de Carbono Negro en toneladas anuales [t]

Las emisiones de carbono negro del Sector como ya se mencionó son aquéllas que en sus actividades utilizan combustibles fósiles y en el 2020 fueron de 414.0 toneladas anuales, como se muestra en la siguiente tabla.

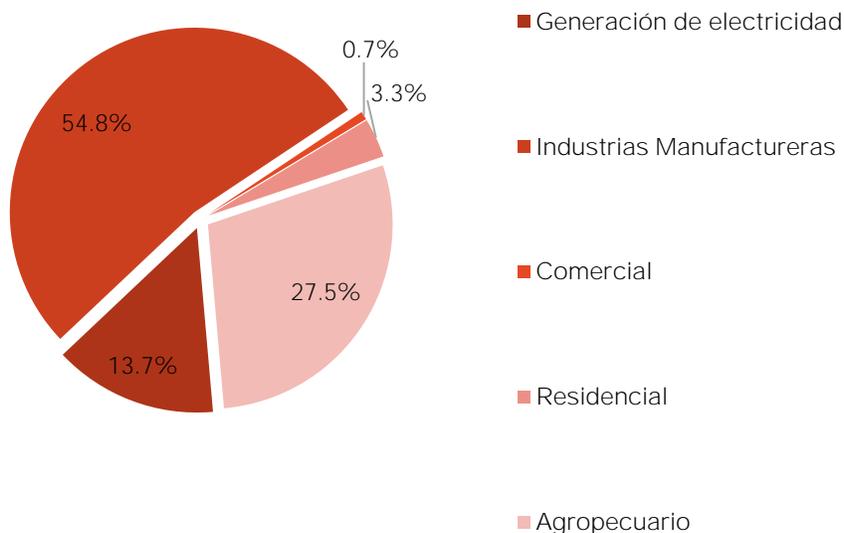
Tabla 1.21. Emisiones de Carbono Negro en toneladas anuales del sector en el 2020.

Sector: Energía Categoría / Subcategoría		Carbono Negro (CN) [Ton/año]
Total, del Sector		414.0
1A1 Generación de Electricidad		56.8
1A2 Industrias Manufactureras		226.7
1A3 Transporte		ND
1A4 Otros sectores	1A4a Comercial	2.8
	1A4b Residencial	13.7
	1A4c Agrícola	114.1

Fuente: IEECC, utilizando metodología EPA.
ND = No determinado

Como se puede observar en la siguiente gráfica, el mayor aporte de las emisiones corresponde a la industria manufacturera con el 54.8%, seguido del agropecuario con el 27.5%, la generación de electricidad con el 13.7%, mientras que las categorías residencial y comercial aportan el 3.3% y 0.7% respectivamente.

Gráfica 1.22. Emisiones porcentuales de Carbono Negro del sector.



CAPÍTULO 2. SECTOR “PROCESOS INDUSTRIALES”.





CAPÍTULO 2. SECTOR “PROCESOS INDUSTRIALES”.



Para cuantificar las emisiones del sector procesos industriales, el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, así mismo se incorporan factores de emisión a emplear obtenidos en estudios acordes a las condiciones de México y también el Estado de México se alinea a emplear los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal. Por lo que el Estado de México actualiza el inventario de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de forma bianual, esto con la finalidad de identificar el impacto que tienen las diferentes categorías del sector residuos y con ello establecer acciones para reducir las misiones que se generen en este sector.

El presente capítulo, presenta un contexto de las emisiones generadas por las categorías del sector procesos industriales, para el año 2020, así mismo se describen las fuentes de información, las metodologías empleadas y las emisiones.

2.1. ANTECEDENTES.



Algunas de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero son producidas por una gran variedad de actividades industriales. El sector de procesos industriales considera las emisiones generadas en la producción y uso de minerales, industria química, producción de metales, así como la producción y consumo de hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, es importante señalar que no toma en cuenta la quema de combustibles fósiles en el proceso productivo. Los GEI de las actividades industriales, se originan bajo la forma de subproductos. Estas emisiones no son producidas como consecuencia del consumo energético sino debido al proceso industrial en sí, es decir, las materias primas son transformadas químicamente de un estado a otro y esta transformación frecuentemente produce emisiones de GEI tales como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Sus características dependerán de varios factores, como la calidad de los combustibles y materias primas empleadas e incluso del tipo de proceso y de la tecnología que se utiliza. El Estado de México contó con un

Producto Interno Bruto (PIB) de 1,993,874 millones de pesos en el 2020 (INEGI, Comunicado de prensa Núm. 727/21 9 de diciembre de 2021, pp. 1 de 2), siendo la economía del Estado de México la segunda más grande del país.

2.2. CONSIDERACIONES GENERALES.

El sector Procesos Industriales y uso de Productos (IPPU en inglés) se divide en los subsectores: Productos minerales, industria química, producción de metales, productos no energéticos de combustibles y de solventes, industria electrónica, uso de productos como sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono y otros productos (IPCC, 2006). En el presente inventario se muestran los resultados de las emisiones derivadas de los subsectores productos minerales, producción de metales y uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, para los años 2018 y 2020.

Tabla 2.1. Estructura del sector procesos industriales.

SECTOR	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
PROCESOS PRODUCTIVOS	(2A) Industria de los minerales	2A1 Producción de cemento
		2A2 Producción de cal
		2A3 Producción de vidrio
		2A4 Otros usos de carbonato
		2A4A Cerámica
		2A4B Otros usos de la ceniza de sosa
		2A4C Producciones de magnesia no metalúrgica
		2A5 Otros
	(2B) Industria Química	2B1 Producción de amoníaco
		2B2 Producción de ácido nítrico
		2B3 Producción de ácido atípico
		2B4 Producción de caprolactama, giroxil y ácido glioilico
		2B5 Producción de carburo
		2B6 Producción de dióxido de titanio
		2B7 Producción de ceniza de sosa
		2B8 Producción de petroquímica y negro de humo
		2B9 Producción fluoroquímica
		2B10 Otros
	(2C) Industria de los Metales	2C1 Producción de hierro y acero
		2C2 Producción de ferrocarriles
		2C3 Producción de aluminio
		2C4 Producción de magnesio
		2C5 Producción de plomo
		2C6 Producción de zinc
		2C7 Otros
	(2D) Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	2D1 Uso de lubricantes
		2D2 Uso de la cera de parafina
		2D3 Uso de solventes
		2D4 Otros
	(2E) Industria electrónica	2E1 Circuito integrado o semiconductores
2E2 Pantalla plana tipo TFT		
2E3 Células fotovoltaicas		
2E4 Fluido de transferencia térmica		

		2E5 Otros
(2F) Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono		2F1 Refrigeración y aire acondicionado
		2F2 Agentes espumantes
		2F3 Protección contra incendios
		2F4 Aerosoles
		2F5 Solventes
		2F6 Otras aplicaciones
(2G) Manufactura y utilización de otros productos		2G1 Equipos eléctricos
		2G3 N ₂ O de usos de productos
		2G4 Otros

2.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.



Para el sector procesos industriales en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2020, utilizando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado en el volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías.

2.3.1. Factores de emisión.

Tanto en el Estado de México como a nivel Nacional no se cuenta con valores propios de factores de emisión para calcular las emisiones del Sector Procesos Industriales. Además, como no se cuentan con datos específicos de las diferentes tecnologías se utilizaron los factores por defecto de acuerdo con el Volumen 3 de las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, versión 2006, para las subcategorías incluidas y para todos los tipos de Gases de Efecto Invernadero estimados.

2.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.



Las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero del sector Procesos Industriales para el año 2020 fueron de: 7,497.4 Gg de CO₂eq, tal y como se muestra en la Tabla 2.2.

Debido a la falta de datos de las industriales federales, los datos de cemento, cal y vidrio fueron estimados con base en datos de años anteriores. En el caso del vidrio se consideró una producción similar a la de 2018, mientras que, en el caso del cemento y cal, se usaron promedios de los últimos años. Por este motivo se consideró para la

subcategoría de fabricación de vidrio la mayor cantidad de emisiones con 3,810.5 Gg de CO₂eq, seguido de la subcategoría de cerámicas (uso de caliza y carbonato sódico) con una emisión de 2,315.7 Gg de CO₂eq; fabricación de cemento aportó 1,055.3 Gg de CO₂eq, seguido de la subcategoría producción de cal con una emisión de 234.7 Gg de CO₂eq, la subcategoría producción metales con 70.3 Gg de CO₂eq y la de lubricantes con una emisión de: 10.9 Gg de CO₂eq; producción de solventes no fue estimada.

Tabla 2.2. Emisiones de GEI por categoría y subcategoría del sector Procesos Industriales 2020 [Gg de CO₂eq].

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO						
SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES						
CLAVE IPCC	Categorías	Subcategorías	Emisiones anuales de CO ₂ eq [Gg/año]			EMISIÓN TOTAL de CO ₂ eq [Gg/año]
			Gas			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
EMISIONES TOTALES SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES			7,497.4	0.00	0.00	7,497.4
2A	Industria de los Minerales.	2A1 Producción de cemento	1,055.3			1,055.3
		2A2 Producción de cal	234.7			234.7
		2A3 Producción de vidrio	3,810.5			3,810.5
		2A4a Cerámicas	0.00			0.00
		2A4b Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato sódico)	2,315.7			2,315.7
		2A4c Producción de magnesia no metalúrgica	0.0			0.0
		2A5 Otros	0.0			0.0
2B	Industria Química.	2B1 Producción de amoníaco	0.0			0.0
		2B2 Producción de ácido nítrico	0.0			0.0
		2B3 Producción de ácido adípico	0.0			0.0
		2B4 Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	0.0			0.0
		2B5 Producción de carburo	0.0			0.0
		2B6 Producción de dióxido de titanio	0.0			0.0
		2B7 Producción de ceniza de sosa	0.0			0.0
		2B8 Producción petroquímica y negro de humo	0.0			0.0
		2B9 Producción fluoroquímica	0.0			0.0
		2B10 Otros	0.0			0.0
2C	Industria de los Metales.	2C1 Producción de hierro y acero	0.0			0.0
		2C2 Producción de ferroaleaciones	0.0			0.0
		2C3 Producción de aluminio	0.0			0.0
		2C4 Producción de magnesio	0.0			0.0

Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2020.

		2C5 Producción de plomo	4.4			4.4
		2C6 Producción de zinc	65.9			65.9
		2C7 Otros	0.0			0.0
2D	Uso de Productos no Energético de combustibles y de solventes	2D1 Uso de lubricantes	10.9			10.9
		2D2 Uso de la cera de parafina	0.0			0.0
		2D3 Uso de solventes	0.0			0.0
		2D4 Otros	0.0			0.0
2E	Industria Electrónica.	2E1 Circuito Integrado o semiconductores	0.0			0.0
		2E2 Pantalla Plana tipo TFT	0.0			0.0
		2E3 Células fotovoltaicas	0.0			0.0
		2E4 Fluido de transferencia térmica	0.0			0.0
		2E5 Otros	0.0			0.0
2F	Uso de Productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.	2F1 Refrigeración y aire acondicionado	0.0			0.0
		2F2 Agentes espumantes	0.0			0.0
		2F3 Protección contra incendios	0.0			0.0
		2F4 Aerosoles	0.0			0.0
		2F5 Solventes	0.0			0.0
		2F6 Otras aplicaciones	0.0			0.0
2G	Manufactura y utilización de otros productos.	2G1 Equipos eléctricos	0.0			0.0
		2G2 SF ₆ y PFC de otros usos de productos	0.0			0.0
		2G3 N ₂ O de usos de productos	0.0			0.0
		2G4 Otros	0.0			0.0

Fuente: IPCC, 2006

2.4.1. Industria de los Minerales

La categoría Industria de los minerales incluye las emisiones de CO₂ relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- ✚ 2.A.1. Producción de cemento.
- ✚ 2.A.2. Producción de cal.
- ✚ 2.A.3. Producción de vidrio.
- ✚ 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos.

Las emisiones generadas por esta categoría son principalmente CO₂, tal como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Emisiones potenciales de la industria de los minerales.

