

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

INSTITUTO ESTATAL DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Al margen Escudo del Estado de México y un logotipo que dice: IEECC Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático.

**CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA
ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE
EMISIONES
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
PARA EL SECTOR:
PROCESOS INDUSTRIALES**

DIRECTORIO

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:

Lic. Francisco Pablo Escamilla Báez
Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre

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 Teléfono: 55-53-66-82-63
<http://ieecc.edomex.gob.mx/>
Año de elaboración: 2020

CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA EL SECTOR: PROCESOS INDUSTRIALES

INTRODUCCIÓN

Los impactos del cambio climático en todos los ámbitos de la vida del planeta son ocasionados principalmente por la concentración creciente de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación infrarroja, y entre los cuales se **encuentran** el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro y no inflamable identificado en baja concentración en el aire que respiramos, generándose cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. Asimismo, se produce durante la respiración y la fermentación.

El metano (CH₄) es un gas incoloro e inflamable que se genera por una amplia variedad de procesos naturales y antropogénicos, incluyendo la descomposición de residuos sólidos, el tratamiento de aguas residuales y sus lodos, siendo el ganado y la energía, este gas posee la capacidad de atrapar 28 veces más calor que el dióxido de carbono (CO₂).

El óxido nitroso (N₂O) es un gas incoloro y no inflamable; el sector ganadero, por 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** que contribuye **con un potencial** de calentamiento equivalente a 265 veces mayor que el del CO₂.

Los **procesos industriales** son fundamentales en la satisfacción de las necesidades humanas, por lo que su continuidad resulta prioritaria para el hombre, como su denominación lo indica, son actividades que se llevan a cabo para **transformar materias primas** y convertirlas en diferentes clases de productos. <https://definicion.de/procesos-industriales/>

Para atender las necesidades de los 125 municipios de la Entidad en la identificación, y cuantificación de estos gases, los Criterios Técnicos para la elaboración del inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el sector: procesos industriales, serán una herramienta que facilitará el buen uso y aplicación de la metodología 2006, de las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), metodología ADOPTADA por el gobierno federal para la implementación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.

Este ejercicio técnico se realiza en observancia a las obligaciones y atribuciones establecidas en los artículos 10 fracciones IV y X y 29 de la Ley de Cambio Climático del Estado de México; 29 y 34 del Reglamento de la Ley de Cambio Climático del Estado de México y 15 fracción VI del Reglamento Interno del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático.

Fases de un proceso industrial:

Generalmente lo habitual es que se enumeren 5 fases.

Las etapas o fases de un proceso industrial pueden ser las siguientes:

- ✚ Contacto con la materia prima y manipulación de esta.
- ✚ Trabajos de acondicionamiento para transformar la materia prima.
- ✚ Proceso de transformación propiamente dicho con las técnicas correspondientes.
- ✚ Separación de la materia prima para convertirla en producto.
- ✚ Creación de los productos finales.

En la actualidad, existen diversos tipos de procesos.

Tipos de procesos:

- ✚ Operaciones continuas: Se refieren al momento en el que el proceso de transformación se realiza durante un periodo de tiempo concreto y siempre de manera continua. Aquí, la tecnología juega un papel muy importante. Este tipo de operaciones se utilizan, principalmente, en las industrias de la energía o química.

- ✚ Operaciones discontinuas: Son muy parecidas a las anteriores, aunque el proceso de transformación se realiza en un menor tiempo, ya que se cambia de producto con frecuencia y facilidad. La industria del papel o de los alimentos son las que suelen hacer uso en mayor medida de estas operaciones.
- ✚ Operaciones por lotes: Es el proceso más antiguo que existe, puesto que se lleva a cabo a través de una secuencia claramente definida. Lo que se hace, es mezclar la materia prima y posteriormente, transformarla en condiciones específicas. Se generan los productos en lotes y luego, se extraen de manera individual. La industria farmacéutica o la textil suelen utilizar estas operaciones.
- ✚ Operaciones discretas: Son aquellas que se llevan a cabo para crear un solo producto a la vez.

La figura 1 muestra diversos procesos industriales, en los cuales se elaboran diversos productos para satisfacer las necesidades de la población, pero que sin duda también contribuyen a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 1. Procesos Industriales



Fuente : IECC

Entre los gases de efecto invernadero que emiten las actividades provenientes de los procesos industriales, son el Dióxido de Carbono (CO₂), el Metano (CH₄), el Óxido Nitroso (N₂O), los Hidrofluorocarbonos (HFC), los Perfluorocarbonos (PFC) y el Hexafluoruro de Azufre (SF₆), con base a las directrices del IPCC, 2006).

En el Estado de México, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el Sector Procesos Industriales se estiman principalmente de la categoría de la industria de los minerales por la producción de cemento cal y otros minerales (material asfáltico para techos, pavimentación asfáltica y vidrio), así como el uso de caliza y dolomita, producción y utilización de carbonato de sodio.

En la Tabla 1 se muestra la estructura del Sector Procesos Industriales, metodología (IPCC 2006).

Tabla 1. Estructura del Sector Procesos Industriales.

SECTOR	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Procesos Industriales	(2A) Industria de los Minerales.	2A1 Producción de cemento
		2A2 Producción de cal
		2A3 Producción de vidrio
		2A4 Otros usos de carbonatos
		2A4a Cerámicas
		2A4b Otros usos de la ceniza de sosa
		2A4c Producción de magnesia no metalúrgica
		2A5 Otros

Procesos Industriales	(2B) Industria Química.	2B1 Producción de amoníaco
		2B2 Producción de ácido nítrico
		2B3 Producción de ácido adípico
		2B4 Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico
		2B5 Producción de carburo
		2B6 Producción de dióxido de titanio
		2B7 Producción de ceniza de sosa
		2B8 Producción petroquímica y negro de humo
		2B9 Producción fluoroquímica
		2B10 Otros
	(2C) Industria de los Metales.	2C1 Producción de hierro y acero
		2C2 Producción de ferroaleaciones
		2C3 Producción de aluminio
		2C4 Producción de magnesio
		2C5 Producción de plomo
		2C6 Producción de zinc
		2C7 Otros
	(2D) Uso de Productos no Energético 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	
	2G2 SF ₆ y PFC de otros usos de productos	
	2G3 N ₂ O de usos de productos	
	2G4 Otros	