Sector Procesos Industriales / Categoría	Gases de Efecto Invernadero						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	Otros
2.A1 Producción de cemento	X						
2.A2 Producción de cal	X						
2.A3 Producción de vidrio	X						
2.A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	X						
2.A4.a Cerámicas	X						
2.A4.b Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato sódico)	X						

Fuente: IPCC, 2006

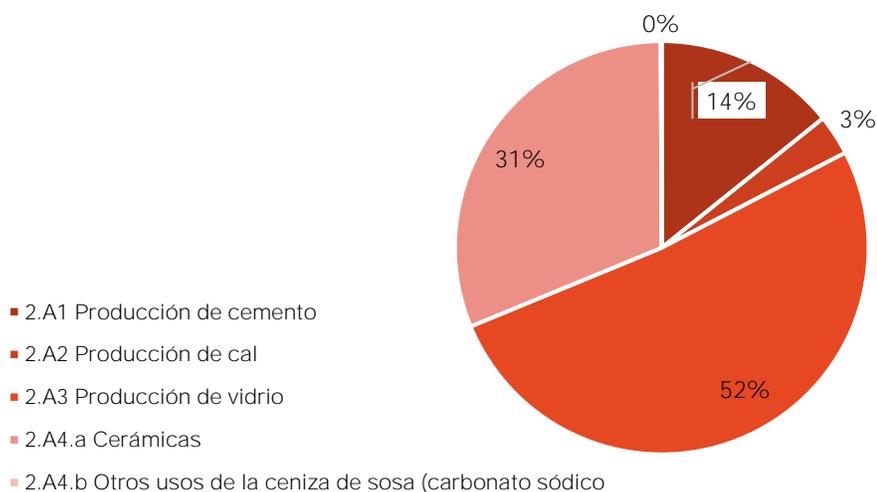
En la Tabla 2.4. se muestran las Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) por categoría de la industria de los minerales, 2020.

Tabla 2.4. Emisiones de GEI por categoría de la industria de los minerales, 2020 [Gg de CO₂eq].

Sector Procesos Industriales		Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
Categoría / Subcategoría		Gas			Total
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Gg de CO ₂ eq
Total del Sector		7,416.2			7,416.2
2.A1 Producción de cemento		1055.3			1055.3
2.A2 Producción de cal		234.7			234.7
2.A3 Producción de vidrio		3810.5			3810.5
2.A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	2.A4.a Cerámicas	2309.0			2309.0
	2.A4.b Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato sódico)	6.7			6.7

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 2.1. Subcategoría Industria de los Minerales 2020.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

En el contexto del Estado de México, estas mismas subcategorías incluyen las emisiones de los procesos productivos.

La categoría Industria de los minerales es la principal categoría emisora de GEI del sector Procesos Industriales (PI), que en 2020 fue de 7,416.2, por lo que esta subcategoría representa alrededor de un 99% de las emisiones de GEI del sector PI. Con respecto al inventario anterior, de 2018, sus emisiones de GEI contabilizaron un incremento significativo ya que fue de 6,337.1 Gg de CO₂eq lo que indica que incrementó un 15%. Dicha situación se debió a que, en la información publicada en el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2020, Edición 2021, la producción de piedra caliza incrementó de 2,907,746 toneladas en 2018 a 5,251,271 toneladas en 2020, por lo que este subsector fue el que propició dicho aumento en las emisiones de CO₂eq.

Metodología de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 1 para todas las subcategorías, usando datos de actividades específicos y factores de emisión por defecto de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006.

2.4.2. Producción del cemento.

Descripción de la subcategoría (2.A.1) Producción de Cemento.

En la fabricación del cemento, el CO₂ se genera durante la producción de clínker, un producto intermedio constituido de nódulos, que es sometido a una molturación fina conjuntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso (CaSO₄·2H₂O) o anhídrido (CaSO₄)], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clínker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO₃), para producir cal (CaO) y CO₂ como productos derivados.

El cemento puede fabricarse completamente (por molienda) a partir de clínker importado, en cuyo caso la planta de producción de cemento puede ser considerada libre de toda emisión de CO₂ relacionada con el proceso de fabricación. Entre el período de 2005 a 2018, la producción de cemento en el Estado de México aumentó de forma importante para el año 2008, descendiendo nuevamente hacia 2018.

Para el año 2020, al no contar con la información de la Cédula de Operación Anual, se estimó con base en la información de años precedentes, con lo que se tuvieron emisiones de GEI de esta subcategoría de 1,055.3 Gg de CO₂eq.

2.4.3. Producción de cal.

Descripción de la subcategoría (2.A.2) Producción de cal.

La producción de cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituración y el calibrado, la calcinación de las materias primas para producir cal y (si se requiere) la hidratación de la cal para obtener hidróxido de calcio. El óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma durante el proceso de calcinación, al calentar la piedra caliza para descomponer los carbonatos. Dicho proceso se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas, liberándose CO₂.

En el Estado de México el proveedor tradicional de cal más importante es Cal de Apasco. La industria productora de cal en El Estado de México ha mantenido un incremento importante considerablemente en los últimos años. La subcategoría Producción de cal es una importante emisora dentro de la categoría Industria de los minerales, incrementando ligeramente respecto al inventario anterior, ya que sus emisiones de GEI en 2016 fueron 216.2 Gg de CO₂eq y 253.1 Gg de CO₂eq en 2018. Para 2020, de la misma que en el caso del cemento, se estimó la producción con base en los años precedentes, por lo que tuvieron emisiones de 234.7 Gg de CO₂eq. Se considera la principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de cal por las diferentes industrias, como la minería, que condiciona la producción nacional de cal, que ha ido en constante aumento.

2.4.4. Producción de vidrio.

Descripción de la subcategoría (2.A.3) Producción de vidrio.

Las principales materias primas del vidrio que emiten CO₂ durante el proceso de fundición son: la piedra caliza, la dolomita y la ceniza de sosa. Estos materiales, allí donde se extraen como carbonatos minerales para ser utilizados en la industria del vidrio, representan una producción primaria de CO₂ y deben incluirse en las estimaciones de emisiones.

El vidrio producido se usa para fabricar diversos productos, entre estos, botellas, iluminación, recipientes, vajillas e instrumentos de laboratorio, siendo usado también como material de construcción. En 2018, las emisiones de GEI que se contabilizaron fueron de 3,810.5 Gg de CO₂eq, mientras que debido a falta de datos en 2016 solo se reportaron 2,8 Gg de CO₂eq (en 2018 esta subcategoría representó el 85 % de las emisiones de GEI de la categoría). Dada la importancia de esta subcategoría en las emisiones del Sector y debido a que no se contó con la información de la Cédula de Operación Anual para 2020, para el Estado de México, se estimó un valor similar al calculado en 2018, que fue de 3,810.5 Gg de CO₂eq.

2.4.5. Producción otros usos de carbonatos en los procesos.

Categoría (2.A.4) Otros usos de carbonatos en los procesos.

Descripción de la subcategoría (2.A.4.a). Uso de Piedra Caliza

La calcinación de los carbonatos a altas temperaturas produce CO₂; en esta sección se abarcan los usos de piedra caliza que no sean el uso de cal en la agricultura y el uso de

piedra caliza, en la producción de cemento y cal reportada en la COA 2008 y 2016, así como 2018. En 2020 las emisiones de GEI por producción contabilizaron 2,315.7, mientras que, en 2018, las emisiones de GEI por producción/uso de piedra caliza fueron de 1,278.6 Gg de CO₂e, lo que indica un aumento entre un 80% y 90% para 2020. El incremento antes mencionado se refleja en el porcentaje de aumento del inventario 2020 respecto al de 2018. La principal causa de esta tendencia es la demanda de piedra caliza por parte de la industria.

Descripción de la subcategoría (2.A.4.b). Uso de Carbonato Sódico.

Durante el proceso de producción, la trona (el mineral principal del cual se extrae la ceniza de sosa natural) se calcina en un horno rotatorio de altas temperaturas y se transforma químicamente en carbonato de sodio, en este proceso se genera CO₂ y agua, como productos derivados. Conforme a las Directrices del 2006, las emisiones de CO₂ se generan tanto por la producción como por el consumo de carbonato de sodio; en el Estado de México solo existe consumo, como materia prima. En 2020 las emisiones de GEI por uso de carbonato sódico fueron de 6.7 Gg CO₂eq, menores a las que se registraron en 2018 42.4 Gg de CO₂eq y aún por debajo de su valor más alto en 2008 con 153 Gg de CO₂eq. Al igual que en los casos anteriores la principal causa de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda por parte de la industria.

2.4.6. Industria de los metales.

Para la subcategoría industria de los metales, es importante mencionar que la mayoría de esta actividad no se realiza en el Estado de México, por lo cual solo se incluyen los cálculos de emisiones para plomo y zinc, con base en el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2020. Edición 2021.

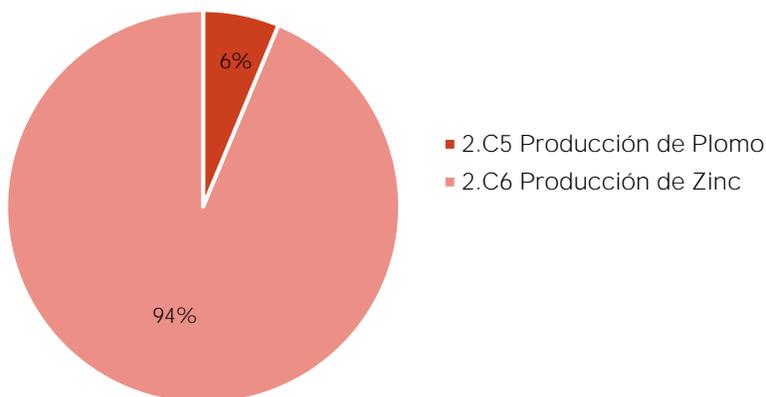
En 2020, las emisiones de GEI para la producción de Plomo y Zinc que se contabilizaron fueron de 70.3 Gg de CO₂eq., siendo poco significativa la aportación de esta subcategoría en 2020 a las emisiones totales de GEI de la categoría. En la Tabla 2.5. se muestran las Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) por producción de metales en 2020.

Tabla 2.5. Emisiones de GEI por producción de metales, 2020 [Gg de CO₂eq].

Sector Procesos Industriales	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
Categoría / Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Gg de CO ₂ eq
Total del Sector	70.3			70.3
2C1 Producción de hierro y acero	NA			
2C2 Producción de ferroaleaciones	NA			
2C3 Producción de aluminio	NA			
2C4 Producción de magnesio	NA			
2.C5 Producción de Plomo	4.4			4.4
2.C6 Producción de Zinc	65.9			65.9

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006. **NA=No APLICA**

Gráfica 2.2. Subcategoría Industria de los Metales 2020.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

2.4.7. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.

Descripción de la categoría (2. D) Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes. La categoría Uso de productos no energéticos de combustible y de solventes incluye las emisiones de GEI generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, excepto: i) la combustión con fines energéticos, y ii) el uso como sustancia de alimentación a procesos o como agente reductor. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- ✚ 2.D.1. Uso de lubricantes.
- ✚ 2.D.2. Uso de cera de parafina.
- ✚ 2.D.3. Uso de solventes.

En el contexto del Estado de México, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- ✚ 2.D.1 Lubricantes
- ✚ 2.D.2 Ceras.

Las emisiones generadas por esta categoría son principalmente CO₂, tal como se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Emisiones potenciales del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.

Sector Procesos Industriales / Categoría	Gases de Efecto Invernadero						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	Otros
2.D1 Producción de lubricantes	X						
2.D2 Producción de cera parafina	X						
2.D3 Producción de solventes	X						

Fuente: IPCC, 2006

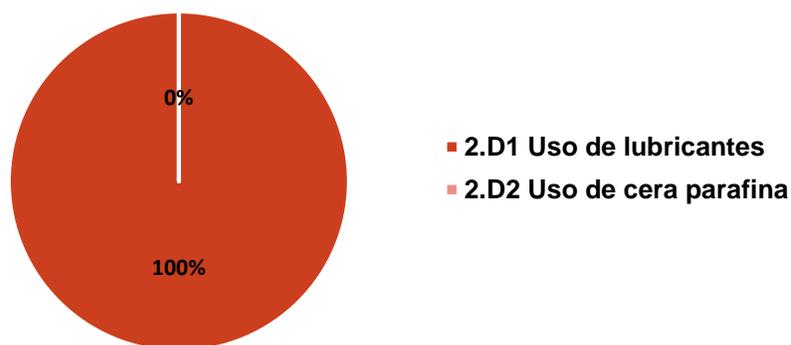
En la Tabla 2.7. se muestran las Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) por categoría del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, 2020.

Tabla 2.7. Emisiones de GEI por categoría del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, 2020 [Gg de CO₂eq].

Sector Procesos Industriales	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Gg de CO ₂ eq
Total del Sector	10.9			10.9
2.D1 Uso de lubricantes	10.9			10.9
2.D2 Uso de cera parafina	0.0			0.0
2.D3 Uso de solventes	NA			NA

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.
NA=No APLICABLE

Gráfica 2.3. Subcategoría Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes 2020.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

2.4.8. Uso de Lubricantes.

Descripción de la subcategoría (2.D.1) Uso de lubricantes

Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte. El consumo de lubricantes en el Estado de México ha sido variable. Durante dicho período, el uso de lubricantes se ha sustentado principalmente en las importaciones, ya que la producción nacional de éstos es notablemente inferior a la importación. La categoría Uso de productos no energéticos de combustible es la menor categoría emisora de GEI del sector Procesos Industriales y Uso de Productos. En 2020, sus emisiones de GEI sumaron 10.9 Gg de CO₂eq, valor similar al de 2018 con 11.7 Gg de CO₂eq, debido probablemente a baja demanda de lubricantes o datos insuficientes, en comparación con los años previos. Respecto a las subcategorías, el Uso de lubricantes es de mayor relevancia con 10.9 Gg de CO₂eq.

Aspectos metodológicos de la subcategoría.

Para la estimación de emisiones de la subcategoría Uso de lubricantes se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las Directrices del IPCC del 2006, basado en aplicar un factor de emisión para el CO₂ a los datos de la cantidad de lubricantes que se consumen en el Estado de México.

2.4.9. Uso de la cera parafina.

Descripción de la subcategoría (2.D.2) Uso de la cera parafina.

Las ceras de parafina se utilizan en aplicaciones tales como velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, encolados de placas, producción de alimentos, betunes de brillo, tensoactivos (como los utilizados en los detergentes), entre otros usos. En 2020, las emisiones de GEI de esta subcategoría fueron insignificantes, probablemente debido a información insuficiente. Aspectos metodológicos de la subcategoría. Para la estimación de emisiones de la subcategoría Uso de cera de parafina se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006. El método se basa en aplicar un factor de emisión para el CO₂ a la cantidad de cera de parafina que se consumió en el Estado de México.

2.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.



En la Tabla 2.8 se muestra un comparativo de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por categoría de la industria de los minerales, de los años 2018 y 2020. Se aprecia que, a pesar de realizarse estimaciones con datos de años anteriores para el caso de cemento, cal y vidrio, el dato de producción de piedra caliza propició un incremento en la estimación de emisiones de CO₂eq para el año 2020.

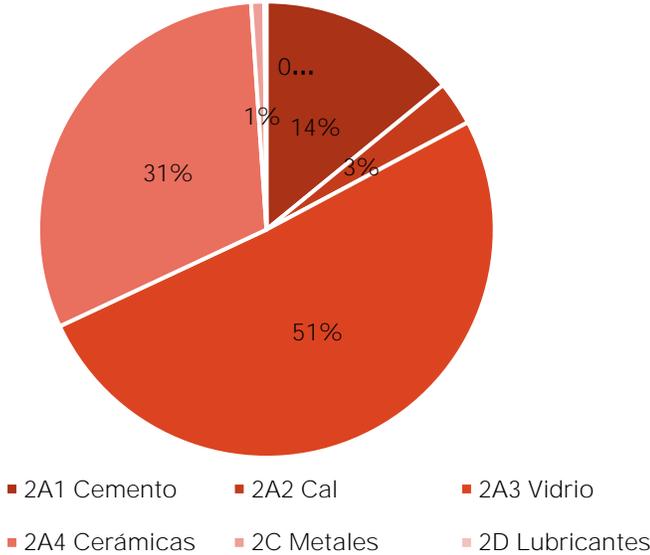
Tabla 2.8. Comparativo de las Emisiones de GEI en [Gg de CO₂eq] por categoría, para los años 2018 y 2020, para el sector procesos industriales.

SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES			
CLAVE IPCC	CATEGORÍA	EMISIÓN TOTAL de CO ₂ eq [Gg/año]	
		2018	2020
TOTAL DE EMISIONES EN EL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES		6,424.41	7,497.4
2A	Industria de los Minerales	6,337.05	7,416.2
2B	Industria Química	NE	NE
2C	Industria de los Metales	75.69	70.3
2D	Uso de Productos no Energéticos de Combustibles y Solventes	11.66	10.9
2E	Industria Electrónica	NE	NE
2F	Uso de los Productos Sustituídos que agotan la Capa de Ozono	NE	NE
2G	Manufactura y Utilización de Otros Productos	NE	NE

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE =No Estimada

En la Gráfica 2.4. se muestran la contribución porcentual de las Emisiones de GEI por categoría del año del sector procesos industriales.

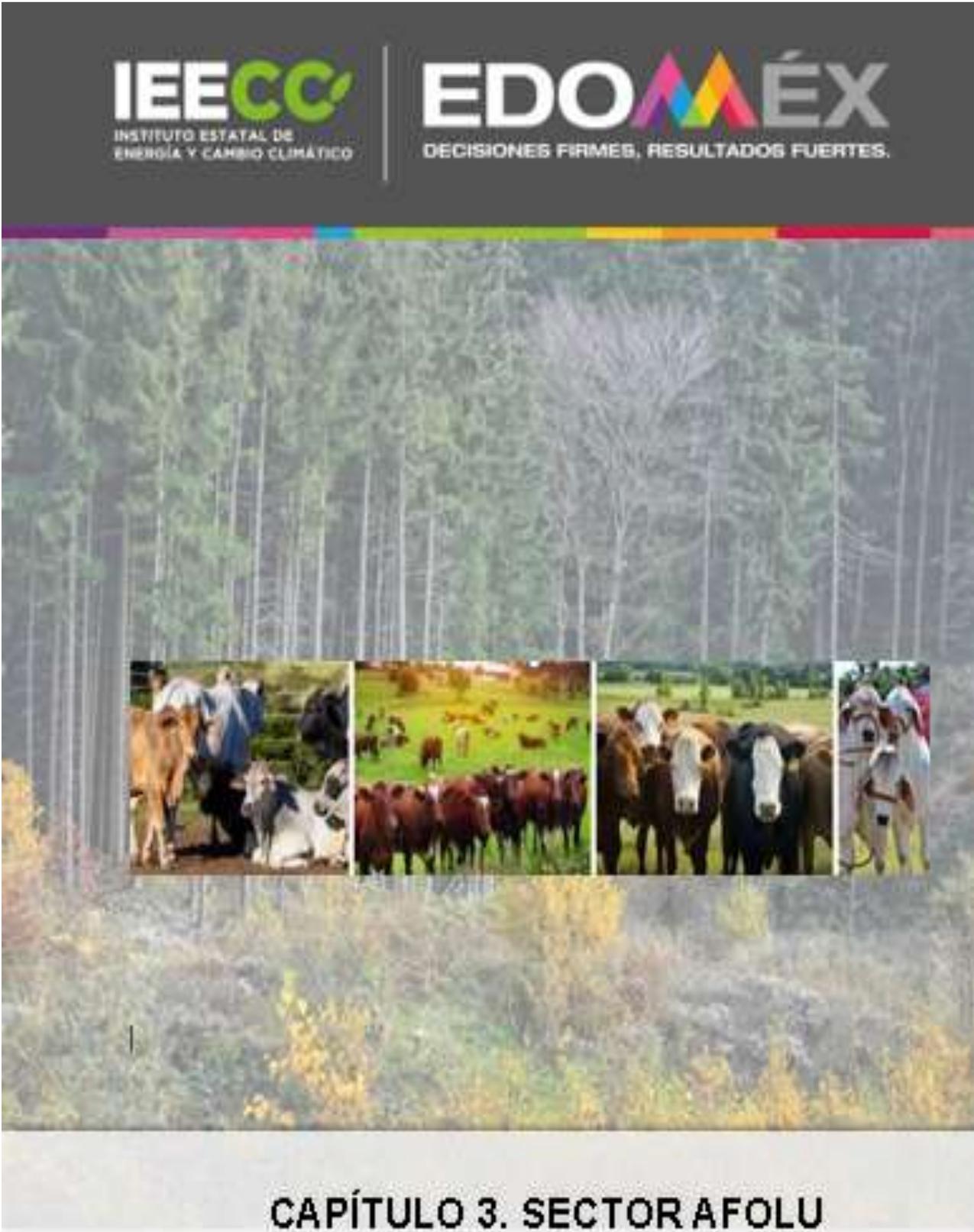
Gráfica 2.4. Contribución porcentual de las Emisiones de GEI, del Sector Procesos Industriales, 2020.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

CAPÍTULO 3. SECTOR “AFOLU” (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra).





CAPÍTULO 3. SECTOR “AFOLU” (AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA.



Para cuantificar las emisiones del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra), el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, así mismo se incorporan factores de emisión a emplear obtenidos en estudios acordes a las condiciones de México y también el Estado de México se alinea a emplear los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

Por lo que el Estado de México actualiza el inventario de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de forma bianual, esto con la finalidad de identificar el impacto que tienen las diferentes categorías del sector residuos y con ello establecer acciones para reducir las misiones que se generen en este sector.

El presente capítulo, presenta un contexto de las emisiones generadas por las categorías del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra), para el año 2020, así mismo se describen las fuentes de información, las metodologías empleadas y las emisiones.

3.1. ANTECEDENTES.



La estimación periódica de las emisiones de gases de efecto invernadero, sirven para generar una visión y así formular políticas públicas y programas para la mitigación de estos gases. La presente actualización con año base 2020, para el cálculo de emisiones se empleó la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006). La importancia de integrar inventarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), nos permite conocer las emisiones de estos gases en la atmósfera, con la finalidad de identificar las categorías que más contribuyen y plantear soluciones ante los posibles efectos del cambio climático y el calentamiento de la Tierra sobre las poblaciones humanas y los ecosistemas; además de

contar con elementos para la evaluación y planificación de políticas enfocadas a medidas de respuesta apropiadas.

3.2. CONSIDERACIONES GENERALES.



Para el presente inventario se abordará el sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la tierra (AFOLU), donde se determinan las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) generadas durante el año 2020, empleando la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006).

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, para la subcategoría de fermentación entérica, se calcularon a partir de las cabezas de ganado (bovino, ovinos, caprino, caballos, mulas, asnos, porcino) así como el número de cabezas de aves, guajolotes y conejos, para la subcategoría de gestión del estiércol los factores de emisión empleados fueron para un clima templado y con una temperatura promedio en la entidad de 15°C . Se consideraron las emisiones provenientes de la fermentación entérica, la gestión de estiércol, las provenientes del cultivo de arroz, y por la quema de biomasa en tierras forestales y de cultivo, y las emisiones de encalado y aplicación de urea como fertilizantes.

Para fines de presente inventario se consideraron las estadísticas de la producción pecuaria 2020 y las estadísticas de producción agrícola del año 2020 del Sistema de información Agroalimentario y Pesquero (SIAP) dependiente de la SAGARPA, así como el censo agrícola, ganadero y forestal del INEGI, los reportes de los incendios forestales de la CONAFOR y se recopiló información de la fermentación entérica, gestión de estiércol y el cultivo de arroz. Las emisiones de metano (CH_4) son generadas como subproductos de la digestión y por la descomposición de las excretas del ganado, mientras que el manejo y la disposición que se le da a las excretas, son algunos de los factores que más influyen en la emisión de óxido nitroso N_2O .

En las directrices del IPCC se establece que, para llevar a cabo la labor del inventario para la superficie de bosques y praderas convertidos en tierras cultivadas y pastos por tipo, durante dos periodos, es necesario contar con el año del inventario y los 10 últimos años, sin embargo, no se cuenta con esa información por lo cual la categoría (3B Tierra) no fue estimada.

En la Tabla 3.1. se muestran las fuentes de información que se consideraron para recopilar la información del sector AFOLU.