Fuente IPCC 2006

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

DESARROLLO DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS

CAPÍTULO 1

1.1 LEGISLACIÓN

CAPÍTULO 2

2.1 DATOS DE ACTIVIDAD POR CATEGORÍA Y SUBCATEGORÍA

2.2 CATEGORÍA (2A) INDUSTRIA DE LOS MINERALES

2.3 CATEGORÍA (2B) INDUSTRIA QUÍMICA

2.4 CATEGORÍA (2C) INDUSTRIA DE LOS METALES

2.5 CATEGORÍA (2D) USO DE PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y DE SOLVENTE

2.6 CATEGORÍA (2E) INDUSTRIA ELECTRÓNICA

2.7 CATEGORÍA (2F) USO DE PRODUCTOS SUSTITUTOS DE LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO

2.8 CATEGORÍA (2G) MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS

CAPÍTULO 3

3.1 FACTORES DE EMISIÓN

3.2 CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR CATEGORÍA Y SUBCATEGORÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÉNDICES

APÉNDICE “A” LISTADO DE SIGLAS

APÉNDICE “B” LISTADO DE ACRÓNIMOS

APÉNDICE “C” LISTADO DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO

APÉNDICE “D” UNIDADES DE EQUIVALENCIA

APÉNDICE “E” POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura del Sector Procesos Industriales

Tabla 2. Legislación Federal

Tabla 3. Legislación Estatal

Tabla 4. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Producción del Cemento

Tabla 5. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Producción de Cal

Tabla 6. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Producción de Vidrio

Tabla 7. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Otros Usos de Carbonatos

Tabla 8. Factores de Emisión para la Categoría Industria Química

Tabla 9. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Metales

Tabla 10. Factores para la Categoría Uso de Productos No Energéticos de Combustibles y de Solvente

Tabla 11. Factores de Emisión para la Categoría Industria Electrónica

Tabla 12. Factores de Emisión para la Categoría Uso de Productos Sustitutos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono

Tabla 13. Factores de Emisión para la Categoría Manufactura y Utilización de Otros Productos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos Industriales

Figura 2. Cementera en el Municipio de Apaxco

Figura 3. Imagen de Clíinker

Figura 4. Producción de Cal

Figura 5. Imagen de Cullet de Vidrio

Figura 6. Producción de Cerámica

Figura 7. Producción de Plomo

Figura 8. Lubricantes

DESARROLLO DE CRITERIOS TÉCNICOS

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC) generó los presentes Criterios Técnicos, con el objetivo de contribuir en las

actividades de los servidores públicos municipales responsables de la elaboración del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, para el sector: Procesos Industriales.

Con base al artículo 8 fracción XII de la Ley General de Cambio Climático

Corresponde a las entidades federativas las siguientes atribuciones:

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.

Con base al artículo 8 fracción XIII de la Ley de Cambio Climático del Estado de México

Corresponde a los Ayuntamientos el ejercicio de las atribuciones siguientes:

Elaborar e integrar la información de las categorías de fuentes emisoras de su jurisdicción, para su incorporación al Inventario.

El sector Procesos Industriales se localizan comprende las siguientes categorías:

- ✦ (2A) Industria de los Minerales.
- ✦ (2B) Industria Química.
- ✦ (2C) Industria de los Metales.
- ✦ (2D) Uso de Productos no Energético de combustibles y de solvente.
- ✦ (2E) Industria Electrónica.
- ✦ (2F) Uso de Productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.
- ✦ (2G) Manufactura y utilización de otros productos.

CAPÍTULO 1

1.1 LEGISLACIÓN

Preceptos legales de los ordenamientos en materia de cambio climático de orden federal y local, los cuales sustentan la fundamentación de los criterios técnicos para la elaboración del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el sector: procesos industriales.

Tabla 2. Legislación Federal

LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	
Artículo 1	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 de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.
Artículo 2	<p>Esta ley tiene por objeto:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. 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; II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el Sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2° de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma; III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;

	<p>V. Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;</p> <p>VI. Establecer las bases para la concertación con la sociedad;</p> <p>VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y</p> <p>VIII. Establecer las bases para que México contribuya al acuerdo al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.</p>
Artículo 5	La federación, las entidades federativas y los municipios ejercerán sus atribuciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta ley y en los demás ordenamientos legales aplicables.
Artículo 6	Las atribuciones que la presente ley otorga a la federación serán ejercidas por el Poder Ejecutivo federal a través de las dependencias y entidades que integran la administración pública federal centralizada y paraestatal, de conformidad con las facultades que les confiere esta ley, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y demás disposiciones jurídicas aplicables.
Artículo 8	<p>Corresponde a las entidades federativas las siguientes atribuciones:</p> <p>I. Formular, conducir y evaluar la política de la entidad federativa en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional,</p> <p>II. Formular, regular, dirigir e instrumentar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, de acuerdo con la Estrategia Nacional y el Programa en las materias siguientes:</p> <p>a) Preservación, restauración, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y recursos hídricos de su competencia;</p> <p>b) Seguridad alimentaria;</p> <p>c) Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y acuicultura;</p> <p>d) Educación;</p> <p>e) Infraestructura y transporte eficiente y sustentable;</p> <p>f) Ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano de los centros de población en coordinación con sus municipios o delegaciones;</p> <p>g) Recursos naturales y protección al ambiente dentro de su competencia;</p> <p>h) Residuos de manejo especial;</p> <p>i) Protección civil, y</p> <p>j) Prevención y atención de enfermedades derivadas de los efectos del cambio climático;</p> <p>III. Incorporar en sus instrumentos de política ambiental, criterios de mitigación y adaptación al cambio climático;</p> <p>IV. Elaborar e instrumentar su programa en materia de cambio climático, promoviendo la participación social, escuchando y atendiendo a los sectores público, privado y sociedad en general;</p> <p>V. Establecer criterios y procedimientos para evaluar y vigilar el cumplimiento del programa estatal en la materia y establecer metas e indicadores de efectividad e impacto de las acciones de mitigación y adaptación que implementen;</p> <p>VI. Gestionar y administrar fondos locales para apoyar e implementar acciones en la materia;</p> <p>VII. Celebrar convenios de coordinación con la federación, entidades federativas y los municipios, para la implementación de acciones para la mitigación y adaptación;</p> <p>VIII. Fomentar la investigación científica y tecnológica, el desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías, equipos y procesos para la mitigación y adaptación al cambio climático;</p> <p>IX. Desarrollar estrategias, programas y proyectos integrales de mitigación de emisiones de</p>