Tabla 3.1. Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector AFOLU.

Sector	Fuentes de información
AFOLU	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Censo Agrícola Ganadero y Forestal. ✚ Comisión Nacional Forestal. ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). ✚ Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP SAGARPA) ✚ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). ✚ Entre otros.

3.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.



Para el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra) en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2020, utilizando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado en el volumen 4: AFOLU, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías.

En la Tabla 3.2. se muestra la descripción de las Categorías y Subcategorías del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra).

Tabla 3.2. Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra).

Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra)		Gases de Efecto Invernadero		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Categoría / Subcategoría				
3A Ganado	3A1 Fermentación entérica			
	3A1a Bovino		X	
	3A1b Búfalos		X	
	3A1c Ovinos		X	
	3A1d Caprino		X	
	3A1e Camello		X	
	3A1f Caballos		X	
	3A1g Mulas y asnos		X	
	3A1h Porcinos		X	
	3A1i Otros (especificar)		X	
	3A2 Gestión del estiércol			
	3A2a Bovinos		X	
	3A2b Búfalos		X	

Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2020.

	3A2c Ovinos		X	
	3A2d Caprino		X	
	3A2e Camello		X	
	3A2f Caballos		X	
	3A2g Mulas y asnos		X	
	3A2h Porcinos		X	
	3A2i aves de corral		X	
	3A2g Otros (especificar)		X	
3B Tierra	3B1 Tierra forestales			
	3B1a Tierras forestales que permanecen como tal	X		
	3B1b Tierras convertidas a tierras forestales	X		
	3B2 Tierra de cultivo			
	3B2a Tierras de cultivo que permanecen como tal	X		
	3B2b Tierras convertidas a tierras de cultivo	X		
	3B3 Praderas			
	3B3a Praderas que permanecen como tal	X		
	3B3b Tierras convertidas en praderas	X		
	3B4 Humedales			
	3B4a Humedales que permanecen como tal	X		
	3B4b Tierras convertidas en humedales	X		
	3B5 Asentamientos			
	3B5a Asentamientos que permanecen como tal	X		
	3B5b Tierras convertidas en asentamientos	X		
	3B6 Otras tierras			
	3B6a Otras tierras que permanecen como tal	X		
	3B6b Tierras convertidas en asentamientos	X		
	3B6b Tierras convertidas en otras tierras			
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	3C1 Emisiones de GEI por quemado de biomasa			
	3C1a Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales	X	X	X
	3C1b Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo	X	X	X
	3C1c Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas	X	X	X
	3C1d Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras	X	X	X
	3C2 Encalado	X		
	3C3 Aplicación de urea	X		
	3C4 Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados			X
	3C5 Emisiones indirectas de los N ₂ O de los suelos gestionados			X
	3C6 Emisiones indirectas de los N ₂ O de la gestión del estiércol			X
	3C7 Cultivo del arroz		X	
	3D1 Productos de madera recolectada			
	3D2 Otros (especificar)			

3.3.1. Factores de emisión.

Para calcular las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra). Se utilizaron los factores de emisión del volumen 4, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos

sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, para las subcategorías incluidas y para los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.

3.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.

En la presente actualización del inventario las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se reportan en Gigagramos de CO₂ equivalente [Gg de CO₂eq], al expresar las emisiones de GEI en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir la contribución de cada sector y sus categorías. Las emisiones en Gigagramos de CO₂ equivalente [Gg de CO₂eq], se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG).

3.4.1. Emisiones del Sector AFOLU.

El Sector AFOLU para el año 2020, emitió 2,486.3 Gg de CO₂eq, siendo las emisiones de metano las que contribuyen con 1,206.0 Gigagramos, le siguen las emisiones de bióxido de carbono (CO₂) con 1,019.5 Gigagramos y por último las emisiones de óxido nitroso con una aportación de 260.8 Gigagramos, siendo las categorías de Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra y la categoría de ganado, las que más contribuyen con las emisiones. Tal y como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Emisiones de GEI por categoría del Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra) en [Gg de CO₂eq].

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO						
SECTOR AFOLU						
CATEGORÍA	Clave IPCC	Subcategoría	Emisiones anuales de CO ₂ eq [Gg /año]			EMISIÓN TOTAL de CO ₂ eq [Gg /año]
			Gas			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
EMISIONES TOTALES SECTOR AFOLU			1,019.5	1,206.0	260.8	2,486.3
GANADO	3A	3A1 FERMENTACIÓN ENTÉRICA		577.6		577.6
	3A1a	Bovino		320.2		320.2
	3A1b	Búfalos		0.0		0.0
	3A1c	Ovinos		57.8		57.8
	3A1d	Caprino		3.1		3.1
	3A1e	Camello		0.0		0.0
	3A1f	Caballos		21.2		21.2
	3A1g	Mulas y asnos		8.8		8.8
	3A1h	Porcinos		8.0		8.0
	3A1i	otros (conejos y aves de corral)		158.6		158.6
	3A	3A2 GESTIÓN DE ESTIÉRCOL		523.8		523.8
	3A2a	Bovino		380.6		380.6

Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2020.

	3A2b	Búfalos		0.0		0.0
	3A2c	Ovinos		1.7		1.7
	3A2d	Caprino		0.1		0.1
	3A2e	Camello		0.0		0.0
	3A2f	Caballos		1.9		1.9
	3A2g	Mulas y asnos		0.8		0.8
	3A2h	Porcinos		104.2		104.2
	3A2i	(conejos y aves de corral)		0.1		0.1
	3A1j	otros		34.5		34.5
TIERRA	3B	3B1 Tierra forestales				NE
	3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal				
	3B1b	Tierras convertidas a tierras forestales				
	3B	3B2 Tierra de cultivo				NE
	3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tal				
	3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo				
	3B	3B3 Praderas				NE
	3B3a	Praderas que permanecen como tal				
	3B3b	Tierras convertidas en praderas				
	3B	3B4 Humedales				NE
	3B4a	Humedales que permanecen como tal				
	3B4b	Tierras convertidas en humedales				
	3B	3B5 Asentamientos				NE
	3B5a	Asentamientos que permanecen como tal				
	3B5b	Tierras convertidas en asentamientos				
	3B	3B6 Otras tierras				NE
	3B6a	Otras tierras que permanecen como tal				
	3B6b	Tierras convertidas en otras tierras				
FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO2 DE LA TIERRA	3C	3C1 Emisiones de GEI por quemado de biomasa	1,019.5	104.6	260.8	1,384.9
	3C1a	Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales	982.9	102.6	28.6	1,114.2
	3C1b	Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo	35.9	1.8	1.3	38.9
	3C1c	Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas	0.7	0.04	0.03	0.8
	3C1d	Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras			0.0	0.0
	3C2	Encalado	0.0			0.0
	3C3	Aplicación de urea	0.0			0.0
	3C4	Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados			0.0	0.0

	3C5	Emisiones indirectas de los N ₂ O de los suelos gestionados			197.3	197.3
	3C6	Emisiones indirectas de los N ₂ O de la gestión del estiércol			33.7	33.7
	3C7	Cultivo del arroz		0.1		0.1
PRODUCTOS DE LA MADERA	3D	Productos de madera recolectada	NE	NE	NE	NE
	3D2	Otros (especificar)				0.0

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimado

La Tabla 3.4. muestra las emisiones de CO₂eq por categoría y su contribución porcentual para el año 2020 del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra).

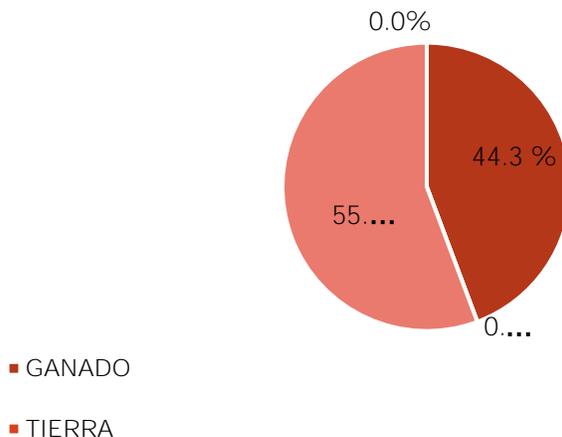
Tabla 3.4. Emisiones de CO₂eq, por categoría y su contribución porcentual del Sector AFOLU.

Sector AFOLU	Porcentaje de las Emisiones del sector AFOLU	
Categoría	Emisiones Totales en Gg de CO ₂ eq	Porcentaje (%)
Total del Sector	2,486.3	100
Ganado	1,101.4	44.3
Tierra	0.0	0.0
Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión No CO ₂ de la Tierra	1,384.9	55.7
Productos de la Madera	0.0	0.0

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

En la gráfica 3.1 se muestra la contribución porcentual de las emisiones de CO₂eq por categoría del sector AFOLU para el año 2020, siendo la categoría de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra contribuye con el 55.7% de las emisiones de CO₂eq y la categoría de ganado contribuye con el 44.3% de las emisiones para este sector.

Gráfica 3.1 Contribución porcentual de las Emisiones de CO₂eq por categoría del Sector AFOLU, 2020.



3.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.



Las emisiones del año 2020 para el sector AFOLU son de: 2,486.3 Gg de CO₂eq, mientras que las emisiones del año 2018 fueron de: 2,198.7Gg de CO₂eq, el incremento en las emisiones se debe a que en algunas subcategorías se cuenta con información más completa y actualizada. Tal y como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Comparativo de las Emisiones de GEI del Sector AFOLU, en [Gg de CO₂eq] del año 2020 respecto al 2018.

Sector	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq	
	2018	2020
AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra)	2,198.7	2,486.3

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

CAPÍTULO 4. SECTOR “RESIDUOS”.





CAPÍTULO 4. SECTOR “RESIDUOS”.



Para cuantificar las emisiones del sector residuos, el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, así mismo se incorporan factores de emisión a emplear obtenidos en estudios acordes a las condiciones de México y también el Estado de México se alinea a emplear los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

El presente capítulo, presenta un contexto de las emisiones generadas por las categorías del sector residuos para el año 2020, así mismo se describen las fuentes de información, las metodologías empleadas y las emisiones.

4.1. ANTECEDENTES.

A nivel mundial, nacional y local, la generación de los residuos sólidos es el resultado de las actividades antropogénicas, industriales, comerciales, y de servicios, que, aunado al incremento poblacional, trae como consecuencia una gran cantidad de residuos sólidos urbanos generados diariamente, aunado a un manejo inadecuado, a la falta de servicios de recolección, a la quema de residuos a cielo abierto, así como la falta de separación y aprovechamiento de los residuos, traen como consecuencias impactos negativos al medio ambiente.

Así mismo los residuos sólidos al ser depositados en diversos sitios generan grandes cantidades de metano (CH_4) el cual es un contaminante de efecto invernadero, que contribuye al calentamiento global.

En lo que respecta a las aguas residuales, muchas de ellas provienen de las actividades domésticas, comerciales, de servicios, e industriales, que en algunos casos las descargas van directamente a ríos y lagos, también en algunos casos las aguas residuales que se descargan al alcantarillado contienen residuos sólidos, aceites, solventes, desengrasantes, etc. los cuales requieren de un tratamiento adecuado,

desafortunadamente en el Estado de México, no todos los municipios cuentan con plantas de tratamiento de las aguas residuales y en algunas zonas industriales las descargas las realizan a ríos, lo que provoca severos daños a los ecosistemas.

4.2. CONSIDERACIONES GENERALES.

Para cuantificar las emisiones del sector residuos, el Estado de México utiliza las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados. también se emplean los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

Para estimar las emisiones del año 2020 de este sector, se recopiló la información de los residuos sólidos urbanos, de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, así como el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales, así como la cantidad de residuos incinerados.

Los residuos sólidos se clasifican en tres grandes grupos: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP). En el Estado de México, los residuos sólidos son depositados en Rellenos sanitarios y sitios de disposición final controlados, los cuales son instalaciones de ingeniería para la disposición de los residuos sólidos urbanos, diseñados y operados para minimizar los impactos a la salud pública y al ambiente. También los residuos son depositados en vertederos clandestinos o sitios de disposición final no controlados, los cuales son lugares elegidos por alguna persona para depositar sus residuos, estos son un grave problema de contaminación, enfermedades y otros problemas. Generalmente son establecidos en depresiones naturales o sumideros. En la figura D. se muestran sitios de disposición final controlados y no controlados.

Figura D. Sitios de disposición final controlados y no controlados



Respecto a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), son instalaciones donde a las aguas residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos para la salud y/o al medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural ya sea al mar, ríos o lagos o para su re-uso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano. (no para ingerir o aseo personal).

En las plantas de tratamiento se tienen un conjunto de operaciones y procesos unitarios de origen fisicoquímico, biológico, o una combinación de ellos. En la Figura 2 se muestra una planta de tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de las aguas residuales tiene varias etapas:

- ✚ Tratamiento Preliminar: Es el tratamiento donde se remueven los sólidos de gran tamaño y las arenas presentes en las aguas negras.
- ✚ Tratamiento Primario: Es el tratamiento donde se remueve una fracción los sólidos sedimentables y en suspensión por medios físicos y/o químicos. El Efluente del tratamiento primario suele tener una cantidad alta de materia orgánica y una Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) alta.
- ✚ Tratamiento Secundario: Es el tratamiento donde se transforma la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable. Está principalmente diseñado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos, en algunos casos se incluye desinfección en esta etapa.
- ✚ Tratamiento Terciario o avanzado: Son tratamientos adicionales, que siguen a los tratamientos secundarios convencionales, para la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

En la Figura E. se muestra una planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura E. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.



Para el sector Residuos en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2020, utilizando el volumen 5: Residuos, de la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019.

Para la estimación de las emisiones de metano (CH_4) provenientes de los residuos sólidos urbanos se utilizó la categoría (3A1), que es el Modelo de descomposición de primer orden, para determinar las emisiones procedentes de los sitios de eliminación de los residuos sólidos (Rellenos sanitarios, sitios de disposición final controlados y sitios de disposición final no controlados. También se consideran las emisiones de metano provenientes del bordo poniente IV etapa. Durante el año 2020 en la entidad operan 16 rellenos sanitarios, 15 sitios de disposición final controlados y 39 sitios de disposición final no controlados en los que se depositaron 22,308 toneladas diarias.

Se cuantificaron las emisiones para la categoría (4B) Tratamiento biológico de los residuos sólidos.

Para la categoría (4C) incineración y quema a cielo abierto de residuos, para la subcategoría (4C1) incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infecciosos, también se cuantificaron las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). La subcategoría (4C2) quema a cielo abierto de residuos sólidos se estimaron las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), las emisiones de óxido nitroso (N_2O) no se estiman, debido a que se consideran como incineración abierta las quemas de los residuos agrícolas, las cuales se consideran en el sector AFOLU.

Para la categoría (4D) Tratamiento y descarga de aguas residuales se calcularon las emisiones de metano (CH_4) para la subcategoría (4D1) Tratamiento y descarga de aguas residuales municipales y las emisiones de Óxido nitroso (N_2O) considerando el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales municipales. También se estimaron las emisiones de metano (CH_4) para la subcategoría (4D2) Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales.

Para obtener el tipo de tratamiento y caudal tratado, se consideró la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CNA) del inventario de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación del año 2020. Los datos de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), fueron proporcionados por la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM). Para el año 2020 en la entidad operaron 133 plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales tratan un caudal de: 6,149.9l/s (litros por segundo) lo que equivale a 31,881,081,600 l/año de agua tratada. Para calcular el caudal tratado en litros/año, se consideró un tiempo de retención hidráulico de 6 horas y 240 días de operación en las plantas.

En cuanto al número de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales no se tiene el dato, sin embargo para estimar las emisiones provenientes del sector industrial

se utilizó la información de RECICLAGUA, y se consideró la producción anual que reportan las industrias en la Cédula de Operación Anual (COA) y en la Cédula de Operación Integral (COI), para Café; carne y aves; productos lácteos, plásticos y resinas, pulpa y papel, jabón y detergentes, aceites vegetales, vino y vinagre y otros.

Para calcular las emisiones, también se hicieron las siguientes consideraciones:

Se distribuyó el dato de lodo removido proporcionado por la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), así como el TOW total calculado, ya que de acuerdo con la CAEM es el 80% del lodo removido, también se obtuvo el TOW por municipio y por tipo de tratamiento. En aguas residuales municipales e industriales, el factor de corrección del metano (MFC) para tratamientos en plantas anaerobio-aerobio, se utilizó un promedio de MFC de anaerobio y aerobio. Para determinar el factor de emisión para las aguas residuales domésticas e industriales, se consideró por tipo de tratamiento, aerobio, anaerobio y para el caso de tratamiento aerobio-anaerobio, se empleó un valor promedio de los factores de emisión de tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio. Para las emisiones de óxido nitroso (N₂O) se consideró el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.

De manera general para calcular las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el sector Residuos, es necesario contar con la siguiente información del año 2020.

- ✚ Generación de residuos sólidos urbanos.
- ✚ El número de las plantas de tratamiento que operan en la entidad, así como su caudal tratado y tipo de tratamiento.
- ✚ Para el sector industrial el caudal tratado en sus plantas y tipo de tratamiento.
- ✚ Consumo per cápita de proteína.
- ✚ Cantidad de residuos quemados a cielo abierto.
- ✚ Cantidad de residuos incinerados,

Para obtener los datos de actividad para calcular las emisiones para el sector Residuos, estos fueron proporcionados por diversas dependencias gubernamentales y no gubernamentales a través de oficios, de grupos de trabajo y de consultas en internet, las cuales se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector Residuos.

Sector	Fuentes de información
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Comisión Nacional del Agua (CNA). ✚ Comisión del Agua del Estado de México (CAEM). ✚ Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC). ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). ✚ Reciclagua Ambiental. ✚ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

	<ul style="list-style-type: none">  Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM).  Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA).  Entre otros.
--	--

4.3. METODOLOGÍA EMPLEADA.

Para el sector Residuos en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2020, utilizando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado en el volumen 5: Residuos, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías.

En la Tabla 4.2. se especifican los subsectores evaluados y los contaminantes para el sector residuos.

Tabla 4.2. Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector Residuos.

Categoría	Subcategoría	Datos de actividad	Gases y compuestos de efecto invernadero
4A Eliminación de residuos sólidos	4.A Eliminación de residuos	Generación y disposición	CH ₄
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos	4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos	Cantidad de residuos sólidos que tienen tratamiento biológico	CH ₄ y N ₂ O
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	Cantidad incinerada de residuos	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	Cantidad de residuos quemados	CO ₂ , CH ₄
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	Plantas de tratamiento tipo y cantidad tratada	CH ₄ y N ₂ O
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Plantas de tratamiento tipo y cantidad tratada	CH ₄

4.3.1. Factores de emisión.

Para calcular las emisiones del Sector residuos. Se utilizaron los factores de emisión del volumen 5: Residuos, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC

2006) y su refinamiento 2019, para las subcategorías incluidas y para los Gases y compuestos de Efecto Invernadero.

4.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.

Para la elaboración del sector residuos, el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, incorporando los factores de emisión acordes a las condiciones de México. Así mismo en la presente actualización del sector residuos, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se reportan en Gigagramos de CO₂ equivalente [Gg de CO₂eq], al expresar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir la contribución de este sector y sus categorías. Las emisiones en Gigagramos de CO₂ equivalente [Gg de CO₂eq], se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG). Los potenciales de calentamiento global (PCG) que se utilizaron son: CO₂=1, CH₄=28 y N₂O =265, los cuales corresponden al quinto informe de evaluación del IPCC 2003, y son los que también emplea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

4.4.1. Emisiones del Sector Residuos.

El sector Residuos para el año 2020, emitió 9,198.4 Gg de CO₂eq, siendo la categoría (4A) Eliminación de residuos sólidos la que aporta 8,282.1 Gg de CO₂eq, le sigue la categoría (4D) de Tratamiento y eliminación de aguas residuales con 867.0 Gg de CO₂eq, la categoría (4C) Incineración y quema a cielo abierto de residuos aporta con 46.0 Gg de CO₂eq. Por último, la categoría (4B) Tratamiento Biológico de los residuos sólidos emite 3.3 Gg de CO₂eq. Tal y como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Emisiones de GEI por categoría y subcategoría del Sector Residuos [Gg de CO₂eq].

Sector Residuos	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq			
	Gas			Total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Gg de CO ₂ eq
Total del Sector	36.0	8,898.4	264.0	9,198.4
4A Eliminación de residuos sólidos.	0.0	8,282.1	0.0	8,282.1
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos.	0.0	2.2	1.2	3.3
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos.	36.0	8.5	1.5	46.0

4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso.	27.1	0.1	1.5	28.6
4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos.	8.9	8.4	0.0	17.3
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales.	0.0	605.6	261.4	867.0
4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales.	0.0	79.0	261.4	340.4
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.	0.0	526.6	0.0	526.6

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimada

La contribución porcentual por categoría para el Sector Residuos en el año 2020 quedó de la siguiente manera: La categoría (4A) eliminación de Residuos sólidos aporta EL 90 % de las emisiones, le sigue la categoría (4D) de Tratamiento y eliminación de aguas residuales con el 9.4%, la categoría (4C) Incineración y quema a cielo abierto de residuos aporta el 0.5%. Por último, la categoría (4B) Tratamiento Biológico de los residuos sólidos aporta el 0.04%. Tal y como se muestra en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Porcentaje de las Emisiones de CO₂eq por categoría y subcategoría del Sector Residuos.

Sector Residuos	Porcentaje de las Emisiones del sector residuos	
	Emisiones Totales en Gg de CO ₂ eq	Porcentaje (%)
Categoría / Subcategoría		
Total del Sector	9,198.4	100
4A Eliminación de residuos sólidos	8,282.1	90.0
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos	3.3	0.04
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	46.0	0.5
4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	28.7	0.3
4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	17.3	0.2
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	867.0	9.4
4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	340.4	3.7
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	526.6	5.7

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

En la Tabla 4.5, se muestran las emisiones de CO₂eq por categoría y su contribución porcentual para el año 2020, del sector Residuos.

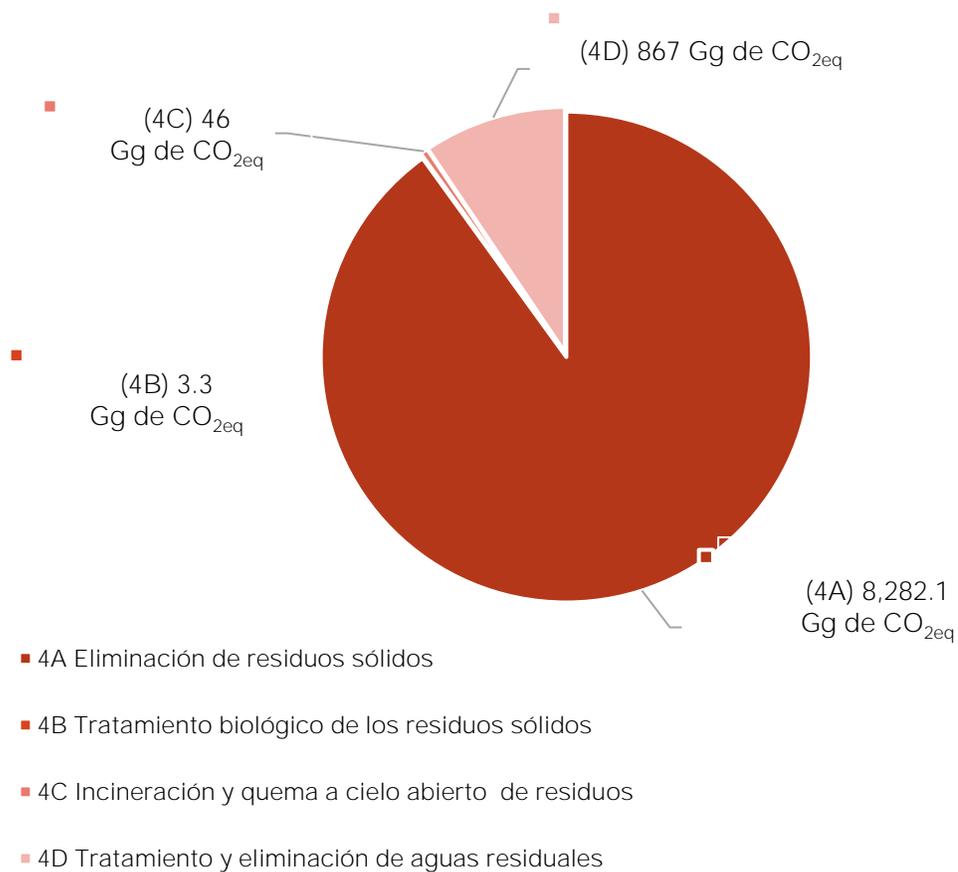
Tabla 4.5. Emisiones de CO₂eq, por categoría y su contribución porcentual para el año 2020, del Sector Residuos.