<p>Artículo 8</p>	<p>gases de efecto invernadero para impulsar el transporte eficiente y sustentable, público y privado;</p> <p>X. Realizar campañas de educación e información para sensibilizar a la población sobre los efectos adversos del cambio climático;</p> <p>XI. Promover la participación corresponsable de la sociedad en la adaptación y mitigación, de conformidad con lo dispuesto en las leyes locales aplicables;</p> <p>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;</p> <p>XIII. Elaborar, publicar y actualizar el atlas estatal de riesgo, en coordinación con sus municipios o delegaciones, conforme a los criterios emitidos por la federación;</p> <p>XIV. Establecer las bases e instrumentos para promover el fortalecimiento de capacidades institucionales y sectoriales para enfrentar el cambio climático;</p> <p>XV. Diseñar y promover el establecimiento y aplicación de incentivos que promuevan la ejecución de acciones para el cumplimiento del objeto de la ley;</p> <p>XVI. Convenir con los sectores social y privado la realización de acciones e inversiones concertadas hacia el cumplimiento de su programa;</p> <p>XVII. Gestionar y administrar fondos estatales para apoyar e implementar las acciones en la materia;</p> <p>XVIII. Vigilar, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento de esta ley y los demás ordenamientos que de ella se deriven, así como sancionar su incumplimiento, y</p> <p>XIX. Las demás que les señalen esta ley y otras disposiciones jurídicas aplicables</p>
<p>Artículo 9</p>	<p>Corresponde a los municipios, las siguientes atribuciones:</p> <p>I. Formular, conducir y evaluar la política municipal en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional y estatal;</p> <p>II. Formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar al cambio climático en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional, el Programa, el Programa estatal en materia de Cambio Climático y con las leyes aplicables, en las siguientes materias:</p> <p>a) Prestación del servicio de agua potable y saneamiento;</p> <p>b) Ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano;</p> <p>c) Recursos naturales y protección al ambiente de su competencia;</p> <p>d) Protección civil;</p> <p>e) Manejo de residuos sólidos municipales;</p> <p>f) Transporte público de pasajeros eficiente y sustentable en su ámbito jurisdiccional;</p> <p>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;</p> <p>IV. Desarrollar estrategias, programas y proyectos integrales de mitigación al cambio climático para impulsar el transporte eficiente y sustentable, público y privado;</p> <p>V. Realizar campañas de educación e información, en coordinación con el gobierno estatal y federal, para sensibilizar a la población sobre los efectos adversos del cambio climático;</p> <p>VI. Promover el fortalecimiento de capacidades institucionales y sectoriales para la mitigación y adaptación;</p> <p>VII. Participar en el diseño y aplicación de incentivos que promuevan acciones para el cumplimiento del objeto de la presente ley;</p> <p>VIII. Coadyuvar con las autoridades federales y estatales en la instrumentación de la Estrategia Nacional, el programa y el programa Estatal en la materia;</p> <p>IX. Gestionar y administrar recursos para ejecutar acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático;</p>

Artículo 9	<p>X. Elaborar e integrar, en colaboración con el INECC, la información de las categorías de Fuentes Emisoras que se originan en su territorio, para su incorporación al Inventario Nacional de Emisiones, conforme a los criterios e indicadores elaborados por la federación en la materia;</p> <p>XI. Vigilar y promover, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento de esta ley, sus disposiciones reglamentarias y los demás ordenamientos que deriven de ella, y</p> <p>XII. Las demás que señale esta ley y las disposiciones jurídicas aplicables.</p> <p>Los municipios, con acuerdo de sus ayuntamientos podrán coordinarse y/o asociarse para una eficiente implementación de las disposiciones previstas en este artículo.</p>
-------------------	--

Tabla 3. Legislación Estatal

LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL ESTADO DE MÉXICO	
Artículo 8	<p>Corresponde a los Ayuntamientos el ejercicio de las atribuciones siguientes:</p> <p>XIII. Elaborar e integrar la información de las categorías de fuentes emisoras de su jurisdicción, para su incorporación al Inventario;</p>
Artículo 10	<p>El instituto es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonios 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:</p> <p>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;</p> <p>IV. Promover y difundir criterios, metodologías y tecnologías en materia de cambio climático, eficiencia energética y energías renovables;</p> <p>XI. Apoyar a los ayuntamientos en la realización de campañas de educación e información sobre los efectos adversos del cambio climático, así como en el desarrollo de investigación científica y tecnológica relacionados con el cambio climático, la eficiencia energética y las energías renovables;</p>
Artículo 27	<p>El inventario es el instrumento que contiene la estimación de las emisiones antropógenas 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.</p>
Artículo 28	<p>Para la estimación de las emisiones del Inventario, la Secretaría, con el apoyo del Instituto y de los Ayuntamientos, obtendrá la información de las fuentes de competencia federal, estatal y municipal que se ubican dentro del territorio del Estado de México, de establecimientos o instalaciones, públicas o privadas, y de fuentes móviles, fijas o semifijas, ordenadas en los siguientes sectores:</p> <p>ii. Procesos Industriales: La industria minera, química, metálica, electrónica, de papel y alimentaria;</p>
Artículo 29	<p>La Secretaría entregará al INECC los datos, documentos y registros relativos a las emisiones antropógenas generadas por las fuentes de competencia federal, estatal y municipal, así como la información relativa a la absorción por los sumideros, que se ubican dentro del territorio del Estado de México, para su inclusión en el Inventario Nacional, atendiendo a los formatos, metodologías y procedimientos emitidos por el Gobierno Federal, de conformidad con la Ley General.</p> <p>Asimismo, apoyará a los Ayuntamientos que lo soliciten en la integración de la información de las fuentes emisoras de su jurisdicción, para su inclusión en el Inventario, de conformidad con los formatos, metodologías y procedimientos que resulten aplicables.</p>

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.