Sector Residuos	Porcentaje de las Emisiones del sector residuos	
	Emisiones Totales en Gg de CO ₂ eq	(%)
Categoría		
Total del Sector	9,198.4	100
4A Eliminación de residuos sólidos.	8,282.1	90.0
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos.	3.3	0.04
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos.	46.0	0.5
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales.	867.0	9.4

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

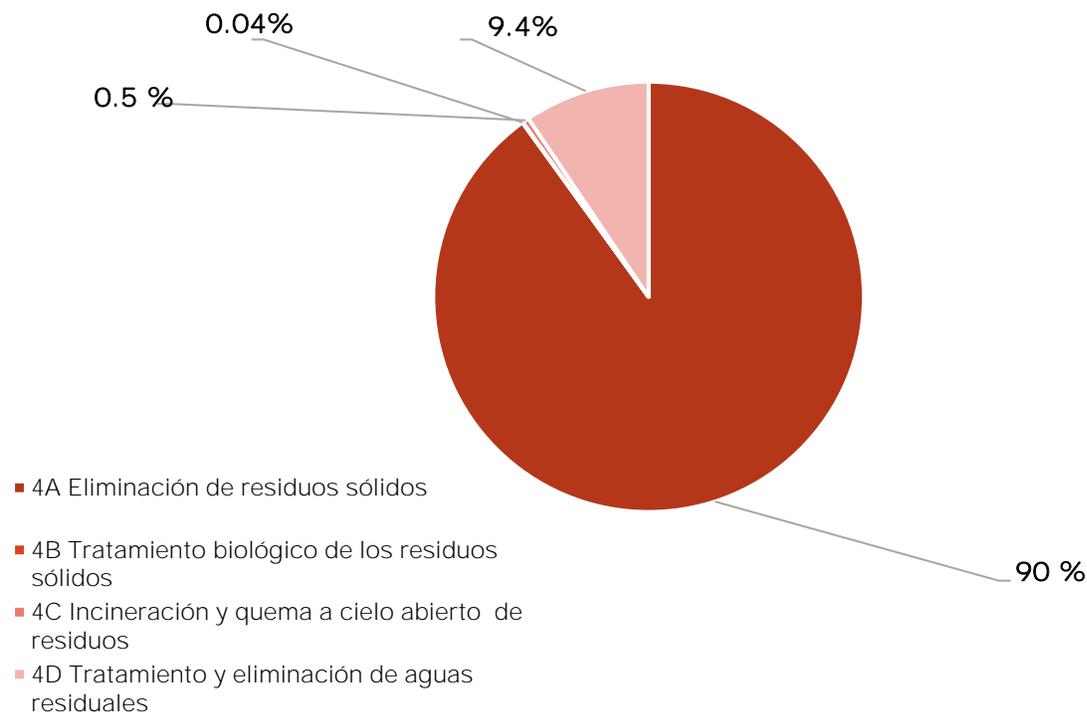
La gráfica 4.1 muestra las emisiones de CO₂eq por categoría del Sector Residuos en el año 2020.

Gráfica 4.1. Emisiones de CO₂eq por categoría del Sector Residuos.



La gráfica 4.2 muestra la contribución porcentual de las emisiones de CO₂eq por categoría del Sector Residuos en el año 2020.

Gráfica 4.2 Porcentaje de las Emisiones de CO₂eq por categoría del Sector Residuos.



4.5. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.



Las emisiones del año 2018 fueron de: 7,151.3 Gg de CO₂eq, mientras que las emisiones del año 2020 son de: 9,198.4 Gg de CO₂eq, a pesar de utilizar la metodología del IPCC 2006 las emisiones incrementaron con respecto al inventario pasado, en donde se observa un incremento considerable en la categoría (4A) eliminación de residuos sólidos, en la categoría (4B) Tratamiento biológico de los residuos sólidos y en la categoría (4C) incineración y quema a cielo abierto de residuos, esto se debe principalmente a la actualización de la información y a que en el año 2020 se presentó la crisis del COVID-19, la cual trajo como consecuencia un incremento en las toneladas de residuos sólidos urbanos dispuestos, así como el tratamiento y la incineración de los residuos biológico infeccioso. Referente al tratamiento y eliminación de las aguas residuales se observa una reducción de las emisiones, esto se debe principalmente a que, en el año 2020 como medida de mitigación a los contagios, los gobiernos a nivel global hicieron un llamado al confinamiento, por lo cual el sector industrial tuvo una disminución de sus actividades. Las emisiones del año 2020 se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Comparativo de las Emisiones de GEI del Sector Residuos en [Gg de CO₂eq] del año 2020, respecto al 2018.

Sector Residuos		
Categoría / Subcategoría	Emisiones 2018 Gg de CO₂eq	Emisiones 2020 Gg de CO₂eq
Total del Sector	7,151.3	9,198.4
4A Eliminación de residuos sólidos.	6,040.6	8,282.1
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos.	NE	3.3
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos.	15.8	46.0
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales.	1,094.9	867.0

NE= No Estimada; Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

CAPÍTULO 5.
**“EMISIONES
ESTATALES DE
GASES Y
COMPUESTOS DE
EFECTO
INVERNADERO,
2020”.**





CAPÍTULO 5. EMISIONES ESTATALES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO, 2020



Con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados y cuantificar las emisiones estatales de gases y compuestos de efecto invernadero del año 2020, el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), por lo que en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2020, utilizando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado en los volúmenes del 1 al 5, que establece la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) y su refinamiento 2019, aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías. También para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero en términos de Dióxido de Carbono Equivalente [CO_{2eq}], se emplearon los potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

Así mismo para calcular las emisiones de compuestos de efecto invernadero como el Carbono Negro (CN), la metodología empleada es la establecida por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (U.S.E.P.A. por sus siglas en inglés) para lo cual se realiza la estimación de las emisiones de Carbono Negro (CN) a partir de la razón CN/PM_{2.5}, las cuales señalan el porcentaje estimado de CN presente en las Partículas Menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) para diferentes tipos de fuentes emisoras.

5.1. EMISIONES TOTALES.



Las emisiones estatales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el año 2020, fueron de: 41,184.0 Gg de CO_{2eq}, siendo el sector energía quién más contribuye con las emisiones aportando 22,001.9 Gg de CO_{2eq}, le sigue el sector residuos con 9,198.4 Gg de CO_{2eq}, el tercer lugar lo ocupa el sector procesos industriales emitiendo 7,497.4 Gg de CO_{2eq} y el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra) emite 2,486.3 Gg de CO_{2eq}. Tal y como se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Emisiones Estatales de Gases de Efecto Invernadero del año 2020, en [Gg de CO₂eq] por sector.

Sector	Emisiones Totales en Gg de CO ₂ eq
Emisiones Estatales Totales	41,184.0
Energía	22,001.9
Procesos Industriales	7,497.4
AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra)	2,486.3
Residuos	9,198.4

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Las emisiones estatales de carbono negro para el año 2020 fueron de 414 toneladas anuales tal y como se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Emisiones de Carbono Negro en el año 2020.

Compuestos de Efecto Invernadero	Emisiones [Ton/año]
Carbono Negro (CN)	414.0

Fuente: U.S.E.P.A.

Las emisiones estatales de Gases de Efecto Invernadero del año 2020, por sector, categoría y subcategoría, se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Emisiones Estatales de Gases de Efecto Invernadero del año 2020, por sector, categoría y subcategoría.

CATEGORÍA	CLAVE	SUBCATEGORÍA	EMISIONES ANUALES EN CO ₂ eq			EMISIÓN TOTAL DE CO ₂ eq [Gg /año]
	IPCC		[Gg /año]			
			Gas			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
EMISIONES TOTALES ESTATALES			30,253.9	10,186.4	743.7	41,184.0
EMISIONES TOTALES SECTOR ENERGÍA			21,701.0	82.0	218.9	22,001.9
Quema de Combustibles	1A	1A1 Generación de electricidad	4,669.4	2.3	2.2	4,673.9
		1A2 Industrias Manufactureras	6,244.8	3.9	5.1	6,253.8
		1A3 Transporte	6,931.2	67.3	167.6	7,166.1
		1A4a Comercial	613.8	1.4	0.3	615.5
		1A4b Residencial	2,818.2	6.3	1.2	2,825.7
		1A4c Agrícola	423.7	0.7	42.5	466.8
EMISIONES TOTALES SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES			7,497.4	0.0	0.0	7,497.4
Industria de los Minerales	2A	2A1 Producción de cemento	1,055.3			1,055.3
		2A2 Producción de cal	234.7			234.7
		2A3 Producción de vidrio	3,810.5			3,810.5
		2A4a Cerámicas	0.0			0.0

Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2020.

		2A4b Otros usos de la ceniza de soda (carbonato sódico)	2,315.7			2,315.7
		2A4c Producción de magnesita no metalúrgica	0.0			0.0
		2A5 Otros	0.0			0.0
Industria Química.	2B	2B1 Producción de amoníaco	0.0			0.0
		2B2 Producción de ácido nítrico	0.0			0.0
		2B3 Producción de ácido adípico	0.0			0.0
		2B4 Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	0.0			0.0
		2B5 Producción de carburo	0.0			0.0
		2B6 Producción de dióxido de titanio	0.0			0.0
		2B7 Producción de ceniza de soda	0.0			0.0
		2B8 Producción petroquímica y negro de humo	0.0			0.0
		2B9 Producción fluoroquímica	0.0			0.0
		2B10 Otros	0.0			0.0
Industria de los Metales.	2C	2C1 Producción de hierro y acero	0.0			0.0
		2C2 Producción de ferroaleaciones	0.0			0.0
		2C3 Producción de aluminio	0.0			0.0
		2C4 Producción de magnesio	0.0			0.0
		2C5 Producción de plomo	4.4			4.4
		2C6 Producción de zinc	65.9			65.9
		2C7 Otros	0.0			0.0
Uso de Productos no Energético de combustibles y de solventes	2D	2D1 Uso de lubricantes	10.9			10.9
		2D2 Uso de la cera de parafina	0.0			0.0
		2D3 Uso de solventes	0.0			0.0
		2D4 Otros	0.0			0.0
Industria Electrónica.	2E	2E1 Circuito Integrado o semiconductores	0.0			0.0
		2E2 Pantalla Plana tipo TFT	0.0			0.0
		2E3 Células fotovoltaicas	0.0			0.0
		2E4 Fluido de transferencia térmica	0.0			0.0
		2E5 Otros	0.0			0.0
Uso de Productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.	2F	2F1 Refrigeración y aire acondicionado	0.0			0.0
		2F2 Agentes espumantes	0.0			0.0
		2F3 Protección contra incendios	0.0			0.0
		2F4 Aerosoles	0.0			0.0
		2F5 Solventes	0.0			0.0
		2F6 Otras aplicaciones	0.0			0.0
Manufactura y utilización de	2G	2G1 Equipos eléctricos	0.0			0.0
		2G2 SF ₆ y PFC de otros usos de productos	0.0			0.0

Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2020.

otros productos.		2G3 N ₂ O de usos de productos	0.0			0.0
		2G4 Otros	0.0			0.0
EMISIONES TOTALES SECTOR AFOLU			1,019.5	1,206.0	260.8	2,486.3
Ganado	3A	3A1 FERMENTACIÓN ENTÉRICA		577.6		577.6
		3A1a Bovino		320.2		320.2
		3A1b Búfalos		0.0		0.0
		3A1c Ovinos		57.8		57.8
		3A1d Caprino		3.1		3.1
		3A1e Camello		0.0		0.0
		3A1f Caballos		21.2		21.2
		3A1g Mulas y asnos		8.8		8.8
		3A1h Porcinos		8.0		8.0
		3A1i Otros (conejos y aves de corral)		158.6		158.6
		3A2 GESTIÓN DE ESTIÉRCOL		523.8		523.8
		3A2a Bovino		380.6		380.6
		3A2b Búfalos		0.0		0.0
		3A2c Ovinos		1.7		1.7
		3A2d Caprino		0.1		0.1
		3A2e Camello		0.0		0.0
		3A2f Caballos		1.9		1.9
		3A2g Mulas y asnos		0.8		0.8
		3A2h Porcinos		104.2		104.2
		3A2i (conejos y aves de corral)		0.1		0.1
3A1j otros		34.5		34.5		
Tierra	3B	3B1 Tierra forestales				NE
		3B1a Tierras forestales que permanecen como tal				
		3B1b Tierras convertidas a tierras forestales				
		3B2 Tierra de cultivo				NE
		3B2a Tierras de cultivo que permanecen como tal				
		3B2b Tierras convertidas a tierras de cultivo				
		3B3 Praderas				NE
		3B3a Praderas que permanecen como tal				
		3B3b Tierras convertidas en praderas				
		3B4 Humedales				NE
		3B4a Humedales que permanecen como tal				
		3B4b Tierras convertidas en humedales				
		3B5 Asentamientos				NE
		3B5a Asentamientos que permanecen como tal				

Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2020.

		3B5b Tierras convertidas en asentamientos				
		3B6 Otras tierras				NE
		3B6a Otras tierras que permanecen como tal				
		3B5b Tierras convertidas en asentamientos				
		3B6b Tierras convertidas en otras tierras				
Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 de la tierra	3C	3C1 Emisiones de GEI por quemado de biomasa	1,019.5	104.6	260.8	1,384.9
		3C1a Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales	982.9	102.6	28.6	1,114.2
		3C1b Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo	35.9	1.8	1.3	38.9
		3C1c Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas	0.7	0.04	0.03	0.8
		3C1d Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras			0.0	0.0
		3C2 Encalado	0.0			0.0
		3C3 Aplicación de urea	0.0			0.0
		3C4 Emisiones directas de los N2O de los suelos gestionados			0.0	0.0
		3C5 Emisiones indirectas de los N2O de los suelos gestionados			197.3	197.3
		3C6 Emisiones indirectas de los N2O de la gestión del estiércol			33.7	33.7
		3C7 Cultivo del arroz		0.1		0.1
Productos de la Madera	3D	3D1 Productos de madera recolectada	NE	NE	NE	NE
		3D2 Otros (especificar)				NE
EMISIONES TOTALES SECTOR RESIDUOS			36.0	8,898.4	264.0	9,198.4
Eliminación de residuos Sólidos	4A	4A Eliminación de residuos sólidos	0.0	8,282.1	0.0	8,282.1
Tratamiento biológico de los residuos sólidos	4B	4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos	0.0	2.2	1.2	3.3
Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C	4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	36.0	8.5	1.5	46.0
		4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	27.1	0.1	1.5	28.6
		4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	8.9	8.4	0.0	17.3
Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D	4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	0.0	605.6	261.4	867.0
		4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	0.0	79.0	261.4	340.4
		4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	0.0	526.6	0.0	526.6

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

5.2. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES.



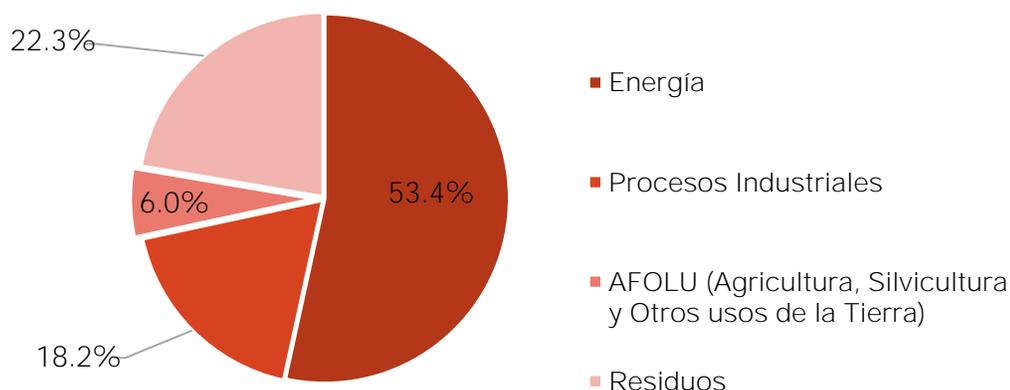
La contribución porcentual de las emisiones estatales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el año 2020, fueron de: 53.4% provenientes del sector energía, le sigue el sector residuos con 22.3%, el tercer lugar lo ocupa el sector procesos industriales con el 18.2% y el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra) aporta el 6.0% de las emisiones estatales. Tal y como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Contribución Porcentual de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2020 por sector.

Sector	Porcentaje (%)
Emisiones Totales Estatales	100
Energía	53.4
Procesos Industriales	18.2
AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra)	6.0
Residuos	22.3

En la gráfica 5.1 se muestran el porcentaje de las emisiones estatales del año 2020.

Gráfica 5.1 Porcentaje de las Emisiones Estatales para el año 2020.



5.3. COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2020, CON RESPECTO AL AÑO 2018.



Como se puede apreciar en la Tabla 5.5. las emisiones anuales del año 2020 son de 41,184.0 Gg de CO₂eq, mientras que para el 2018 fueron de 40,634.91Gg de CO₂eq, para el año 2020 se estimaron más categorías con respecto al inventario anterior, el incremento en las emisiones de los sectores: Procesos Industriales, AFOLU y Residuos se debe principalmente a que en el año 2020 se cuenta con información más completa y actualizada, sin embargo en el sector energía se observa una reducción en las emisiones en las subcategorías transporte, industria manufacturera y comercial debido a que en el año 2020 se presentó la contingencia mundial del COVID-19 para lo cual se tuvo un confinamiento y por ende una reducción en estas actividades, sin embargo en la subcategoría residencial hubo un incremento en el consumo de energía eléctrica, pues debido al confinamiento las personas tuvieron que continuar con sus actividades a través de home Office y clases virtuales, para los casos en donde se indica no aplica, indica que está actividad no se lleva a cabo en la entidad, y donde se indica no estimada no se realizó el cálculo de las emisiones debido a que no se cuenta con datos.

Tabla 5.5. Comparativo de las Emisiones de GEI en la entidad en [Gg de CO₂ eq]. del 2020 respecto al 2018

Sector	Emisiones anuales en Gg de CO ₂ eq	
	2018	2020
TOTALES	40,634.9	41,184.0
ENERGÍA.	24,860.5	22,001.9
PROCESOS INDUSTRIALES.	6,424.4	7,497.4
AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra).	2,198.7	2,486.3
RESIDUOS.	7,151.3	9,198.4

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

6.0. CONCLUSIONES.



Para calcular las emisiones del presente inventario, se empleó la metodología de las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006) de los volúmenes del 1 al 5 y su refinamiento 2019, aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías.

Las emisiones están expresadas en Gigagramos de CO₂ equivalente [Gg de CO₂eq], y se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG), para el inventario se emplearon los siguientes: CO₂=1, CH₄=28 y N₂O =265, los cuales corresponden al quinto informe de evaluación del IPCC 2003.

Con respecto al uso de los combustibles en el sector energía, la mayor contribución fue del gas natural y gasolina con el 43.7% y 21.2% respectivamente. Le siguen el gas L.P. y diésel, que aportan el 19.4% y 12.4%, y el 3.4% restante corresponde al coque, turbosina, combustóleo, biomasa y carbón (2.3%, 0.6%, 0.3%, 0.2% y 0.01%). Cabe mencionar que las emisiones son directamente proporcionales al uso del combustible, por lo que, a mayor consumo, mayor será la emisión.

El resultado de las emisiones procedentes del sector procesos industriales son menos significativas con relación al total, dado que la mayoría de los giros que se evalúan de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, no se encuentran en el Estado de México. Las fuentes que más contribuyeron con las emisiones de este sector, fueron las siguientes: la producción de vidrio, seguida del uso de piedra caliza.

Para el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra), el incremento en las emisiones se debe a que en algunas subcategorías se cuenta con información más completa y actualizada.

En el sector residuos las emisiones incrementaron con respecto al inventario pasado, esto se debe principalmente a la actualización de la información y a que en el año 2020 se presentó la crisis del COVID-19, la cual trajo como consecuencia un incremento en las toneladas de residuos sólidos urbanos dispuestos, así como el tratamiento y la incineración de los residuos biológico infeccioso.

Referente a las emisiones de gases efecto invernadero en la entidad para el año 2020, fueron de: 41,184.0 Gg de CO₂eq, de las cuales el sector energía aportó 22,001.9 Gg de CO₂eq, el sector procesos industriales aportó con 7,497.4 Gg de CO₂eq, el sector AFOLU

(Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra) aporta 2,486.3 Gg de CO₂eq y el sector residuos 9,198.4 Gg de CO₂eq.

La contribución porcentual de las emisiones en el Estado de México para el año 2020, son: 53.4% del sector energía, el 22.3% del sector residuos, el 18.2% de las emisiones provienen del sector procesos industriales y el 6.0% corresponden al sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la Tierra).

El incremento de las emisiones con respecto al inventario anterior, se observa principalmente en los sectores: Procesos Industriales, AFOLU y Residuos, principalmente a que en el año 2020 se cuenta con información más completa y actualizada, sin embargo en el sector energía se observa una reducción en las emisiones en las subcategorías transporte, industria manufacturera y comercial debido a que en el año 2020, se presentó la contingencia mundial del COVID-19 para lo cual se tuvo un confinamiento y por ende una reducción en estas actividades, sin embargo en la subcategoría residencial hubo un incremento en el consumo de energía eléctrica, pues debido al confinamiento las personas tuvieron que continuar con sus actividades a través de home Office y clases virtuales.

En el presente inventario también se cuantificaron las emisiones de compuestos de efecto invernadero como el: Carbono Negro (CN), empleando la metodología establecida por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (U.S.E.P.A. por sus siglas en inglés).

7.0. RECOMENDACIONES.



Es necesario establecer vínculos y convenios con instancias gubernamentales y no gubernamentales, para que nos puedan proveer la información, esto permitirá fortalecer los datos de actividad para los cuatro sectores y pasar a un nivel 2 o 3 del inventario, así mismo se obtendrán inventarios con mayor detalle y exactitud.

Para el sector energía es importante continuar con el progreso tecnológico de las fuentes renovables de generación de electricidad, en particular la solar fotovoltaica, solar fototérmica, cogeneración, cambio de focos incandescentes por unos ahorradores y LED, cambio de electrodomésticos con una categoría energética mayor, así mismo continuará fomentando la reducción del consumo de combustibles en la industria manufacturera, los comercios y servicios así como en el sector residencial, a través de la instalación de calentadores solares.

Es fundamental continuar los trabajos con las instancias que tiene a cargo la regulación de la industria manufacturera, pues con las obligaciones ambientales se tiene un mayor control de la información que contienen en sus cédulas de operación, la cuales va a permitir contar con mayor número de información de los datos de actividad para el sector procesos industriales, sin embargo, muchas veces no la proporcionan por lo que se toma de fuentes existentes en internet y que se encargan de hacer la recopilación de primera mano. Asimismo, el presente Inventario fue realizado sin la información correspondiente a las Cédulas de Operación Anual (COA) del año 2020, por lo que se recomienda realizar, una vez que se cuente con las bases de datos, un recálculo y una actualización del Inventario del Sector Procesos Industriales.

Se sugiere la realización de Guías Ambientales, principalmente en los sectores que aportan las principales emisiones, como son la Producción de Vidrio, Piedra Caliza y Cemento, con la finalidad de realizar autorregulación del sector, y de consulta y referencia de carácter conceptual y metodológico, tanto para las autoridades ambientales, como para la ejecución y/o el desarrollo de proyectos, obras o actividades referentes a la industria minera.