Artículo 34

La Secretaría apoyará a los ayuntamientos que lo soliciten, en la integración de la información de las categorías de fuentes emisoras de su jurisdicción, para su incorporación al Inventario. Para tal efecto emitirá los formatos, metodologías y procedimientos que faciliten la integración de la información correspondiente y brindará la orientación y asistencia técnica que le soliciten.

REGLAMENTO INTERNO DEL INSTITUTO ESTATAL DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO**Artículo 15**

Corresponde a la Subdirección de Adaptación y Crecimiento Verde:

VI. Apoyar y promover con los Municipios el desarrollo de mecanismos para la implementación y difusión de metodologías y tecnologías relacionadas con el cambio climático, la eficiencia energética y las energías renovables; ...

MANUAL GENERAL DE ORGANIZACIÓN DEL INSTITUTO ESTATAL DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

VII. OBJETIVO Y FUNCIONES POR UNIDAD ADMINISTRATIVA. ...

... SUBDIRECCIÓN DE ADAPTACIÓN Y CRECIMIENTO VERDE.

OBJETIVO: Promover, desarrollar, ejecutar estudios y proyectos de investigación científica y tecnológica, así como asesorar a los diferentes sectores del Estado de México, en materia de adaptación y vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante esquemas de crecimiento verde, eficiencia energética y energías renovables.

FUNCIONES:

...- Brindar asesoría técnica y científica a los servidores públicos del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático para la elaboración, evaluación y actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEEGEI).

- Coadyuvar en la obtención de la información de las fuentes de competencia federal, estatal y municipal que se ubican entro del territorio del Estado de México de establecimientos o instalaciones, públicas o privadas y de fuentes móviles, fijas, de área y biogénicas.

- Coordinar la asesoría a las autoridades municipales competentes en la elaboración de sus inventarios de emisiones, así como sus programas de acción climática.

...DEPARTAMENTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

OBJETIVO: Dotar a la Subdirección de elementos relacionados con la vulnerabilidad y el riesgo del Estado ante los efectos del cambio climático, para adaptarse adecuadamente ante los mismos, y con ello facilitar una mejor toma de decisiones en la materia.

FUNCIONES: ...

...- Aplicar las metodologías avaladas internacionalmente para realizar los inventarios de gases criterio en la entidad. ...

- Recopilar información de las fuentes de competencia federal, estatal y municipal que se ubican dentro del territorio del Estado de México, de establecimientos o instalaciones, públicas o privadas, y de fuentes móviles, fijas, de área y biogénicas, para la realización de los inventarios estatales de gases de efecto invernadero y de gases criterio.

- Elaborar y mantener actualizado el Inventario de Gases de Efecto Invernadero y Gases criterio para las distintas fuentes de emisión, así como evaluar y clasificar la cantidad de emisiones que producen y liberan.

- Proporcionar asesoría técnica a los servidores públicos municipales sobre la elaboración de inventarios de emisiones y programas de acción climática.

CAPÍTULO 2

En el capítulo 2 se **describen** las categorías y subcategorías que componen el sector procesos industriales, así mismo se establecen cuáles son los datos de actividad que se requieren recopilar para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero.

2.1 DATOS DE ACTIVIDAD POR CATEGORÍA Y SUBCATEGORÍA

Categorías del que comprenden este sector procesos industriales:

- ✚ (2A) Industria de los Minerales.
- ✚ (2B) Industria Química.
- ✚ (2C) Industria de los Metales.
- ✚ (2D) Uso de Productos no Energético de combustibles y de solvente.
- ✚ (2E) Industria Electrónica.
- ✚ (2F) Uso de Productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.
- ✚ (2G) Manufactura y utilización de otros productos.

Los datos de actividad se refieren a la cantidad de insumos consumidos según la categoría y subcategoría del sector a evaluar, para el sector procesos industriales se refiere en específico a la producción.

2.2 Categoría (2A) Industria de los Minerales

En esta categoría se delimitan las metodologías para estimar las emisiones de dióxido de carbono (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 que comprenden esta categoría son las siguientes:

- ✚ 2A1 Producción de cemento
- ✚ 2A2 Producción de cal
- ✚ 2A3 Producción de vidrio
- ✚ 2A4 Otros usos de carbonatos
 - ✚ 2A4a Cerámicas
 - ✚ 2A4b Otros usos de la ceniza de sosa
 - ✚ 2A4c Producción de magnesita no metalúrgica
- ✚ 2A5 Otros.

Bajo este contexto, para esta subcategoría, las actividades principales de las fuentes de emisión estatales incluyen:

- Industrias dedicadas a la producción de cemento, cal y vidrio.

El uso de piedra caliza, dolomita, magnesita, siderita, ankerita, rodocrosita y carbonato sódico

Figura 2. Cementera en el Municipio de Apaxco



2.3 Categoría (2B) Industria Química

Dentro de la categoría Industria Química, se integran todas las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de la producción de diversos productos químicos inorgánicos y orgánicos, para los cuales la experiencia de

varios países ha confirmado que contribuyen significativamente a los niveles de emisión de gases de efecto invernadero. En el Estado de México, la mayor parte de la actividad química que se indica en el IPCC 2006 no se lleva a cabo:

- ✚ 2B1 Producción de amoníaco
- ✚ 2B2 Producción de ácido nítrico
- ✚ 2B3 Producción de ácido adípico
- ✚ 2B4 Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico
- ✚ 2B5 Producción de carburo
- ✚ 2B6 Producción de dióxido de titanio
- ✚ 2B7 Producción de ceniza de sosa
- ✚ 2B8 Producción petroquímica y negro de humo
- ✚ 2B9 Producción fluoroquímica
- ✚ 2B10 Otros

2.4 Categoría (2C) Industria de los Metales

Esta categoría estima las emisiones procedentes de la producción de hierro y acero (2C1), de ferroaleaciones (2C2), la fabricación de aluminio primario (2C3), y el uso de hexafluoruro de azufre en la fabricación de magnesio y aluminio (2C4). Sin embargo, la mayor parte de esta actividad no se lleva a cabo en la Entidad. Con base en el Anuario Estadístico de la Minería 2018; Edición 2019 de la Secretaría de Economía, solo se producen Plomo y Zinc.

Bajo este contexto, las actividades principales de las fuentes de emisión estatales para esta subcategoría incluyen:

- ✚ 2C1 Producción de hierro y acero
- ✚ 2C2 Producción de ferroaleaciones
- ✚ 2C3 Producción de aluminio
- ✚ 2C4 Producción de magnesio
- ✚ 2C5 Producción de plomo
- ✚ 2C6 Producción de zinc
- ✚ 2C7 Otros

2.5 Categoría (2D) Uso de Productos No Energéticos de combustibles y de solvente.

Esta categoría estima las emisiones procedentes de 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.

Los productos considerados aquí, incluyen lubricantes, ceras de parafina, alquitrán y/o asfalto y solventes. Las emisiones provenientes de usos ulteriores o de la eliminación de los productos después del primer uso (es decir, la combustión de óleos de desecho tales como los lubricantes usados) deben estimarse y declararse en el Sector Desechos cuando son incinerados, o en el Sector Energía cuando hay recuperación de energía.

- ✚ 2D1 Uso de lubricantes
- ✚ 2D2 Uso de la cera de parafina
- ✚ 2D3 Uso de solventes
- ✚ 2D4 Otros

2.6 Categoría (2E) Industria Electrónica

- ✚ 2E1 Circuito integrado o semiconductores
- ✚ 2E2 Pantalla Plana tipo TFT
- ✚ 2E3 Células fotovoltaicas
- ✚ 2E4 Fluido de transferencia térmica
- ✚ 2E5 Otros

2.7 Categoría (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

2.8 Categoría (2G) Manufactura y utilización de otros productos

- + 2G1 Equipos eléctricos
- + 2G2 SF₆ y PCF de otros usos de productos
- + 2G3 N₂O de usos de productos
- + 2G4 Otros

CAPÍTULO 3

3.1 FACTORES DE EMISIÓN

Las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero, establecen una metodología de estimación de emisiones para producción de cemento, cal, vidrio y **otros** usos de carbonatos en los procesos (cerámicas, **otros** usos de la ceniza de sosa, producción de magnesita no metalúrgica, y **otros**).

Un factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y un dato de actividad. Los datos de actividad en el caso de procesos industriales incluyen principalmente niveles de producción o consumo de materia prima. Para el sector Procesos Industriales, el IPCC 2006 incluye las emisiones de gases de efecto invernadero como el “Dióxido de carbono (CO₂), excluyendo el metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)”.

Factores de emisión para la Categoría (2A) Industria de los Minerales

Para la subcategoría producción de cemento, los factores de emisión que se deben emplear para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero Dióxido de carbono (CO₂), se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Producción del Cemento

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria de los minerales SUBCATEGORÍA Producción del cemento	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2A1	Cemento (Clínker)	0.52

Fuente: IPCC, 2006

Para la subcategoría producción de cal, los factores de emisión que se deben emplear para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero Dióxido de carbono (CO₂), se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Producción de Cal

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria de los minerales SUBCATEGORÍA Producción de cal	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2A2	Cal con calcio	0.75
	Cal hidráulica	0.59
	Cal de dolomita	0.77

Fuente: IPCC, 2006

Para la subcategoría Producción de vidrio, los factores de emisión que se deben emplear para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero Dióxido de carbono (CO₂), se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Producción de Vidrio

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria de los minerales SUBCATEGORÍA Producción de vidrio	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2A3	Vidrio	0.21

Fuente: IPCC, 2006

Para la subcategoría Otros usos de carbonatos, los factores de emisión, que se deben emplear para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero Dióxido de carbono (CO₂), se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Minerales, Subcategoría Otros Usos de Carbonatos

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria de los minerales SUBCATEGORÍAS Otros usos de carbonatos	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2A4	Caliza	0.43971
	Magnesita	0.52197
	Dolomita	0.47732
	Siderita	0.37987
	Ankerita	0.44197
	Rodocrosita	0.38286
	Carbonato sódico	0.41492

Fuente: IPCC, 2006

Factores de emisión para la Categoría (2B) Industria Química

Las actividades previstas en la categoría industria química no se realizan en el Estado de México, tal como se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Factores de Emisión para la Categoría Industria Química

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria química	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2B	2B1 Producción de amoníaco	NA
	2B2 Producción de ácido nítrico	NA
	2B3 Producción de ácido adipico	NA
	2B4 Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NA
	2B5 Producción de carburo	NA
	2B6 Producción de dióxido de titanio	NA
	2B7 Producción de ceniza de sosa	NA
	2B8 Producción petroquímica y negro de humo	NA
	2B9 Producción fluoroquímica	NA

NA= No Aplica debido a que en el Estado de México no se lleva a cabo esta actividad

Fuente: IPCC, 2006

Factores de emisión para la Categoría (2C) Industria de los Metales

En la categoría industria de los metales, los factores de emisión que se deben emplear para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, se muestran en la tabla 9. Es importante mencionar que no se colocaron todos los

factores de emisión, debido a que no aplica en algunos casos, ya que **no se realizan todas las actividades en el Estado de México.**

Tabla 9. Factores de Emisión para la Categoría Industria de los Metales

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria de los metales	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2C	2C1 Producción de hierro y acero	NA
	2C2 Producción de ferroleaciones	NA
	2C3 Producción de aluminio	NA
	2C4 Producción de magnesio	NA
	2C5 Producción de plomo	0.52
	2C6 Producción de zinc	1.72

NA= No Aplica debido a que en el Estado de México no se lleva a cabo esta actividad

Fuente: IPCC, 2006

Factores para la Categoría (2D) Uso de Productos No Energéticos de combustibles y de solvente.

La categoría Uso de Productos No Energéticos de combustibles y de solvente, aplica los factores para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero establecidos en la tabla 10. Es importante mencionar que, no se colocaron todos los factores, debido a que no aplica, **porque no se realizan todas las actividades en el Estado de México.**

Tabla 10. Factores para la Categoría Uso de Productos No Energéticos de Combustibles y de Solvente

Clave IPCC	CATEGORÍA Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Factor ODU
2D	2D1 Uso de lubricantes	
	2D1.1 Aceite lubricante	0.2
	2D1.2 Grasa	0.05
	2D1.3 Defecto	0.2
	2D2 Uso de la cera de parafina	0.2
	2D3 Uso de solventes	NA

NA= No Aplica debido a que en el Estado de México no se lleva a cabo esta actividad

Fuente: IPCC, 2006

Factores de emisión para la Categoría (2E) Industria Electrónica

Para la categoría Industria Electrónica, esta actividad no se realiza en el Estado de México, por lo cual, no se colocaron los factores de emisión para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que no aplica, tal como se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Factores de Emisión para la Categoría Industria Electrónica

Clave IPCC	CATEGORÍA Industria electrónica	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
2E	2E1 Circuitos integrados o semiconductores	NA
	2E2 Pantalla plana tipo TFT	NA
	2E3 Células fotovoltaicas	NA
	2E4 Fluido de transferencia térmica	NA

NA= No Aplica debido a que en el Estado de México no se lleva a cabo esta actividad

Fuente: IPCC, 2006

Factores de emisión para la Categoría (2F) Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.

La categoría Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, incluye actividades que no se realizan en el Estado de México, por lo cual, no se colocaron los factores de emisión para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que no aplica, tal como se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Factores de Emisión para la Categoría Uso de Productos Sustitutos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono

Clave IPCC	CATEGORÍA	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	
2F	2F1 Refrigeración y aire acondicionado	NA
	2F2 Agentes espumantes	NA
	2F3 Protección contra incendios	NA
	2F4 Aerosoles	NA
	2F5 Solventes	NA

NA= No Aplica debido a que en el Estado de México no se lleva a cabo esta actividad
 Fuente: IPCC, 2006

Factores de emisión para la Categoría (2G) Manufactura y utilización de otros productos.

Para la categoría Manufactura y utilización de otros productos, esta actividad no se realiza en el Estado de México, por lo cual, no se colocaron los factores de emisión para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que no aplica, tal como se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Factores de Emisión para la Categoría Manufactura y Utilización de Otros Productos

Clave IPCC	CATEGORÍA	Factor de emisión por defecto para el CO ₂ [Ton/Ton]
	Manufactura y utilización de otros productos	
2G	2G1 Equipos eléctricos	NA
	2G2 SF ₆ y PFC de otros usos de productos	NA
	2G3 N ₂ O de usos de productos	NA

NA= No Aplica debido a que en el Estado de México no se lleva a cabo esta actividad
 Fuente: IPCC, 2006

3.2 CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR CATEGORÍA Y SUBCATEGORÍA

En el presente apartado se muestran ejemplos para obtener las emisiones por tipo de gas de efecto invernadero por categoría y subcategoría.

Por lo que para determinar las emisiones por tipo de gas de efecto invernadero (GEI), que este sector corresponde a Dióxido de carbono (CO₂), se emplea la ecuación 1:

$$E_{GEI} = DA * FE_{GEI,x} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- E_{GEI, x} = Emisiones de GEI (CO₂), [Gg de gas de efecto invernadero emitido/año]
- DA = Dato de actividad [Ton/año]
- FE_{GEI, x} = Factor de emisión por defecto de Gas de efecto invernadero (GEI) en [Ton de gas de efecto invernadero/año]

Así mismo para calcular las emisiones en términos de CO₂ equivalente [CO_{2eq}], se utilizará la ecuación 2

$$E_{CO2eq} = E_{GEI} * PCG_{GEI} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- E_{CO_{2eq}} = Emisiones de CO₂ equivalente [Gg/año]

$E_{GEI, x}$ = Emisiones de GEI (CO₂), [Gg de gas de efecto invernadero emitido/año]

PCG_{GEI} = Potenciales de Calentamiento Global del gas de efecto invernadero (CO₂)

Nota: Los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) que se emplean corresponde al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, los cuales se muestran en el Apéndice C del presente documento.

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2A) Industria de los Minerales

Ejemplo 1: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la categoría industria de los minerales, subcategoría producción de cemento (clínker)

Figura 3. Imagen de Clínker



Los Datos de Actividad (DA) se obtienen a partir de:

- Toneladas anuales de cemento Portland producidas (Mci)
- Estimación de la producción de clínker a través de los datos de producción de cemento (Ccli)

La estimación de CO₂ se lleva a cabo para Clínker y no Producción Total, por lo que de acuerdo con el IPCC 2006, si no se tiene más información sobre éste, se considera una buena práctica utilizar un valor por defecto de 0.65 de la producción de cemento.

Las Importaciones (Im) y Exportaciones (Ex) se consideran igual a 0, excepto que se cuente con la información correspondiente.

DATOS

Mci= 3,309,741 Ton/año

Ccli= 0.65

FE=0.52 Ton. CO₂/Toneladas Clínker

PCG_{CO2}= 1

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

$$DA = Mci * Ccli - (Im + Ex)$$

DA = (3,309,741) * (0.65) - 0 = **2,151,331.39 Toneladas**

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la ecuación 1

$$E_{GEI} = DA * FE_{GEI, x}$$

$$Emisión\ de\ CO_2 \left(\frac{Gg}{año} \right) = 2,151,331.39 \frac{Tclinker}{año} * 0.52 \frac{Ton}{Tclinker} * \frac{1Gg}{1000\ Ton} = 1,118.69 \frac{Gg}{año}$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{CO_2eq} = E_{CO_2} * PCG_{CO_2}$$

$$Emisión\ de\ CO_2eq\ \left(\frac{Gg}{año}\right) = 1,118.69\ \left(\frac{Gg}{año}\right) * 1 = 1,118.69\ \frac{Gg}{año}$$

Ejemplo 2: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la categoría industria de los minerales, subcategoría producción de cal.

Figura 4. Producción de Cal



Para obtener los Datos de Actividad (DA) se requiere lo siguiente:

- Toneladas anuales de cal producida ya sea hidratada, con dolomita, con calcio (Mc)
- Factor de emisión por tipo de cal. En caso de no tener información del tipo de cal, el FE que se considera por defecto: FEdefecto = 0.75 ton CO₂ / ton cal producida.

DATOS

Mc= 418,071Toneladas de cal con calcio al año

FE= 0.75 Ton de CO₂/Toneladas cal producida

PCG_{CO2}= 1

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

$$DA=Mc$$

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la ecuación 1

$$E_{GEI} = DA * FE_{GEI,x}$$

$$Emisión\ de\ CO_2\ \left(\frac{Gg}{año}\right) = 418,071\ \frac{Tcal}{año} * 0.75\ \frac{Ton}{Tcal} * \frac{1Gg}{1000\ Ton} = 313.55\ \frac{Gg}{año}$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{CO_2eq} = E_{CO_2} * PCG_{CO_2}$$

$$Emisión\ de\ CO_2eq\ \left(\frac{Gg}{año}\right) = 313.55\ \left(\frac{Gg}{año}\right) * 1 = 313.55\ \frac{Gg}{año}$$

Ejemplo 3: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la categoría industria de los minerales, subcategoría producción de vidrio.

Figura 5. Imagen de Cullet de Vidrio



Para obtener los Datos de Actividad (DA) se requiere lo siguiente:

- Toneladas anuales de vidrio producido (Mvi)
- Proporción de cullet (CR), el promedio anual de proporción de cullet es de 0.5

DATOS

Mvi= 192,831.9 toneladas de vidrio producidas al año

FE=0.21 Ton de CO₂ / ton de vidrio.

PCG_{CO2}= 1

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

$$DA=Mvi$$

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la siguiente ecuación

$$E_{GEI} = DA * FE_{GEI,x} * (1 - CR)$$

$$Emisión\ de\ CO_2 \left(\frac{Gg}{año} \right) = 192,831.9 \frac{Ton}{año} * 0.21 \frac{Ton}{Ton} * (1 - 0.5) * \frac{1Gg}{1000\ Ton} = 20.24 \left(\frac{Gg}{año} \right)$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{CO2eq} = E_{CO2} * PCG_{CO2}$$

$$Emisión\ de\ CO_{2eq} \left(\frac{Gg}{año} \right) = 20.24 \left(\frac{Gg}{año} \right) * 1 = 20.24 \frac{Gg}{año}$$

Ejemplo 4: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la subcategoría industria de los minerales, subcategoría otros usos de carbonatos.

Figura 6. Producción de Cerámica



Para obtener los Datos de Actividad (DA) se requiere lo siguiente:

- Toneladas anuales de carbonato consumido (Mcc) ya sea carbonato sódico, piedra caliza o dolomita.

DATOS

Mcc= 310,971.52 toneladas anuales de piedra caliza

FEcaliza = 0.43971 ton de CO₂ / ton de caliza

PCG_{CO2}= 1

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

DA=Mcc

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la ecuación 1

$$E_{GEI} = DA * FE_{GEI,x}$$

$$Emisión\ de\ CO_2 \left(\frac{Gg}{año} \right) = 310,971.52 \frac{Ton}{año} * 0.43971 \frac{Ton}{Ton} * \frac{1Gg}{1000\ Ton} = 136.73 \frac{Gg}{año}$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{CO2eq} = E_{CO2} * PCG_{CO2}$$

$$Emisión\ de\ CO_{2eq} \left(\frac{Gg}{año} \right) = 136.73 \left(\frac{Gg}{año} \right) * 1 = 136.73 \frac{Gg}{año}$$

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2B) Industria Química

Debido a que esta actividad no se realiza en el Estado de México, no se calculan las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que no aplica.

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2C) Industria de los Metales

Ejemplo 5: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la categoría industria de los metales, subcategoría producción de plomo.

Figura 7. Producción de Plomo



Para obtener el Dato de Actividad (DA) se requiere lo siguiente:

- Toneladas anuales de plomo producido (S) a partir de materiales secundarios, toneladas

DATOS

S=7,444 toneladas anuales de plomo producido
 FE = 0.52 ton de CO₂ / ton de plomo producido
 PCG_{CO2}= 1

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

DA=S

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la ecuación 1

$$E_{GEI} = DA * FE_{GEI,x}$$

$$Emisión\ de\ CO_2 \left(\frac{Gg}{año} \right) = 7,444 \frac{Ton}{año} * 0.52 \frac{Ton}{Ton} * \frac{1Gg}{1000\ Ton} = 3.87 \frac{Gg}{año}$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{CO2eq} = E_{CO2} * PCG_{CO2}$$

$$Emisión\ de\ CO_{2eq} \left(\frac{Gg}{año} \right) = 3.87 \left(\frac{Gg}{año} \right) * 1 = 3.87 \frac{Gg}{año}$$

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2D) Uso de Productos No Energéticos de combustibles y de solvente.

Ejemplo 6: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la categoría Uso de Productos No Energéticos de combustibles y de solvente, subcategoría uso de lubricantes.

Figura 8. Lubricantes



Para obtener el Dato de Actividad (DA) se requiere lo siguiente:

- Terajoules (TJ) de aceite lubricante consumido anualmente (Mcl)
- Factor ODU: Factor que representa la fracción de carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso, (ODU, por sus siglas en inglés), el ODU por defecto= 0.2 para aceite lubricante.
- CC: Contenido específico de carbono del combustible, el contenido de carbono por defecto= 20 Ton de C/TJ

DATOS

Mcl 279.41 TJ/año de aceite lubricante consumido
 Factor ODU = 0.2
 CC=20 Ton de C/TJ
 Cociente de masa del CO₂/C = 44/12
 PCG_{CO2} = 1

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

$$DA = Mcl$$

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la ecuación:

$$E_{GEI} = DA * CC * \text{Factor ODU} * 44/12$$

$$\text{Emisión de CO}_2 \left(\frac{Gg}{año} \right) = 279.41 \frac{TJ}{año} * 20 \frac{Ton}{TJ} * 0.2 * \frac{44}{12} * \frac{1Gg}{1000 Ton} = 4.098 \frac{Gg}{año}$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{CO2eq} = E_{CO2} * PCG_{CO2}$$

$$\text{Emisión de CO}_{2eq} \left(\frac{Gg}{año} \right) = 4.098 \left(\frac{Gg}{año} \right) * 1 = 4.098 \frac{Gg}{año}$$

Ejemplo 7: Calcular las emisiones de CO₂ y CO_{2eq} para la categoría Uso de Productos No Energéticos de combustibles y de solvente, subcategoría uso de grasas.

Para obtener el Dato de Actividad (DA) se requiere lo siguiente:

- Terajoules (TJ) de grasa lubricante consumida anualmente (Mcg)
- Factor ODU: Factor que representa la fracción de carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso, (ODU, por sus siglas en inglés), el ODU por defecto= 0.05 para grasa.
- CC: Contenido específico de carbono del combustible, el contenido de carbono por defecto= 20 Ton de C/TJ

DATOS

Mcg= 67.3 TJ/año de grasa lubricante consumido
 Factor ODU = 0.05
 CC=20 Ton de C/TJ
 Cociente de masa del CO₂/C = 44/12
 PCG_{CO2} = 1

Para obtener el dato de Actividad (DA) se emplea la siguiente fórmula:

$$DA = Mcg$$

Para obtener la emisión de CO₂, sustituimos los valores en la ecuación:

$$E_{GEI} = DA * CC * \text{Factor ODU} * 44/12$$

$$\text{Emisión de CO}_2 \left(\frac{\text{Gg}}{\text{año}} \right) = 67.3 \frac{\text{TJ}}{\text{año}} * 20 \frac{\text{Ton}}{\text{TJ}} * 0.05 * \frac{44}{12} * \frac{1\text{Gg}}{1000 \text{ Ton}} = 0.247 \left(\frac{\text{Gg}}{\text{año}} \right)$$

Para obtener la emisión de CO_{2eq}, sustituimos los valores en la ecuación 2

$$E_{\text{CO}_2\text{eq}} = E_{\text{CO}_2} * \text{PCG}_{\text{CO}_2}$$

$$\text{Emisión de CO}_2\text{eq} \left(\frac{\text{Gg}}{\text{año}} \right) = 0.247 \left(\frac{\text{Gg}}{\text{año}} \right) * 1 = 0.247 \frac{\text{Gg}}{\text{año}}$$

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2E) Industria Electrónica

Debido a que esta actividad no se realiza en el Estado de México, no se calculan las emisiones de gases de efecto invernadero.

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2F) Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.

En atención a que esta actividad no se realiza en el Estado de México, no se calculan las emisiones de gases de efecto invernadero.

Cálculo de las emisiones para la Categoría (2G) Manufactura y utilización de otros productos.

Esta actividad no se realiza en el Estado de México, por lo que resulta inaplicable este cálculo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almazán, Sergio (2019). “La Industria Minera en México presente y futuro”. Agosto 2019. Cámara Minera de México.

DOF (2018). “Ley General de Cambio Climático”, Diario Oficial de la Federación del 6 de junio de 2012 y reformada el 13 de julio de 2018.

Gobierno del Estado de México (2017). “Ley de Cambio Climático del Estado de México, Periódico Oficial “Gaceta del Gobierno” del 19 de diciembre del 2013 y reformada el 13 de septiembre de 2017.

Gobierno del Estado de México (2014). “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 19 de diciembre de 2014.

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.

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 (2009). “Estadísticas históricas de México, 2009”. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

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, Volumen 3. Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Pérez Porto Julián y Merino María Publicado: 2013. Actualizado: 2015.
Definicion.de: Definición de procesos industriales Disponible en: <https://definicion.de/procesos-industriales/>

- PNUD (2008).** “Manejo de procesos de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero, 2008”. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- SE (2005).** “Perfil de mercado de la caliza y sus derivados, 2005”. Secretaría de Economía. Coordinación General de Minería, Dirección General de Promoción Minera.
Disponibile en: http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2018_Edicion_2019.pdf
- SE (2019).** “Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2018”. Secretaría de Economía. Subsecretaría de Economía. Servicio Geológico Mexicano.
- SEMARNAT- INE (1994).** “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
Disponibile en: http://www2.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/mexico_nghgi_2002.pdf
- SEMARNAT- INECC (2013).** “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
Disponibile en:
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162773/CGCCDBC_2013_INEGEI_1990_2010.pdf

APÉNDICES

APÉNDICE “A” LISTADO DE SIGLAS

CMAP	Clasificación Mexicana de Actividades y Productos.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
COA	Cédula de Operación Anual.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
IEECC	Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático.
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).
PEACC	Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático.
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
SE	Secretaría de Economía.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SMAGEM	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México.

APÉNDICE “B” LISTADO DE ACRÓNIMOS

CC	Contenido específico de carbono en el combustible.
Ccli	Producción anual de clínker.
CO₂eq	Dióxido de Carbono Equivalente.
CR	Proporción anual de cullet.
DA	Datos de Actividad.
Ex	Exportaciones.
FE	Factor de Emisión.
Gg	Gigagramos.
Gg de CO₂eq	Gigagramos de dióxido de carbono (CO ₂) equivalente.
Im	Importaciones.
Mc	Producción anual de cal.

Mcc	Producción anual de carbonatos.
Mcg	Consumo anual de grasa lubricante.
Mci	Producción anual de cemento portland.
Mcl	Consumo anual de aceite lubricante.
Mvi	Producción anual de vidrio.
ODU	Factor que representa la fracción de carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso, (ODU, por sus siglas en inglés).
PCG	Potenciales de Calentamiento Global.
S	Producción anual de plomo producido.

APÉNDICE “C” LISTADO DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO

CH₄	Metano.
CO₂	Dióxido de Carbono.
HFC	Hidrofluorocarbonos.
N₂O	Óxido nitroso.
PCF	Perfluorocarbono.
SF₆	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 (m³)	=	1,000	Litros (lt)
1 millón de m³	=	6,289.80	miles de barriles
1 pie cúbico	=	0.0283168	Metro cúbico (m ³)
1 Galón	=	0.0238	barriles
1 barril	=	42	Galones
1 barril	=	158.987304	litros

Fuente: SI.

APÉNDICE “E” POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)

Para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero en términos de CO₂ equivalente [CO₂eq], 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.

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

Rúbrica.