Para el caso del Estado de México estas Guías podrían contener las normas y leyes vigentes correspondientes a la entidad, así como un manual para la estimación de emisiones dependiendo de la industria, esto para homogeneizar la manera de contabilizar dichas emisiones. Igualmente, agregar un apartado con medidas de mitigación y adaptación, tomadas de las sugeridas por el PEACC y enfocadas a la industria en cuestión.

Para el sector AFOLU, una de las actividades que ha contribuido a mitigar las emisiones es la reforestación, el Estado de México es una de las entidades que cuenta con la mayor cobertura de área vegetal. Además, se debe reducir en el sector AFOLU el uso de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno, también es importante continuar los esfuerzos para reducir el número de incendios forestales y contar con el menor número de hectáreas afectadas, continuar con las jornadas de reforestación de especies que se adapten al entorno.

Para el sector residuos se requieren redoblar esfuerzos para llevar a cabo la disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos, implementar en los municipios las 5R (reducir, reciclar, reutilizar, reparar y recuperar) continuar con los procesos de incineración de residuos biológico infeccioso, evitar la quema de los residuos sólidos a cielo abierto, contar con mayor número de sitios de disposición final controlados, con estas acciones se va a contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por este sector, así mismo que los municipios pongan en operación sus plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y se lleve a cabo la captura del metano, así mismo las industrias manufactureras asentadas en la entidad deben contar con sus plantas de tratamiento de aguas residuales.

8.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 
- Almazán, Sergio (2022). “La Industria Minera en México presente y futuro”. Agosto 2019. Cámara Minera de México.
- ASA (2020). Datos Abiertos de México - Litros y Servicios por Venta de Combustibles por Estación de Combustibles, diferentes años. Disponible en https://www.asa.gob.mx/es/ASA/Transparencia_Focalizada.
- CAEM (2017). Subdirección de tratamiento de aguas residuales, información de la DBO y DQO de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el Estado de México, 2014, 2015 y 2016.
- CNA (2018). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en operación 2018.
- COESPO (2020). Número de habitantes en el Estado de México por municipio para el año 2020.
- CONAFOR (2020). “Número de Incendios Forestales”, Comisión Nacional Forestal.
- DOF (2022). “Ley General de Cambio Climático”, Diario Oficial de la Federación del 6 de junio de 2012 y reformada el 11 de mayo de 2022.
- EPA (2014). Environmental Protection Agency, 2009. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 2014 AP-42.
Disponible en: <http://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/>.
- FAO (2022) “Censos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, consumo de proteína”,
- Gobierno del Estado de México (2018). “Plan de Desarrollo del Estado de México 2017- 2023”. Primera edición: Gobierno del Estado de México, 2018. Toluca de Lerdo, México.
- Gobierno del Estado de México (2019). “Reglamento de la Ley de Cambio Climático del Estado de México”. Periódico Oficial “Gaceta del Gobierno” del 6 de octubre de 2014 y reformada el 1 de noviembre de 2019.
- Gobierno del Estado de México (2022). “Ley de Cambio Climático del Estado de México, Periódico Oficial “Gaceta del Gobierno” del 19 de diciembre del 2013 y reformada el 6 de mayo de 2022.
- INE (2010). Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación. Preparado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (CCA-UNAM) y Molina Center for Energy and the Environment (MCE2).
Disponible en: https://center-hre.org/wp-content/uploads/2012/08/MCN-reporte-Final-Esp_Agosto_2011.pdf.
- INEGI (1993). “Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP)”, productos de minerales no metálicos, excepto derivados del petróleo y carbón. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censos Económicos 1994. Banco de Información Económica.

- INEGI (2022). Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2020. Precisiones estadísticas, 2021. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/>.
- INEGI (2022). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), Base consultada del año 2020 (2 de 2). Descarga masiva 2022 (temporalidad 2020). Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>.
- IPCC (2003). **“Quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2003”**. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC (2006). **“Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”**, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volúmenes del 1 al 5. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- PNUD (2008). **“Manejo de Procesos de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero, 2008”**. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- SAGARPA (2022). **“Anuarios estadísticos de los Estados Unidos Mexicanos 2020 Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)”**. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2020.
Disponible en:
http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Siacon_datos_Abiertos_Pecuario.php, consultado de forma electrónica en diciembre de 2022.
- SCT (2020). **“Anuario Estadístico Ferroviario”** Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2020. Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal.
- SE (2005). **“Perfil de mercado de la caliza y sus derivados, 2005”**. Secretaría de Economía. Coordinación General de Minería, Dirección General de Promoción Minera.
Disponible en:
http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2018_Edicion_2019.pdf
- SE (2020). **“Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2020”**. Secretaría de Economía. Subsecretaría de Economía. Servicio Geológico Mexicano. Edición 2021. (consulta: julio-octubre 2022).
- SEDEMA (2016). **“Información de las emisiones de metano del Relleno Sanitario Bordo Poniente”**, Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México.
- SEMARNAT (2019). **“Bases de Datos (DATGEN) con información del año 2018”**, para diferentes fuentes, proporcionada por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la SEMARNAT, en el mes de agosto de 2020 en reunión de trabajo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT-INECC (2018). **“Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 (INEGYCEI)”**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
Disponible en:<http://189.240.101.244:8080/xmlui/handle/publicaciones/226>

- SEMARNAT-INECC (2018). “Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de Naciones Unidas Sobre el **Cambio Climático**”, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. Consulta vía internet en abril de 2022. Disponible en: México, Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- SEMARNAT-INECC (2021). “**Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019 (INEGYCEI)**”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Anexos. (consulta: septiembre- noviembre 2022).
- SENER (2018)**. “**Prospectiva gas natural y gas L.P y petrolíferos 2018-2032**”. Secretaría de Energía, México.
- SENER (2021)**. “**Balance Nacional de Energía, 2020**”. Secretaría de Energía, 2020 México. (consulta: agosto-octubre 2022).
- SMAGEM (2022). “**Bases de Datos con información del año 2020 de la Cédula de Operación Integral (COI)**” proporcionada por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México. Proporcionada vía correo electrónico en febrero de 2022.
- SMAGEM (2022). “**Datos de generación y disposición de los residuos sólidos en rellenos sanitarios, sitios controlados y sitios no controlados**” Información proporcionada por la Dirección General de Manejo Integral de Residuos de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México. Proporcionada vía oficio con información 2020.
- SMAGEM (2022). Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero. Años base 2005, 2008, 2013, 2015, 2016, 2018) Tlalnepantla de Baz, Estado de México. (consulta: agosto-octubre 2022).

9.0. LIMITACIONES.



Las limitaciones para la elaboración del inventario de emisiones, fueron de manera general, el no contar con toda la información, pues debido a que, por la falta de datos de forma oportuna, no se puede contar con bases de datos actualizadas, lo que origina una limitante importante a la hora de estimar las emisiones para el año base. Otra limitante es que el año 2020 se presentó la crisis del COVID-19, motivo por el cual muchas instancias no actualizaron su información.

10.0. APÉNDICES.

A continuación, se muestran los diversos apéndices que apoyan al inventario.

APÉNDICE “A” LISTADO DE SIGLAS.

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra.
CAEM	Comisión del Agua del Estado de México.
CMAP	Clasificación Mexicana de Actividades y Productos.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
CNA	Comisión Nacional del Agua.
COA	Cédula de Operación Anual.
COI	Cédula de Operación Integral.
DGMIR	Dirección General de Manejo Integral de Residuos.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GIZ	Ministerio Federal de Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear de Alemania.
IEECC	Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático.
INEGYCEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.
IGECEM	Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México.
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
INDC	Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés).
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).
PEACC	Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático.
SEDEMA	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
SE	Secretaría de Economía.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SENER	Secretaría de Energía.

SIE	Sistema de Información Energética.
SMAGEM	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México.
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México.
ZMVST	Zona Metropolitana del Valle de Santiago Tianguistenco.
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

APÉNDICE “B”

LISTADO DE ACRÓNIMOS.



CO ₂ eq	Dióxido de Carbono Equivalente.
DA	Datos de Actividad.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FE	Factor de Emisión.
Gas LP	Gas Licuado de Petróleo
Gg	Gigagramos.
Gg de CO ₂ eq	Gigagramos de dióxido de carbono (CO ₂) equivalente.
NA	No Aplica
ND	No Determinado
NE	No Estimado
PCG	Potenciales de Calentamiento Global.
PIB	Producto Interno Bruto
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos

APÉNDICE “C”

LISTADO DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO.



CH ₄	Metano.
CN	Carbono Negro.
CO ₂	Dióxido de Carbono.
HFC	Hidrofluorocarbonos.
N ₂ O	Óxido nitroso.
PCF	Perfluorocarbono.
SF ₆	Hexafluoruro de Azufre.

APÉNDICE “D” UNIDADES DE EQUIVALENCIA.

Unidad		equivalencia	unidad
1 tonelada (Ton)	=	1,000	Kilogramos (kg)
1 Gigagramo (Gg)	=	1,000	Toneladas (ton)
1 metro cúbico (m ³)	=	1,000	Litros (lt)

Fuente: SI.

APÉNDICE “E” POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG).

Para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero en términos de Dióxido de Carbono Equivalente [CO_{2eq}], éstas se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG). Los potenciales de calentamiento Global (PCG) que se deben emplear son los siguientes: CO₂=1, CH₄=28 y N₂O =265, los cuales corresponden al quinto informe de evaluación del IPCC 2003. Debido a que el Estado de México se alinea a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ya que es la instancia que elabora los Inventarios Nacionales de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), el cual rige que para cuantificar las emisiones se deben utilizar las Directrices del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático en su edición 2006 (IPCC 2006), con la finalidad de cumplir con los estándares internacionales más actualizados, por lo que las entidades y los municipios deben emplear los mismos potenciales de calentamiento global que utiliza el Gobierno Federal.

Potenciales de Calentamiento Global (PCG) de los Gases de Efecto Invernadero.	
Gas de Efecto Invernadero	PCG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	28
Óxido Nitroso (N ₂ O)	265

Fuente: Quinto Informe de Evaluación del IPCC 2003.

11.0. AGRADECIMIENTOS.



La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC), presenta la actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con año base 2020 y agradece infinitamente a las siguientes instancias por su colaboración en la información proporcionada.

- ✚ Comisión del Agua del Estado de México (CAEM).
- ✚ Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- ✚ Comisión Nacional del Agua (CNA).
- ✚ Comisión Nacional de Eficiencia Energética (CONUEE).
- ✚ Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- ✚ Consejo Estatal de Población del Estado de México (COESPO).
- ✚ Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (DGPCCA).
- ✚ Dirección General de Protección Civil del Estado de México (DGPCEM).
- ✚ Dirección General de Manejo Integral de Residuos (DGMIR).
- ✚ Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM).
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- ✚ Petróleos Mexicanos (PEMEX).
- ✚ Reciclagua Ambiental.
- ✚ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- ✚ Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

- ✚ Secretaría de Energía (SENER).
- ✚ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- ✚ Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA).
- ✚ Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

"2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México".

ESTUDIO: "INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO 2020"

Elaboraron

Revisó

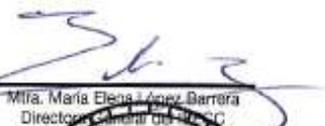
Validó

Autorizó


Ing. María del Carmen Mendoza
Pelcastre
Jefa del Departamento de Adaptación al
Cambio Climático del IEECC


Ing. María del Carmen Mendoza
Pelcastre
Jefa del Departamento de
Adaptación al Cambio Climático
del IEECC


Lic. María del Socorro López
Coyuca
Subdirectora de Planeación y
Crecimiento Verde del IEECC


Mtra. María Elena López Barrera
Directora General del IEECC


Lic. Francisco Pablo Escamilla Béz
Líder "A" de Proyecto del departamento
de Adaptación al Cambio Climático del
IEECC








Lic. Lucina Beatriz García Zamora
Analista "A"
Comisionada al Departamento de
Adaptación al Cambio de Climático.

Renuncia voluntaria el 30/11/2022
Lic. Janet Colin Plata
Jefa de Analistas del
Departamento de Adaptación al Cambio
Climático


Ing. Bibiana Valdez Avendaño
Líder "B" de Proyecto
Departamento de Mitigación al Cambio
Climático del IEECC


Teresa Mañón Flores
Secretaría "B" adscrita al IEECC

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
INSTITUTO ESTATAL DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO
DEPARTAMENTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO