



Programa País **CARBONO NEUTRALIDAD** 2.0

Oficial del Gobierno de Costa Rica



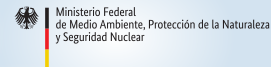
Metodología para la medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal para Costa Rica



Con el apoyo de:



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

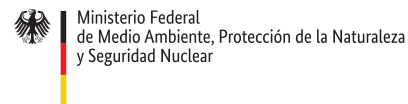




Con el apoyo de:



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



El presente documento ha sido elaborado por la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, con apoyo del Centro para la Sostenibilidad Urbana, la Cooperación alemana para el desarrollo GIZ por encargo del Gobierno alemán, la fundación Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible, el PartnershipforMarketReadiness del Banco Mundial y UNEP DTU Partnership.

Versión de este documento:

Este documento corresponde a la versión 2 de la Metodología para medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal para Costa Rica.

Equipo consultor:

Ing. Jessie Vega Méndez y la Ing. Área de Acción Climática, Centro para la Sostenibilidad Urbana.

Coordinación y revisión técnica:

Ing. Laura Mora Mora, Equipo Técnico PMR – Costa Rica.
Dra. Daniela García Sánchez, Asesora Técnica de GIZ.

Revisión de estilo:

Ann-Kathrin Schloenvoigt, Asesora de comunicación de GIZ.

Gobierno locales involucrados como partes interesadas durante el proceso:

- Municipalidad de San José
- Municipalidad de Belén
- Municipalidad de La Unión
- Municipalidades de Desamparados
- Municipalidad de Golfito
- Concejo de Distrito de Monteverde
- Municipalidad de Cañas
- Municipalidad de Santa Cruz
- Municipalidad de Nicoya
- Municipalidad de Parrita
- Municipalidad de Quepos
- Municipalidad de Pérez Zeledón
- Municipalidad de Osa
- Municipalidad de Goicoechea
- Municipalidad de Montes de Oca
- Municipalidad de Cartago
- Municipalidad de Oreamuno
- Municipalidad de San Ramón
- Municipalidad de San Carlos
- Municipalidad de Pococí

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

- AFOLU: Sector Agricultura, Silvicultura y otros usos del por sus siglas en inglés.
- CO₂: Dióxido de carbono.
- CO_{2e}: Dióxido de carbono equivalente.
- DCC: Dirección de Cambio Climático.
- GEI: Gases de efecto invernadero.
- Gg: Gigagramo.
- GPC: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.
- ICLEI: Gobiernos Locales para la Sostenibilidad.
- IMN: Instituto Meteorológico Nacional.
- IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- IPPU: Sector procesos industriales y uso de productos por sus siglas en inglés.
- MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía.
- N₂O: Óxido nitroso.
- ONU: Organización de las Naciones Unidas.
- PCG: Potencial de calentamiento global.
- PIB: Producto Interno Bruto.
- RECOPE: Refinadora Costarricense de Petróleo.
- WRI: Instituto Mundial de Recursos por sus siglas en inglés.

ÍNDICE

1. Introducción	7
2. Objetivos	9
2.1. Objetivo General	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. Alcance	9
4. Metodología	9
5. Generalidades del reporte	10
5.1. Principios de contabilidad y reporte.....	10
5.2. Claves de notación	11
5.3. Año base.....	11
5.4. Periodo del reporte.....	11
5.5. Gases de efecto invernadero a reportar	11
6. Límites y alcances del inventario	12
6.1. Límite geográfico y político del inventario	12
6.2. Categorización de emisiones según su alcance	12
6.3. Sectores a reportar	12
6.4. Fuentes de emisión a reportar por sector	25
7. Guías para el cálculo de emisiones por sector	28
7.1. Cálculo de las emisiones del sector energía estacionaria.....	28
7.1.1. Emisiones por combustión (alcance 1).....	28
7.1.2. Emisiones por uso de electricidad (alcance 2)	28
7.1.3. datos de actividad	29
7.2. Cálculo de las emisiones del sector transporte.....	30
7.2.1. Emisiones por el transporte por carretera.....	30
7.2.2. Emisiones por el transporte por ferrocarril, marítimo, fluvial y aviación	31
7.2.3. Datos de actividad.....	32
7.3. Cálculo de las emisiones del sector residuos	33
7.3.1. Disposición de residuos sólidos	33
7.3.2. Tratamiento Biológico de Residuos	35
7.3.3. Incineración y quema de residuos	36
7.3.4. Tratamiento y eliminación de aguas residuales.....	38
7.2.3. Datos de actividad.....	41
7.4. Cálculo de las emisiones del sector procesos industriales y uso de productos	42
7.4.1. Datos de actividad.....	44
7.5. Cálculo de las emisiones del sector agricultura, silvicultura y otros usos de suelo.....	45
7.5.1. Ganadería.....	45
7.5.2. Uso del suelo.....	47
7.5.3. Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO ₂	48
7.5.4. Datos de la actividad	49
7.6. Priorización de los métodos de cálculo de emisiones.....	49
8. Requisitos del reporte	54
9. Metas de reducción y seguimiento de las emisiones en el tiempo	58
10. Compensación de emisiones	58
11. Verificación del inventario	59
12. Referencias	60

1. Introducción

A nivel mundial, las ciudades ocupan el 2 % de la superficie terrestre y el 54% de la población vive en ellas, lo cual ocasiona que las ciudades sean las responsables del 78% del consumo de energía y generen el 60% de las emisiones de dióxido de carbono de mundo (ONU Habitat, 2016).

La Región de América Latina es una de las más urbanizadas del mundo. De acuerdo con datos de Naciones Unidas, aproximadamente el 80% de su población vive en ciudades (ONU Hábitat, 2012). Esto tiene implicaciones fundamentales en el contexto del cambio climático en la medida en que, por un lado, las ciudades, debido a sus actividades productivas y residenciales, generan parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, por otro lado, la concentración de personas, bienes y activos en un espacio relativamente restringido como es el caso de las ciudades, las expone a los efectos de desastres asociados a la variabilidad climática y al cambio climático (ONU Medio Ambiente, 2016).

En el caso de Costa Rica, la población ha aumentado en un 47% en los últimos 20 años y la mayoría se concentra en la Gran Área Metropolitana, zona eminentemente urbana e industrial con el 65,1% de la población. Este rápido crecimiento poblacional es uno de los causantes del aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero y se debe a la creciente demanda de servicio de transporte tanto público como privado, servicios públicos, e infraestructura de vivienda y comercio, lo que causa un aumento en la generación de residuos sólidos y aguas residuales. Esta situación en general, produce una importante presión sobre los recursos naturales del país (MINAE & IMN, 2015).

Según el último inventario nacional de emisiones (MINAE & IMN, 2019), el país genera 10 881,68 Gg de CO_{2e}, distribuido porcentualmente como se muestra en el cuadro 1. Las fuentes de emisión son, en orden de mayor a menor, los sectores de energía, residuos, agricultura, silvicultura y otros usos de suelo y, por último, procesos industriales y uso de productos.

CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR SECTOR EMITIDAS POR COSTA RICA EN EL AÑO 2012.

Sectores	Emisiones de CO _{2e} (Gg)	Porcentaje
Energía	7 297,36	68%
Procesos industriales y uso de productos	1 320,30	12%
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	179,41	2%
Residuos	2 084,61	19%
Total	10 807,24	100%

Fuente: MINAE & IMN, 2015

En este contexto, la confección de inventarios de GEI a nivel de ciudades es importante porque permite la consecución de los siguientes objetivos:

1. Medir la contribución de las acciones de mitigación de los cantones a las metas de reducción de emisiones de GEI regionales o nacionales.
2. Identificar estrategias transfronterizas e intersectoriales, innovadoras para la mitigación de GEI.
3. Preparar a los cantones para enfrentar el cambio climático mediante la implementación de acciones y/o proyectos que contribuyan a la reducción de emisiones y la calidad de vida de sus ciudadanos.
4. Tener una metodología robusta de contabilización de emisiones que permita a los gobiernos locales acceder a fondos para proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático.

Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria GPC

A nivel internacional la herramienta más utilizada y recomendada para la contabilización de emisiones de gases de efecto invernadero es el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero-GHG, del Instituto Mundial de Recursos (WRI). En el 2014, después de haberse desarrollado protocolos para la contabilización de emisiones a nivel corporativo y a nivel de proyectos de reducción o remoción, se desarrolló el Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria, conocido como GPC.

Este protocolo, permite a las comunidades la medición y el reporte coherentes y transparentes de las emisiones de gases de efecto invernadero siguiendo los principios

de contabilidad e información sobre gases de efecto invernadero reconocidos internacionalmente, demostrar el importante papel que desempeñan las ciudades en la lucha contra el cambio climático y facilitar la comprensión mediante el uso de datos comparables.

El protocolo fue desarrollado por tres organizaciones líderes en el tema de ciudades y cambio climático:

- El Instituto Mundial de Recursos (WRI): organización global de investigación que trabaja estrechamente con los tomadores de decisión para convertir grandes ideas en acción destinada a sostener un ambiente saludable.
- C40-Grupo de Liderazgo Climático de las Ciudades: la Red de Megaciudades Comprometidas alrededor mundo para implementar políticas locales sobre cambio climático.
- ICLEI: Gobiernos Locales para la Sostenibilidad: la red líder mundial de más de 1 000 ciudades y metrópolis comprometidas con la construcción de ciudades sostenibles y el desarrollo bajo en emisiones.

Para el caso de Costa Rica, la metodología para la para la medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal está basada en este protocolo, pero considerando las modificaciones y las adaptaciones necesarias de acuerdo a la realidad nacional. Por ejemplo, el GPC indica dos tipos de reporte: uno básico y otro básico +. Para Costa Rica, se establece un tipo de reporte combinado que incluye todos los sectores a reportar, pero que hace la diferenciación sobre cuáles fuentes por sector son obligatorias de reportar y cuáles opcionales, de acuerdo con la relevancia de ciertos sectores en el inventario de gases de efecto invernadero nacional.

2. Objetivos

2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer una metodología país para la medición, reporte y verificación (MRV) de las emisiones, reducciones y compensaciones de GEI a nivel cantonal, con base en una metodología internacionalmente reconocida y adaptada a las condiciones nacionales y cantonales de Costa Rica.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el alcance, las fuentes de emisión, los gases de efecto invernadero y la metodología de cálculo para la medición de los GEI a nivel cantonal.
- Fijar los criterios para el reporte de los inventarios cantonales.
- Determinar el proceso de verificación de los inventarios de GEI cantonales.

3. Alcance

La metodología establecida está destinada a todo el territorio de Costa Rica y es aplicable en todas las municipalidades o concejos de distrito que voluntariamente deseen liderar el proceso de elaboración de su inventario de gases de efecto invernadero de acuerdo al Programa País Carbono Neutralidad Cantonal.

4. Metodología

Para el desarrollo de la metodología de la medición, reporte y verificación (MRV) de las emisiones, reducciones y compensaciones de GEI a nivel cantonal, de acuerdo a las condiciones nacionales, se siguió el procedimiento descrito a continuación:

1. Revisión exhaustiva del Protocolo Global para Inventarios de GEI a Escala Comunitaria y de la norma PAS 2070: 2013 Especificaciones para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad.
2. Entrevistas y consultas a entidades internacionales relacionadas con el tema de cambio climático y elaboración de inventarios de emisiones de GEI de ciudades como WRI, ICLEI y Carbon Trust.
3. Realización de un primer taller, el 16 de mayo de 2017, con los representantes de las municipalidades costarricenses incluyendo a alcaldes, gestores ambientales y personal de las áreas de tecnologías de la información para analizar:
 - a. La situación actual en términos de conocimientos y avances municipales en la acción climática, las medidas de mitigación, los inventarios de GEI y C-neutralidad a nivel de municipios.
 - b. Las brechas en términos de incentivos, aspectos técnicos, legales, administrativos y de financiamiento.
4. Realización de un segundo taller, el 21 de junio de 2017, con las municipalidades identificadas con avances en la

elaboración de inventario de GEI, tanto a nivel de municipalidad como de cantón, a fin de analizar:

- a. Las barreras y las lecciones aprendidas en la implementación de acciones climáticas e inventarios de GEI.
 - b. El Protocolo Global para los Inventarios de GEI a Escala Comunitaria, con el fin de identificar las adaptaciones necesarias para su aplicación en Costa Rica.
- 5 Reuniones con las municipalidades que lideran el tema de elaboración de inventarios de GEI cantonales, organismos validadores/verificadores e instituciones nacionales académicas y de otros tipos, involucradas en el tema de cambio climático y en el apoyo al sector municipal para identificar las consideraciones necesarias con vistas a establecer la metodología apropiada a las realidades cantonales.
- 6 Definición –a partir de la información recopilada, sumada al criterio experto del equipo consultor– de los criterios técnicos de la metodología para la medición, reporte y verificación (MRV) de las emisiones, reducciones y compensaciones de GEI a nivel cantonal aplicables para Costa Rica, según se describe en este documento.
- 7 Actualización con base en las experiencias sistematizadas de 20 municipalidades que aplicaron la metodología para elaborar sus inventarios y planes de acción entre 2018 y 2020

5. Generalidades del reporte

5.1. PRINCIPIOS DE CONTABILIDAD Y REPORTE

Los inventarios de GEI que se desarrollen, producto de la aplicación de esta metodología, se deben regir por los siguientes principios:

- **Relevancia:** las emisiones reportadas deben reflejar de forma apropiada las emisiones generadas por las actividades y los patrones de consumo del cantón, de modo que sirvan de insumo para la toma de decisiones a escala cantonal, regional y nacional.
- **Exhaustividad:** los cantones deben reportar todas las fuentes de emisión requeridas dentro del límite del inventario. Cualquier omisión de una fuente de emisión debe justificarse y explicarse con claridad.
- **Coherencia:** el cálculo de las emisiones deber corresponder al el enfoque, al límite y al alcance del inventario.
- **Transparencia:** los datos de actividad, las fuentes, los factores de emisión y las metodologías de contabilidad requieren de una documentación adecuada y divulgación para permitir la verificación. La información debe ser suficiente para permitir la replicabilidad de los resultados. Todas las omisiones deben identificarse, reportarse y justificarse con claridad.
- **Precisión:** el cálculo de las emisiones de GEI no deberá exagerar ni minimizar la verdadera cantidad de emisiones de GEI. La exactitud debe ser tal que asegure de manera razonable a los que toman decisiones y al público la integridad de la información reportada. Las incertidumbres en el proceso de cuantificación deben reducirse al mínimo posible.

5.2. CLAVES DE NOTACIÓN

Cuando en la elaboración del inventario surjan barreras como la confidencialidad de la información, o si la fuente de emisión obligatoria de reportar no ocurre dentro del cantón, se debe utilizar la notación establecida por el GPC para las condiciones descritas en el cuadro 2.

CUADRO 2. CLAVES DE NOTACIÓN PARA LAS FUENTES DE EMISIÓN

Clave de notación	Condición	Explicación
IE	Incluida en otro lugar	Las emisiones de GEI para esta actividad se han estimado y se presentan en otra categoría del inventario.
NE	No estimada	Emisiones que ocurren, pero que no se han estimado o reportado; la justificación para la exclusión se debe indicar en el reporte.
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no ocurre dentro de una ciudad.
C	Información confidencial	Las emisiones de GEI podrían conllevar a la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.

Fuente: GHP, 2014.

5.3. AÑO BASE

Los cantones deberán establecer un año base de acuerdo a sus condiciones y disponibilidad de información. Este año será la base de comparación a partir de la cual se medirá el avance de las acciones y los proyectos de reducción de emisiones de GEI.

5.4. PERIODO DEL REPORTE

Los reportes del inventario de emisiones cantonal deben elaborarse cada 3 años, considerando las emisiones del año natural, es decir, de 12 meses. Sin embargo, si un cantón o distrito participante desea elaborar sus reportes en un periodo menor cada los 3 años, lo puede hacer. Para ello debe notificar a la Dirección de Cambio Climático.

5.5. GASES DE EFECTO INVERNADERO A REPORTAR

Los gases de efecto invernadero a reportar son los gases que se generan en el país y que han sido establecidos por el Protocolo de Kyoto:

1. Dióxido de carbono (CO₂)
2. Metano (CH₄)
3. Óxido de Nitrógeno (NO₂)
4. Hidrofluorocarbonos (HFC)
5. Perfluorocarbonos (C_xF_x)
6. Hexafluoruro de azufre (SF₆)
7. Trifluoruro de nitrógeno (NF₃)
8. Hidroclorofluorocarbonos HCFC (Protocolo de Montreal)
9. Clorofluorocarbonos CFC (Protocolo de Montreal)

6. Límites y alcances del inventario

6.1. LÍMITE GEOGRÁFICO Y POLÍTICO DEL INVENTARIO

El límite del inventario debe corresponder con el área geográfica y los límites político-administrativos de cada cantón del país, para el caso de las municipalidades, o del distrito, en el caso de los concejos de distrito.

En el caso de las municipalidades, estas pueden escoger hacer el inventario considerando la totalidad del cantón o un parte de este por medio de la contabilización las emisiones de varios distritos. Esta decisión debe considerar los principios de contabilidad y reporte.

6.2. CATEGORIZACIÓN DE EMISIONES SEGÚN SU ALCANCE

Las actividades que se realizan dentro del cantón pueden generar emisiones de GEI tanto dentro como fuera de los límites del cantón, producto de las actividades realizadas en el cantón. Por ejemplo, las aguas residuales de un cantón se pueden tratar en la planta de tratamiento de aguas residuales de otro cantón.

Para distinguirlas, las emisiones se agrupan en tres categorías, en función del lugar donde se producen: emisiones de alcance 1, alcance 2 y alcance 3. Esta tipología tiene el objetivo de que cada cantón priorice las acciones de reducción en función del origen de las emisiones. En el cuadro 3 se detalla la definición de cada alcance.

CUADRO 3. DEFINICIÓN DE LOS ALCANCES DEL REPORTE DE EMISIONES

Alcance	Definición
Alcance 1	Emisiones de gases de efecto invernadero que se generan por fuentes localizadas dentro de los límites del cantón o distrito.
Alcance 2	Emisiones de gases de efecto invernadero que se producen como consecuencia de la utilización de energía eléctrica suministrada por la red eléctrica dentro de los límites del cantón o distrito.
Alcance 3	Emisiones de gases de efecto invernadero que se producen fuera de los límites del cantón o distrito, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites del cantón o distrito. Por ejemplo, cuando los residuos sólidos de un cantón son dispuestos en un relleno sanitario ubicado en otro cantón.

Fuente: GHP, 2014.

6.3. SECTORES A REPORTAR

Para la elaboración del inventario de emisiones de GEI se deben contabilizar las emisiones por sector (Cuadro 4). Esta categorización por sectores permite al cantón priorizar las acciones de reducción e identificar las estrategias intersectoriales para lograr las metas de reducción en las fuentes de mayor aporte de emisiones en el cantón. A continuación se explican los detalles de cada sector a reportar:

CUADRO 4. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES GENERADORES DE EMISIONES - ENERGÍA ESTACIONARIA

1. Sector Energía estacionaria

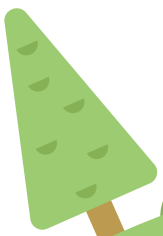
GEI a reportar	Dióxido de carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) Óxido de Nitrógeno (NO _x)
Subsectores	Definición
Las emisiones provenientes de la producción y el uso de energía estacionaria	Las emisiones provenientes de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato estacionario que está diseñado para aumentar el calor y proporcionar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para su uso fuera del aparato. Ej. uso de calderas y hornos.
1.1. Edificios residenciales	Todas las emisiones provenientes del uso de energía en los hogares del cantón o distrito.
1.2. Edificios e instalaciones comerciales	Todas las emisiones provenientes de los edificios e instalaciones comerciales del cantón o distrito. Ej. tiendas, mercados, malls, supermercados y similares.
1.3. Edificios e instalaciones institucionales	Todas las emisiones provenientes del uso de la energía en edificios públicos como escuelas, hospitales, oficinas gubernamentales, alumbrado, carreteras y otras instalaciones públicas ubicadas en el cantón o distrito.
1.4. Construcción e industrias manufactureras	Todas las emisiones provenientes del uso de energía en instalaciones industriales y actividades de construcción ubicadas en el cantón o distrito, excepto las incluidas en el subsector de las industrias de energía. Esto también incluye la combustión para la generación de electricidad y calor para uso propio en estas industrias.
1.5. Industrias energéticas	Todas las emisiones provenientes de la producción de energía y el uso de energía en las industrias energéticas como plantas térmicas, centros de generación de electricidad, planteles de almacenamiento y distribución de combustibles, ubicadas en el cantón o distrito.
1.5.1. Generación de energía suministrada por red	Todas las emisiones provenientes de la generación de energía para electricidad distribuida en red que se consume dentro de los límites del cantón o distrito.
1.6. Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca	Todas las emisiones provenientes del uso de energía en la agricultura, la silvicultura y la pesca.
1.7. Fuentes no especificadas	Todas las demás emisiones provenientes de instalaciones que producen y consumen energía, y que no se encuentran especificadas en otra parte.
Emisiones fugitivas provenientes de combustibles	Todas las emisiones intencionales y no intencionales provenientes de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte del combustible hasta el punto de uso final. Nota: Algunos usos de productos también pueden dar lugar a emisiones denominadas "fugitivas", tales como la liberación de refrigerantes y de extinguidores de incendios. Estos se deberán reportar en el sector de Procesos Industriales.
1.8. Minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	Todas las emisiones intencionales y no intencionales provenientes de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte del combustible en el cantón o distrito.
1.9. Petróleo y sistemas de gas natural	Emisiones fugitivas provenientes de todas las actividades de petróleo y gas natural que se producen en la ciudad. Las fuentes primarias de estas emisiones pueden incluir filtraciones fugitivas de equipos, pérdidas por evaporación, venteo, quema y vertidos accidentales.

Algunas observaciones importantes a tener en cuenta al establecer y clasificar las diferentes fuentes de emisión en el sector de energía estacionaria, provenientes de la producción y el uso de esta energía son:

- En lo que atañe a edificios e instalaciones residenciales, comerciales, e institucionales, las ciudades pueden optar por dividir estos grupos en subgrupos más detallados. Por ejemplo, los edificios residenciales se pueden dividir en edificios de gran altura y construcciones pequeñas; los edificios comerciales pueden dividirse en diferentes tamaños y/o tipos de actividad tales como comercio minorista, oficinas, etc. y los edificios institucionales pueden dividirse de acuerdo al uso que se les da, incluyendo escuelas, hospitales y oficinas gubernamentales. Las ciudades también pueden dividir las emisiones de acuerdo al uso que se le da a la energía. Un ejemplo para el área residencial puede ser la energía usada para cocinar, para agua caliente y eventualmente para sistemas de calefacción. Los datos detallados y desagregados ayudan a las ciudades a identificar los puntos críticos de emisiones con mayor precisión y a diseñar acciones de mitigación más específicas.
- Las emisiones de GEI de las actividades de transporte en carretera de la industria manufacturera que se producen fuera del sitio industrial (por ejemplo, la entrega de materias primas, productos y servicios, y viajes de empleados) se reportarán bajo el sector transporte. Sin embargo, en fuentes estacionarias – industrias manufactureras se deben incluir las emisiones generadas por

transporte “fuera de carretera”, es decir, las generadas por vehículo todo terreno y maquinaria móvil dentro de instalaciones y obras en sitios industriales.

- La mayoría de las ciudades operan instalaciones de tratamiento y eliminación de residuos sólidos y aguas residuales. Los sistemas de recolección, tratamiento y suministro de aguas residuales consumen energía para alimentar bombas de agua, calderas, equipos de separación mecánica en instalaciones de recuperación de materiales, instalaciones de tratamiento de agua y otros equipos. Las emisiones de GEI derivadas de la utilización de energía para estas operaciones deben reportarse en los subsectores institucionales (instalaciones públicas) o industriales (instalaciones industriales privadas). Las emisiones del uso de vehículos y maquinaria dentro de las plantas de tratamiento de residuos o rellenos sanitarios deben incluirse dentro de las emisiones del sector institucional o industrial, según corresponda y las emisiones de los vehículos usados para la recolección de residuos y su traslado hasta la planta de tratamiento de residuos o relleno sanitario, deben contabilizarse como emisiones del sector transporte.
- Cuando los residuos se utilizan para generar energía, las emisiones se cuentan como fuentes de energía estacionarias. Esto incluye la energía recuperada de los gases de rellenos sanitarios o la combustión de desechos. Cuando una central eléctrica está generando electricidad a partir de combustibles de biomasa, las emisiones de CH_4 y N_2O resultantes se notificarán



en el subsector de las industrias energéticas, mientras que el CO₂ biogénico se notificará por separado de los alcances (las emisiones de CO₂ son efectivamente “reportadas” en AFOLU, ya que el uso de biocombustibles está vinculado al correspondiente cambio en el uso de la tierra o cambio de existencias de carbono). Si la descomposición de residuos o el tratamiento no se utilizan para la generación de energía, las emisiones se reportan en el sector de residuos.

Las siguientes son las consideraciones a tomar en cuenta para la clasificación de las emisiones fugitivas provenientes de combustibles:

- Las emisiones fugitivas de metano pueden ser recuperadas para su utilización directa como gas natural o para su combustión para producir CO₂ que tiene un menor potencial de calentamiento global. En dichos casos, las emisiones deben ser reportadas así:
 - » Cuando el metano recuperado es utilizado como una fuente de energía, las emisiones asociadas deben ser contabilizadas bajo energía estacionaria.
 - » Cuando el metano recuperado es introducido en un sistema de

distribución de gas y usado como gas natural, las emisiones fugitivas asociadas deben ser reportadas bajo subsector de sistemas de petróleo y gas natural.

- » Cuando se explota, las emisiones asociadas deben ser reportadas en el subsector minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón.
- Las siguientes emisiones no están incluidas en la categoría de emisiones fugitivas:
 - » Emisiones fugitivas de los proyectos de captura y almacenamiento de carbono.
 - » Emisiones fugitivas que ocurren en instalaciones industriales que no sean instalaciones de petróleo y gas, o aquellas asociadas con el uso final de productos de petróleo y gas en cualquier otro sitio que no sean en instalaciones de petróleo y gas, las cuales se reportan bajo el sector IPPU.
 - » Emisiones fugitivas de actividades de eliminación de residuos que ocurren fuera de la industria de petróleo y gas, las cuales se reportan en el sector Residuos.



CUADRO 5. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES GENERADORES DE EMISIONES - TRANSPORTE

2. Sector Transporte

Los vehículos de transporte y máquinas o equipos móviles producen emisiones de GEI directamente por la quema de combustible o indirectamente por el consumo de electricidad suministrado en red.

GEI a reportar	Dióxido de carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) Óxido de Nitrógeno (NO ₂)
Subsectores	Definición
2.1. Transporte por carreteras	Emisiones de los autos, taxis, autobuses eléctricos y de combustible, que se movilizan dentro de los límites del cantón o del distrito.
2.1.1 Ferroviario	Emisiones de los tranvías, los sistemas de metro y ferrocarril urbano, transporte ferroviario suburbano y regional (interurbano) que se movilizan dentro de los límites del cantón o del distrito.
2.1.2 Transporte marítimo	Emisiones de los buques, transbordadores y otras embarcaciones que operan dentro de los límites de la ciudad, así como buques de navegación marítima cuyos viajes se originan o terminan en los puertos dentro de los límites de la ciudad pero que viajan a destinos fuera del cantón o distrito.
2.1.3 Aviación	Emisiones de los viajes en el aire que se producen dentro de los límites geográficos (por ejemplo, los helicópteros que operan dentro de la ciudad) y las emisiones provenientes de los vuelos que salen de aeropuertos que brindan servicios al cantón o distrito.
2.1.4 Fuera de carreteras	Emisiones de los equipos de soporte terrestre en aeropuertos, tractores agrícolas, motosierras, montacargas usados dentro de los recintos de instalaciones de transporte como aeropuertos, puertos, terminales de autobuses y estaciones de tren en el cantón o distrito.

CUADRO 6. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES GENERADORES DE EMISIONES - RESIDUOS

3. Sector Residuos

Residuos sólidos y aguas residuales dispuestas y/o tratadas dentro de instalaciones ubicadas en el cantón o distrito o transportados a otras ciudades para su tratamiento.

GEI a reportar	Dióxido de carbono (CO ₂) (No biogénico) Metano (CH ₄) Óxido de Nitrógeno (NO ₂)
Subsectores	Definición
3.1. Residuos sólidos generados en la ciudad que son dispuestos en rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto	Emisiones provenientes de la disposición de residuos en vertederos, como acumulaciones de residuos en lotes baldíos o dispuestos en rellenos sanitarios.
3.2. Residuos sólidos generados en la ciudad que son tratados biológicamente	Emisiones provenientes de sistemas de tratamiento de residuos biológicos como biodigestores o reactores biológicos anaerobios.
3.3. Residuos sólidos generados en la ciudad que se incineran o se queman a cielo abierto	Emisiones de la quema de residuos.
3.4. Aguas residuales generadas en la ciudad	Emisiones de las aguas residuales generadas en el cantón o distrito y que se tratan en instalaciones públicas o privadas.



**CUADRO 7. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES GENERADORES DE EMISIONES
- PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS**

4. Sector Procesos industriales y uso de productos

Todas emisiones de GEI provenientes de procesos industriales, uso de productos y usos no energéticos de los combustibles fósiles.

<p>GEI a reportar</p>	<p>Dióxido de carbono (CO₂) Metano (CH₄) Óxido de Nitrógeno (NO₂) Hidrofluorocarbonos (HFC) Perfluorocarbonos (CxFx) Hexafluoruro de azufre(SF₆) Trifluoruro de nitrógeno(NF₃) Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) Clorofluorocarbonos (CFC)</p>
<p>Subsectores</p>	<p>Definición</p>
<p>4.1 Procesos Industriales</p>	<p>Emisiones provenientes de la producción y uso de productos químicos, minerales y producción de metales dentro de los límites del cantón o distrito.</p>
<p>4.2. Uso de productos</p>	<p>Emisiones provenientes de uso de productos como lubricantes, ceras parafinadas, gases fluorocarbonados empleados en la industria electrónica y gases fluorados que se usan como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono.</p>



- Las siguientes son consideraciones a tomar en cuenta para la clasificación de las emisiones por sector:
 - Para la fuente uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, el principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte, y se pueden subdividir en: (a) aceites para motores y aceites industriales y (b) grasas.
 - El uso de los lubricantes en los motores obedece principalmente a sus propiedades lubricantes y las emisiones asociadas se consideran, por lo tanto, emisiones sin combustión que deben declararse en el Sector IPPU. Sin embargo, en el caso de los motores de dos tiempos, en los cuales el lubricante se mezcla con otro combustible y, por ende, se quema a propósito en el motor, deben estimarse las emisiones y declararse como parte de las emisiones de combustión en el sector Energía estacionaria.
- Las ceras se emplean en una serie de aplicaciones diferentes. Las ceras de parafina se utilizan en aplicaciones como: velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, producción de alimentos, tensoactivos (como los utilizados en los detergentes) y muchas otras. Las emisiones provenientes del uso de las ceras se generan principalmente cuando estas o los derivados de la parafina se queman durante el uso (p. ej. las velas) y cuando se incineran o se emplean en el tratamiento de las aguas residuales (en el caso de los tensoactivos). En los casos de incineración y de tratamiento de las aguas residuales, las emisiones deben declararse en el sector Energía o en el sector Residuos.
 - El cantón o el distrito debe verificar si existen o no estas industrias minerales, químicas, de los metales y/o electrónicas dentro de los límites geográficos establecidos para el inventario.



**CUADRO 8. DESCRIPCIÓN DE LOS SECTORES GENERADORES DE EMISIONES
- AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE SUELO**

4. Sector agricultura, silvicultura y otros usos de suelo

Emisiones de GEI provenientes de múltiples fuentes como cambios de los usos del suelo que modifican la composición del mismo, el metano producido en los procesos digestivos de los animales de granja y el manejo de nutrientes en fincas agrícolas.

GEI a reportar	Dióxido de carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) Óxido de Nitrógeno (NO ₂)
Subsectores	Definición
5.1. Ganadería	Emisiones provenientes de la fermentación entérica y la gestión del estiércol de animales como ganado bovino (leche y otros), búfalos, ovejas, cabras, camellos, caballos; mulas y asnos, ciervos, alpacas, cerdos, aves de corral y otros.
5.2. Suelo	Emisiones provenientes de los cambios del carbono en los ecosistemas por modificaciones en el uso del suelo según su tipo: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos u otros.
5.3. Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO₂	Emisiones provenientes de la quema de biomasa, la aplicación de cal, la aplicación de urea, N ₂ O directo proveniente de suelos gestionados, N ₂ O indirecto de suelos gestionados, N ₂ O indirecto de la gestión del estiércol, cultivos de arroz y productos de madera recolectados.



- Para la cuantificación de las emisiones por gestión de estiércol y fermentación entérica, para la categoría Ganadería se debe cuantificar como mínimo las siguientes categorías, siempre y cuando estén presentes en la ciudad:
 - » Bovino.
 - » No bovino: búfalos, ovinos, caprinos, equinos, mulares, asnos, porcinos, aves, conejos.
- El cantón o el distrito debe seleccionar cuáles son las categorías representativas de ganado existentes en su región y, dependiendo de la disponibilidad de información y de la metodología a emplear, poder desagregar cada grupo bovino por grupos etarios.
- Para la categoría de tierras se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:
 - » Para cada una de las seis subcategorías de uso se cuantifica las pérdidas y ganancias de carbono anual de las superficies de la tierra que han permanecido constantes en una misma categoría de uso (tierras que permanecen), así como las pérdidas y ganancias de carbono que se dan por las conversiones en el año de reporte entre una categoría y otra (tierras en conversión).
 - » Las emisiones/absorciones de GEI de la categoría se calculan como los cambios netos en las existencias de carbono y se reportan de forma anualizada. Para efectos del reporte, se convierte las unidades de carbono en unidades de CO₂ multiplicando el C por -44/12 (≈ -3.67), la cual corresponde a la relación estequiométrica del CO₂ con el carbono.
 - » Para determinar los cambios netos en las existencias de carbono de las seis categorías de uso, se puede realizar el cálculo en tres depósitos diferenciados donde se da la acumulación de carbono en los ecosistemas. Estos tres depósitos son:
 - La biomasa vegetal viva, incluyendo sus partes aéreas y subterráneas.
 - La materia orgánica muerta que incluye la biomasa muerta en forma de hojarasca y madera.
 - El suelo, que incluye todo el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad específica (el IPCC reporta factores de emisión para suelos minerales y orgánicos para una profundidad de 30 cm), las raíces finas vivas y muertas y la materia orgánica muerta que se encuentra dentro del suelo y que presenta un diámetro menor a 2 mm (sugerido por el IPCC).
- Las categorías de uso de la tierra tienen un orden jerárquico que se da de mayor a menor, dependiendo de las existencias de carbono que estas pueden llegar a acumular. La categoría mayor corresponde a las tierras forestales y la menor las otras tierras. “Los términos que se emplee en los métodos de la categoría Tierras deben ser coherentes con las definiciones que utiliza la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)” (Tomado de IPCC 2006, Vol.4 Cap.3).
- Para fuentes agregadas y emisiones de que no son de CO₂ provenientes de la tierra es importante tener en cuenta las siguientes observaciones:
 - » En la categoría/fuente Quema de biomasa solo se cuantifican las emisiones de CH₄ y N₂O. Las emisiones de CO₂ por quema se incluyen en las emisiones por pérdida de carbono en el grupo Tierras.
 - » Las emisiones de CH₄ del cultivo de arroz fueron calculadas por IDEAM et al. (2016) usando un nivel 2, por lo cual se recomienda usar los factores reportados en esta publicación.

Para la recopilación de la información de las fuentes de emisión por sector bajo los principios establecidos por esta metodología, se requiere el trabajo conjunto de múltiples actores locales y nacionales. Esta articulación es una responsabilidad conjunta de todos los actores involucrados, incluyendo la Dirección de Cambio Climático, en conjunto con las municipalidades interesadas. En el cuadro 5 se detalla la información necesaria que deben suministrar los principales actores (mas no todos) involucrados en el proceso de elaboración del inventario.

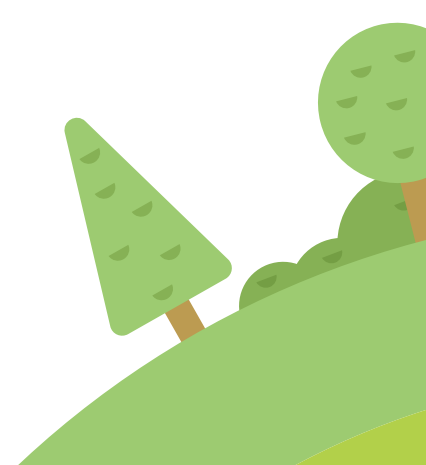
CUADRO 9. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA ELABORAR EL INVENTARIO QUE DEBEN SUMINISTRAR LOS ACTORES LOCALES Y NACIONALES

Sector	Actor	Información por suministrar	Unidad de medida de la información
ENERGÍA ESTACIONARIA	Empresa privada	Datos del consumo de combustible fósil por empresa.	Litros de combustible por tipo, utilizado en equipos diferentes de medios de transporte. Kilogramos de lubricantes utilizados en mezcla con combustibles.
	RECOPE	Datos de la venta de combustibles para fuentes fijas.	Litros de combustible vendido desglosado por tipo, tanto de clientes directos como de estaciones de servicio.
	Compañías generadoras de electricidad: <ul style="list-style-type: none"> • Grupo ICE • Compañía Nacional de Fuerzo y Luz • Coopelesca • CoopeAlfaroRuiz • CoopeGuanacaste • Coopesantos • Empresa de Servicios Públicos de Heredia • JASEC 	Datos del consumo de electricidad desglosado por cantón.	Kilowatts de consumo por sector: residencial, industrial, general u otros, de acuerdo con las tarifas eléctricas.
TRANSPORTE	Empresa privada	Datos del consumo de combustible fósil por empresa.	Litros de combustible por tipo utilizado exclusivamente en medios de transporte (diferenciar dentro y fuera de carretera).
	Gasolineras	Datos de la venta de combustibles.	Litros de combustible vendido desglosado por tipo.
	Ministerio de Obras Públicas y Transporte	Tránsito cantonal (estudios, datos de plataformas de manejo de datos, entre otros).	Cantidad de movilizaciones por tipo de transporte, datos de origen - destino, datos de conteos vehiculares.

Sector	Actor	Información por suministrar	Unidad de medida de la información
TRANSPORTE	Compañías generadoras de electricidad: <ul style="list-style-type: none"> • Grupo ICE • Compañía Nacional de Fuerzo y Luz • Coopelesca • CoopeAlfaroRuiz • CoopeGuanacaste • Coopesantos • Empresa de Servicios Públicos de Heredia • JASEC 	Registro de consumo actualizado de los cargadores eléctricos.	Kilowatts consumidos por cargador eléctrico instalado.
	Compañías de autobús	Registro de consumo de combustibles, rutas y distancias recorridas.	Litros de combustible desglosado por tipo. Cantidad de rutas recorridas. Kilómetros recorridos.
	Compañías de transporte de turismo		
	Compañías de taxi		
	Dirección de Aviación Civil y aeropuertos privados	Registro de consumo de combustibles Datos de cantidad de vuelos.	Litros de combustible desglosado por tipo. Cantidad de viajes realizados y respectivos datos de origen – destino.
RESIDUOS	Ministerio de Salud/ Área Rectora	Datos de generación de aguas residuales por cantón.	DQO y m ³ de aguas residuales por cantón desglosado por tipo de sistema de tratamiento (lodos activados, reactores anaerobios u otros), parámetros de entrada y salida.
		Datos de sistemas de tratamiento biológico.	Kilogramos de residuos tratados en el cantón.
		Datos de residuos especiales tratados por gestores autorizados.	Kilogramos de residuos generados por tipo.
	Acueductos y Alcantarillados	Datos de la generación de aguas residuales por cantón.	DQO y m ³ de aguas residuales por cantón desglosado por tipo de sistema de tratamiento: lodos activados, reactores anaerobios u otros.
	Empresa privada	Datos de la generación de residuos y aguas residuales por empresa.	Kilogramos de residuos generados por tipo (no valorizable, orgánicos). DQO y m ³ de aguas residuales generadas desglosado por tipo de sistema de tratamiento: lodos activados, reactores anaerobios u otros. De ser posible parámetros de entrada y/o de diseño del sistema de tratamiento (DQO y m ³).



Sector	Actor	Información por suministrar	Unidad de medida de la información
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	Empresa privada	Datos de las emisiones por procesos industriales y uso de productos por empresa.	Kilogramos de las recargas de refrigerantes. Kilogramos de CO ₂ recargados en extintores. Kilogramos de lubricantes.
	Programa Bandera Azul Ecológica	Datos comerciales e industriales recopilados de uso de refrigerantes y lubricantes.	Kilogramos de las recargas de refrigerantes. Kilogramos de lubricantes. Kilogramos de CO ₂ recargados en extintores.
	Programa País Carbono Neutralidad Categoría Organizacional	Datos comerciales e industriales recopilados de uso de refrigerantes y lubricantes, por cantón.	Kilogramos de las recargas de refrigerantes. Kilogramos de lubricantes. Kilogramos de CO ₂ recargados en extintores.
AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	Ministerio de Agricultura y Ganadería	Datos sobre las emisiones por sectores agricultura, silvicultura y usos de la tierra.	Kilogramos de agroquímicos utilizado en el cantón o las formulaciones típicas por tipo de cultivo. Número de cabezas de ganado que existen en el cantón clasificado por tipo, propósito, sexo y edad. Listado de fincas agrícolas por tipo de cultivo y respectivas áreas. Hectáreas por tipo de cultivo en el cantón.
	NAMA Café y existentes de cultivos	Inventarios de emisiones de GEI y estudios de las emisiones de este cultivo.	Kilogramos de fertilizante utilizado por cultivo y cantidad de cosechas/ciclos de siembra al año.
	Fondo de Financiamiento Forestal	Cambio de cobertura forestal y emisiones asociadas según su contabilización para inventarios nacionales.	Hectáreas de cobertura por tipo de uso de la tierra.



6.4. FUENTES DE EMISIÓN A REPORTAR POR SECTOR

Para Costa Rica se propone dos tipos de fuentes de emisión: las fuentes de emisiones obligatorias de reportar y las fuentes de emisión opcionales de reportar, considerando la disponibilidad de información y el aporte de cada fuente en el inventario nacional. En el Cuadro 6 se muestra esta clasificación. Las fuentes de emisión de reporte obligatorio se muestran en color azul y las de reporte opcional en color naranja.

Las emisiones de reporte obligatorio son:

- Emisiones alcance 1 y alcance 2 del sector Energía estacionaria, incluyendo los siguiente subsectores: edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, industrias manufactureras y de la construcción, industrias de energía, actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca.
- Emisiones alcance 1 y alcance 2 de sector transporte, incluyendo los subsectores transporte por carretera y ferroviario.
- Emisiones alcance 1 y alcance 3 del sector residuos, incluyendo los subsectores de disposición de residuos sólidos generados en la ciudad, tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad, incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad y aguas residuales generadas en la ciudad.

- Emisiones alcance 1 del sector agricultura, silvicultura y otros usos del suelo, incluyendo los subsectores de ganadería, uso del suelo, fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO₂.

La contabilización debe incluir también las remociones y sumideros, es decir, los procesos que absorben CO₂ de la atmósfera, siempre y cuando estos no estén bajo el programa de Pago por Servicios Ambientales del Fondo Nacional Forestal. Los conceptos de remociones y sumideros están relacionados principalmente con el carbono atmosférico secuestrado por las plantas y almacenado en sus tejidos. Este carbono adsorbido se puede almacenar como: a) biomasa superficial (como vegetación) en bosques, tierras de cultivo y otros ambientes terrestres; b) biomasa subterránea (como las raíces de las plantas); y c) productos a base de biomasa (como madera).

Para la contabilización de remociones se sugiere que el cantón o el distrito contabilicen las remociones que poseen en áreas verdes públicas como parques y aceras, así como las disponibles en las áreas verdes de las instituciones públicas dentro del área del cantón o el distrito; queda a criterio del participante si desean incluir la totalidad de remociones incluyendo las que se poseen en propiedad privada.



CUADRO 10. FUENTES DE EMISIÓN A REPORTAR POR ALCANCE

SECTOR	SUBSECTOR	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
ENERGÍA ESTACIONARIA	Edificios residenciales	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Construcción e industrias manufactureras	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Industrias energéticas	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Fuentes no especificadas	Opcional	Opcional	Opcional
	Emisiones fugitivas provenientes de la minería.	Opcional	No aplica	No aplica
	Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de distribución de combustibles fósiles	Opcional	No aplica	No aplica
TRANSPORTE	Por carretera	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Ferroviario	Obligatorio	Obligatorio	Opcional
	Navegación marítima, fluvial y lacustre	Obligatorio	Opcional	Opcional
	Aviación	Opcional	Opcional	Opcional
	Fuera de carretera	Obligatorio	Opcional	No aplica

SECTOR	SUBSECTOR	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
RESIDUOS	Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad	Obligatorio	No aplica	Obligatorio
	Tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad	Obligatorio	No aplica	Obligatorio
	Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad	Obligatorio	No aplica	Obligatorio
	Aguas residuales generadas en la ciudad	Obligatorio	No aplica	Obligatorio
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	Procesos industriales	Obligatorio	No aplica	No aplica
	Uso de productos	Obligatorio	No aplica	No aplica
AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO	Ganadería	Obligatorio	No aplica	No aplica
	Uso de suelos	Obligatorio	No aplica	No aplica
	Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO ₂	Obligatorio	No aplica	No aplica

LEYENDA	
Emisiones de reporte obligatorio	
Emisiones de reporte opcional	
Emisiones excluidas de reportar	

Fuente: elaboración propia basada en datos del GPC, 2014.

7. Guías para el cálculo de emisiones por sector

7.1. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL SECTOR ENERGÍA ESTACIONARIA

7.1.1. EMISIONES POR COMBUSTIÓN (ALCANCE 1)

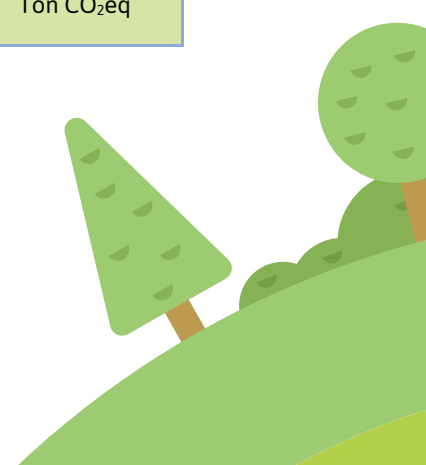
En general, las emisiones de cada GEI de fuentes estacionarias por quema de combustibles se calculan multiplicando el consumo de combustible (dato de actividad) por el factor de emisión correspondiente para cada GEI generado por la quema de combustibles fósiles, lo que luego se multiplica por el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada GEI, para sumar, por último, los totales de emisiones de los diferentes combustibles consumidos. La metodología se puede describir a continuación:

		Paso 1		
Cantidad de combustible	X	Factor de emisión	=	Subtotal de GEI
		Paso 2		
Subtotal de GEI	X	PCG	=	Ton CO ₂ eq

7.1.2. EMISIONES POR USO DE ELECTRICIDAD (ALCANCE 2)

Las emisiones de cada GEI de fuentes estacionarias por uso de energía eléctrica se calculan multiplicando el consumo de electricidad por subsector (residencial, comercial, instituciones u otro) por el factor de emisión correspondiente para uso de energía eléctrica para Costa Rica, multiplicando luego por el Potencial de Calentamiento Global de cada GEI y sumando por último los totales de emisiones de los diferentes combustibles consumidos. El método se puede describir a continuación:

		Paso 1		
Cantidad de combustible	X	Factor de emisión	=	Subtotal de GEI
		Paso 2		
Subtotal de GEI	X	PCG	=	Ton CO ₂ eq



7.1.3. DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad requeridos para calcular las emisiones del sector energía estacionaria se describen en el cuadro 7.

CUADRO 7. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL SECTOR ENERGÍA ESTACIONARIA

Fuentes de emisión	Dato de actividad
Edificios residenciales	Consumo de cada combustible (fósil y biomasa) y de energía eléctrica en el sector residencial.
Instalaciones y edificios comerciales e institucionales	Consumo de cada combustible (fósil y biomasa) y de energía eléctrica en el sector institucional y comercial.
Industrias manufactureras y de construcción	Consumo de cada combustible (fósil y biomasa) y de energía eléctrica en industrias manufactureras y de la construcción.
Industrias de la energía	Consumo de cada combustible (fósil y biomasa) y de energía eléctrica en industrias de la energía.
Agricultura, silvicultura y pesca	Consumo de cada combustible (fósil y biomasa) y de energía eléctrica en el sector agropecuario.
Fuentes no especificadas	Consumo de cada combustible (fósil y biomasa) y de energía eléctrica en el sector agropecuario en fuentes no especificadas anteriormente.
Fugitivas por minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	Producción de carbón y tipo de producción (a cielo abierto o subterráneo) y conocimiento de la profundidad de la mina.
Fugitivas por sistemas de petróleo y gas natural	Petróleo producido, número de pozos perforados, GLP producido, petróleo transportado por tubería, petróleo refinado, productos refinados transportados, producción de gas, carga de gas crudo a planta de procesamiento, gas comercializable.



7.2. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL SECTOR TRANSPORTE

7.2.1. EMISIONES POR EL TRANSPORTE POR CARRETERA

El cálculo de estas emisiones se puede realizar seleccionando uno de los cuatro métodos existentes, cuyos alcances se describen a continuación:

a) Método de ventas de combustible:

Este método calcula las emisiones de transporte en carretera basadas en el total de combustible vendido dentro del límite de la ciudad. En teoría, este enfoque trata el combustible vendido como representativo para la actividad de transporte.

Todas las ventas de combustibles de las gasolineras dentro del límite geográfico del cantón o el distrito deben ser contabilizadas en el alcance 1 (para combustibles) y 2 (para energía eléctrica) aun cuando la compra de combustible sea para viajes transfronterizos. Sin embargo, el cantón o el distrito puede realizar encuestas o utilizar otros métodos para desagregar las ventas de combustible para viajes internos (alcance 1) y viajes transfronterizos (alcance 3).

b) Método de la actividad inducida: Este método busca cuantificar las emisiones de transporte inducidas por la ciudad, incluyendo viajes que comienzan, terminan o se realizan totalmente dentro de la ciudad (usualmente excluyendo viajes de paso). El método se basa en modelos o encuestas para evaluar el número y la duración de todos los viajes en carretera que ocurren, tanto transfronterizos como dentro del límite. Esto produce una cifra de kilómetros recorridos por vehículo para cada clase de vehículo identificada. También requiere información sobre la intensidad (o eficiencia) del combustible del vehículo y los factores de emisión del combustible.

Estos modelos identifican el origen y destino de cada viaje evaluado. Para reflejar la responsabilidad compartida por ambas ciudades que inducen estos viajes, las ciudades pueden usar una asignación de origen-destino de dos maneras:

1. Reportando el 50% de los viajes transfronterizos (y excluyendo viajes de paso). De ese 50%, la porción que ocurre dentro de la frontera de la ciudad se informa en el alcance 1, mientras que el porcentaje restante que ocurre fuera de la frontera se informa en el alcance 3.
2. Reportando únicamente los viajes salientes. Por razones de simplicidad, las ciudades pueden tener en cuenta sólo los viajes en carretera salientes. Aquí se cuenta el 100% del viaje, con la porción dentro del límite como alcance 1 y la porción fuera del límite como alcance 3.

c) Método geográfico o territorial:

Este método cuantifica las emisiones de la actividad del transporte que ocurre solamente dentro de los límites de la ciudad, sin importar el origen o el destino del viaje. Algunos modelos europeos de demanda de tráfico cuantifican estas emisiones principalmente para estimaciones locales de contaminación atmosférica o precios de tráfico, pero las emisiones de GEI pueden cuantificarse basándose en el mismo modelo origen –destino, limitando los kilómetros recorridos por vehículo a los viajes dentro de la ciudad. Este modelo se alinea con las emisiones del alcance 1, en cuanto todo el transporte se da dentro del límite. Aunque no se evalúan ni cuantifican viajes fuera del límite, se podrían combinar encuestas adicionales para informar las emisiones del alcance 3 como la porción del tránsito fuera del límite.

d) Método de actividad de residentes:

Este método cuantifica las emisiones de la

actividad de transporte realizadas por los residentes de la ciudad solamente. Para esto se requiere información sobre kilómetros recorridos por vehículo de residente, récord de registro de vehículos y encuestas sobre los viajes hechos por los residentes. Si bien este tipo de encuestas pueden ser más manejables y rentables que los modelos de tráfico, su limitación a la actividad de los residentes pasa por alto el impacto del tráfico no residente en la ciudad generado por, turistas, proveedores de logística y otros viajeros.

Dependiendo de la información con la que cuenten, las ciudades pueden seleccionar alguno de los 4 métodos descritos. Sin embargo, los métodos b, c y d, requieren información sobre estudios y modelos

específicos de transporte, los cuales pueden no estar disponibles y su elaboración es dispendiosa en recursos y tiempo.

Las ventas de combustibles (método a) pueden estar disponibles de forma más sencilla. Para el cálculo de emisiones se multiplica el consumo de combustible (dato de actividad) por el factor de emisión correspondiente para cada GEI generado por la quema de combustibles fósiles, luego se multiplica por el Potencial de Calentamiento Global de cada GEI y por último se suman los totales de emisiones de los diferentes combustibles consumidos. El método se puede describir a continuación:

		Paso 1		
Cantidad de combustible	X	Factor de emisión	=	Subtotal de GEI
		Paso 2		
Subtotal de GEI	X	PCG	=	Ton CO ₂ eq

7.2.2. EMISIONES POR EL TRANSPORTE POR FERROCARRIL, MARÍTIMO, FLUVIAL Y AVIACIÓN

Para el transporte por ferrocarril, marítimo fluvial y aviación, el método de cálculo de las emisiones es mediante la contabilización de la cantidad de combustibles fósiles vendidos dentro de los límites de la ciudad para estos usos. Para la adquisición de estos datos de consumo de combustibles, se puede consultar a las gasolineras locales y, para el caso de la aviación, a los planteles de distribución de RECOPE en cada aeropuerto.

7.2.3. DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad requeridos para calcular las emisiones del sector transporte se describen en el cuadro 8.

CUADRO 8. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL SECTOR TRANSPORTE

Fuentes de emisión	Dato de actividad
Transporte por carretera	Combustible (gasolina, gas natural, diésel, alcohol carburante) vendido anualmente dentro de los límites de la ciudad para cada tipo de vehículo de transporte terrestre. Energía eléctrica vendida anualmente dentro de los límites de la ciudad para cada tipo de vehículo de transporte terrestre.
Ferrocarril	Combustible (de carbón, diésel y bunker) consumido anualmente para las distancias recorridas dentro del perímetro de la ciudad (alcance 1) y las distancias de las líneas fuera de la ciudad. Energía eléctrica vendida anualmente dentro de los límites de la ciudad para ferrocarriles.
Transporte fluvial y marítimo	Combustible (diésel marino, fuel oil, y gasolina) vendido/cargado anualmente en puertos o estaciones dentro de los límites de la ciudad para transporte marítimo y fluvial nacional e internacional. Energía eléctrica vendida anualmente dentro de los límites de la ciudad para transporte marítimo y fluvial nacional e internacional.
Aviación	Combustible (gasolina, jet fuel y queroseno) vendido/cargado anualmente en aeropuertos dentro de los límites de la ciudad para vuelos nacionales e internacionales. Energía eléctrica vendida anualmente dentro de los límites de la ciudad para vuelos nacionales e internacionales.

7.3. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL SECTOR RESIDUOS

7.3.1. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las emisiones de metano en los rellenos sanitarios continúan por varias décadas (o a veces incluso siglos) después de la eliminación de residuos. Los residuos eliminados en un año determinado contribuyen a las emisiones de GEI en ese año y en los años siguientes. Asimismo, las emisiones de metano liberadas de un vertedero en un año dado incluyen las emisiones de los residuos eliminados ese año, así como de los residuos eliminados en años anteriores.

Existen dos métodos comúnmente aceptables para estimar las emisiones de metano provenientes de la eliminación de desechos sólidos: descomposición de primer orden y compromiso de metano.

a) Compromiso de metano (“Methane commitment”: Se toma un enfoque de ciclo de vida y balance de masa y se calculan las emisiones de los rellenos sanitarios basadas en la cantidad de residuos eliminados en un año dado, independientemente del momento en que se produzcan las

emisiones (una parte de las emisiones se liberan cada año después de que el residuo se elimina). Para la mayoría de las ciudades, el método MC sobreestima las emisiones de GEI asumiendo que todo el carbono orgánico degradable dispuesto en un año dado se desintegrará y producirá metano inmediatamente.

La ecuación a emplear se basa en el potencial de generación de metano (L_0) que es un factor de emisión que especifica la cantidad de CH_4 generada por tonelada de residuos sólidos. L_0 se basa en la porción de carbono orgánico degradable (D_0C) presente en los residuos sólidos, que a su vez se basa en la composición de la corriente residual. L_0 también puede variar dependiendo de las características del relleno sanitario. Dada una misma cantidad de residuos, los vertederos no controlados producen menos CH_4 que los vertederos controlados porque una mayor fracción de los residuos se descompone aeróbicamente en las capas superiores del relleno sanitario. Los residuos más húmedos (incluyendo los impactos de precipitación) corresponderán con un DOC más bajo. La ecuación empleada en este método se describe a continuación:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = RSU_x * L_0 * (1 - f) * (1 - OX)$$

Ecuación 8.3, Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.

Donde:

- RSU_x :** masa de los residuos sólidos enviada al vertedero durante el año de inventario (medida en toneladas métricas)
- L_0 :** Potencial de generación de metano
- f_{rec} :** Fracción de metano recuperado en el vertedero (quema o con recuperación de energía)
- OX :** factor de oxidación¹

¹ Valor por defecto: 0,1 para los vertederos correctamente regulados y 0 para los vertederos no regulados.

b) Método de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés):

En este método se formula la hipótesis de que el componente orgánico degradable (carbono orgánico degradable, COD) de los residuos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el CH₄. Si las condiciones permanecen constantes, el índice de producción del CH₄ depende únicamente de la cantidad de carbono restante en los desechos y, por lo tanto, las emisiones de CH₄ generadas por los residuos depositados en un vertedero son más altas durante

los primeros pocos años siguientes a la eliminación y luego decaen a medida que el carbono degradable de los residuos es consumido por las bacterias responsables de la descomposición.

Para la estimación por este método, el IPCC provee un modelo desarrollado en Excel, el cual está disponible siguiendo el link a IPCC Waste Model (MS Excel): <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html>

El proceso de cálculo mediante el método FOD se muestra en las ecuaciones siguientes:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \left\{ \sum_x \left[\text{RSU}_x * L_o(x) * \left((1 - e^{-k}) * e^{-k(t-x)} \right) \right] - R(t) \right\} * (1 - OX)$$

Ecuación 8.2, Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.

Donde:

- x:** año de apertura de vertedero o un año más antiguo de los datos históricos
- t:** año de inventario
- RSU_x:** total de residuos sólidos urbanos dispuesto en los SWDS en el año (toneladas)
- R:** metano recogido y eliminado (tonelada) en el año del inventario
- L_o:** potencial de generación de metano
- k:** tasa constante de generación de metano, que está relacionada con el tiempo necesario para que el DOC de los residuos para la descomposición a la mitad de su masa inicial (la "vida media")
- OX:** factor de oxidación¹

$$L_o = MCF * DOC * DOC_f * \frac{16}{12}$$

Ecuación 8.4, Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria

Donde:

- L_o:** potencial de generación de metano
- MCF:** factor de corrección de metano en función del tipo de vertedero para el año de deposición (regulado, no regulado, etc.) (fracción)²
- DOC:** carbono orgánico en el año de deposición, la fracción (toneladas C/toneladas de residuos)
- DOC_f:** fracción del COD que se degrada finalmente (refleja el hecho de que parte del carbono orgánico no se degrada).³
- F:** fracción de metano en el gas del vertedero⁴
- 16/12:** relación estequiométrica entre el metano y el carbono

1 Valor por defecto: 0,1 para los vertederos correctamente regulados y 0 para los vertederos no regulados.

2 Datos por defecto: Regulado = 1,0; No regulado (≥ 5 m de profundidad) = 0,8; No regulado (< 5 m de profundidad) = 0,4; Sin categoría = 0,6.

3 Asumido igual a 0,6

4 Rango predeterminado 0,4-0,6 (normalmente como ,5)

$$DOC = (0,15 * A) + (0,2 * B) + (0,4 * C) + (0,43 * D) + (0,24 * E) + (0,15 * F)$$

Ecuación 8.1, Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.

Donde:

- A:** fracción de los residuos sólidos que son alimentos
- B:** fracción de los residuos sólidos que son residuos de jardinería y otros residuos vegetales
- C:** fracción de los residuos sólidos que es papel
- D:** fracción de los residuos sólidos que es madera
- E:** fracción de los residuos sólidos que es tela
- F:** fracción de los residuos sólidos que es residuo industrial

7.3.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3} - R$$

Ecuación 4. 1, Capítulo 4, Volumen 5, IPCC.

Donde:

- M_i:** masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i (Gg)
- EF_i:** factor de emisión del tratamiento i, (g de CH₄/kg de desechos tratados)
- i:** preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica
- R:** cantidad total de CH₄ recuperado durante el año del inventario (Gg de CH₄)

$$Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3}$$

Ecuación 4. 2, Capítulo 4, Volumen 5, IPCC.

Donde:

- M_i:** masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i (Gg)
- EF_i:** factor de emisión del tratamiento i, (g de N₂O/kg de desechos tratados)
- i:** preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica

7.3.3. INCINERACIÓN Y QUEMA DE RESIDUOS

La estimación de la cantidad de carbono fósil contenido en los residuos incinerados es el factor más importante para determinar las emisiones de CO₂. Las emisiones de CH₄ y N₂O dependen más de la tecnología y de las condiciones predominantes durante el proceso de incineración.

El método común para estimar las emisiones de CO₂ provenientes de la incineración e incineración abierta de residuos se basa en una estimación del contenido de carbono fósil en los desechos quemados, multiplicado por el factor de oxidación, y en una conversión del producto (cantidad de carbono fósil oxidado) en CO₂. Se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \sum (SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i) * \frac{44}{12}$$

Ecuación 5.1, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.

Donde:

- CO₂**: emisiones de CO₂ durante el año del inventario (Gg de CO₂/año)
- SW_{*i*}**: cantidad total de desechos sólidos tipo *i* (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta (Gg/año)
- dm_{*i*}**: contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)
- CF_{*i*}**: fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)
- FCF_{*i*}**: fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)
- OF_{*i*}**: factor de oxidación, (fracción)
- 44/12**: factor de conversión de C a CO₂
- i***: tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre

Las emisiones de CH₄ provenientes de la incineración e incineración abierta de residuos son el resultado de una combustión incompleta. Los factores importantes que afectan las emisiones son la temperatura, el tiempo de residencia y proporción de aire (es decir, el volumen de aire en relación con la cantidad de desechos). Las emisiones de CH₄ son particularmente pertinentes para la incineración abierta, donde una gran proporción del carbono contenido en los residuos no se oxida. Para este cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de } CH_4 = \sum_i (IW_i * EF_i) * 10^{-6}$$

Ecuación 5.4, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.

Donde:

IW_i : cantidad de desechos sólidos de tipo i incinerados o quemados por incineración abierta (Gg/año)

EF_i : factor de emisión de CH_4 agregado (kg de CH_4 /Gg de desechos)

10^{-6} : factor de conversión de kilogramos en gigagramos

i : categoría o tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre

El N_2O se emite en los procesos de combustión a temperaturas de combustión relativamente bajas, entre 500 y 950 °C. Otros factores importantes que influyen en las emisiones son el tipo de dispositivos de control de los contaminantes del aire, el tipo y el contenido de nitrógeno de los residuos y la fracción de aire en exceso. La ecuación a emplear por método es:

$$\text{Emisiones de } N_2O = \sum_i (IW_i * EF_i) * 10^{-6}$$

Ecuación 5.5, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.

Donde:

IW_i : cantidad de desechos sólidos de tipo i incinerados o quemados por incineración abierta (Gg/año)

EF_i : factor de emisión de N_2O agregado (kg de N_2O /Gg de desechos)

10^{-6} : factor de conversión de kilogramos en gigagramos

i : categoría o tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre



7.3.4. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

La cantidad de CH₄ producido depende principalmente de la cantidad de materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales, de la temperatura y del tipo de sistema de tratamiento. Los parámetros usuales para medir el componente orgánico de las aguas residuales son el requisito demanda biológica de oxígeno-DBO y demanda química de oxígeno-DQO. En las mismas condiciones, las aguas residuales con mayor concentración de DQO o DBO, producen en general, más CH₄ que las de menor concentración de DQO o DBO. Normalmente, la DBO se declara más a menudo para el caso de las aguas servidas domésticas, mientras que la DQO se utiliza de preferencia para las aguas residuales industriales. Se recomienda el uso de las siguientes ecuaciones para el cálculo de las emisiones.

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i)EF_i - R_i] \times 10^{-3}$$

Ecuación 8.9, Global Protocol for Community-Scale GHG emission inventories, WRI

Donde:

TOW_i: contenido de materia orgánica en las aguas residuales

Para aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos totales en las aguas residuales en el año de inventario (kg BOD/año¹)

Para aguas residuales industriales: material orgánicamente degradable en las aguas residuales de la industria i en el año de inventario (kg COD/año)

EF_i: factor de Emisión (kg CH₄/kg de DBO) o (kg CH₄/kg de COD)²

S_i: componente orgánico eliminado en forma de lodo en el año de inventario (kg COD/año) o (kg DBO/año)

R_i: cantidad de CH₄ recuperado en el año de inventario (kg COD/año)

i : tipo de aguas residuales

Para aguas residuales domésticas: grupo de ingresos para cada tratamiento de aguas residuales y sistema de tratamiento.

Para aguas residuales industriales: material total orgánicamente degradable en las aguas residuales de la industria i en el año de inventario (kg/ COD/año)

- 1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (Biochemical Oxygen Demand, BOD): La concentración de BOD indica solo la cantidad de carbono que es biodegradable en condiciones aerobias. La medición estándar para BOD es una prueba de 5 días, que se denota como BOD.
- 2 Demanda química de oxígeno (Chemical Oxygen Demand, COD): La COD mide el total de material disponible para la oxidación química (tanto biodegradable como no biodegradable).

$$TOW = P * BOD * I * 365$$

$$EF_j = B_o * MCF_j * U_i * T_{L,j}$$

Ecuación 8.10, Global Protocol for Community-Scale GHG emission inventories, WRI

Donde:

TOW_i: Para aguas residuales domésticas: compuestos orgánicos totales en las aguas residuales en el año de inventario (kg BOD/año)
P: población de la ciudad en el año de inventario (persona)
BOD: BOD per cápita específica de la ciudad en el año de inventario (g/persona/día)
I: factor de corrección para la BOS industrial adicional vertidas en el desagüe¹
EF_j: factor de emisión para cada sistema de tratamiento y manejo
B_o: capacidad máxima de producción de CH₄²
MCF_j: factor (fracción) de corrección de metano
U_i: fracción de la población en el grupo de ingreso i en el año de inventario
T_{Lij}: grado de utilización (relación) del sistema o vía de tratamiento/descarga, j, para cada fracción de grupo de ingreso i en el año de inventario

El N₂O está asociado con la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales, a saber: urea, nitrato y proteínas. Las aguas servidas domésticas incluyen residuos humanos mezclados con otras aguas servidas del hogar, que pueden incluir efluentes de drenajes de duchas, fregaderos, lavadoras, etc. Se pueden generar emisiones directas de N₂O durante la nitrificación y la desnitrificación del nitrógeno presente. Ambos procesos pueden ocurrir en la planta y en la masa de agua que recibe el efluente, para el cálculo de estas emisiones se utiliza la siguiente ecuación:

$$Emisiones N_2O = [(P * Proteína * F_{NPR} * F_{NON-COM} * F_{IND-COM}) - N_{lodo}] * EF_{efluente} * \frac{44}{28} * 10^{-3}$$

Ecuación 8.11, Global Protocol for Community-Scale GHG emission inventories, WRI

Donde:

P: población total servida por planta de tratamiento de aguas
Proteína: Consumo anual per cápita de proteínas (kg/persona/año)
F_{NON-COM}: Factor de ajuste para la proteína no consumida³
F_{NPR}: Fracción de nitrógeno en proteínas (0,16 kg N/kg de proteína)
F_{IND-COM}: Factor para proteínas industriales y comerciales co-vertida en el sistema de desagüe⁴
F_{LODO}: Nitrógeno eliminado con lodos (kg N/año)
EF_{EFFLUENT}: Factor de emisión para las emisiones de N₂O de la descarga a las aguas residuales de N₂O por kg N₂O⁵
44/28: Conversión de kg de N₂O - N a kg N₂O

1 En ausencia de la opinión de expertos, una ciudad puede aplicar el valor predeterminado de 1,25 para la recogida de aguas residuales, y 1,00 para las no reguladas.
2 Valor predeterminado: 0,6 kg CH₄/kg BOD o 0,25 kg CH₄/kg COD
3 Valores: 1,1 para países que no tienen trituradores de basura y 1,4 para los países con eliminación de basura.
4 Valor: 1,25
5 Valor: 0,005

La estimación del potencial de producción de CH₄ derivado de los flujos de agua residual industrial se basa en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, en el volumen de ésta, y en la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales en sistemas anaeróbicos. Utilizando estos criterios, las fuentes más importantes de agua residual industrial con alto potencial de producción de gas CH₄ pueden identificarse como sigue: manufactura de pulpa y papel, procesamiento de carne y aves (mataderos), producción de alcohol, cerveza, almidón, producción de sustancias químicas orgánicas, otros procesamientos de alimentos y bebidas (productos lecheros, aceite vegetal, frutas y verduras, envasadoras, fabricación de jugos etc.).

El método para la estimación de las emisiones procedentes del agua residual industrial es similar al utilizado para las aguas servidas domésticas y se basa en las siguientes ecuaciones:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i)EF_i - R_i]$$

Ecuación 6.4, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC

Donde:

TOW: total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria i durante el año del inventario (kg de COD/año)
i: durante el año del inventario
S_i: componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario (kg de COD/año)
EF_i: factor de emisión para la industria i, kg de CH₄/kg de COD para la vía o sistema(s) de tratamiento y/o eliminación utilizado(s) en el año de inventario
 Si una industria se utiliza más de una práctica de tratamiento, este factor debe corresponder a un promedio ponderado

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

Ecuación 6.5, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC

Donde:

EF_j: factor de emisión para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación (kg de CH₄/kg de COD)
j: cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación.
B_o: capacidad máxima de producción de CH₄ (kg de CH₄/kg COD)
MCF_j: factor de corrección para el metano (fracción)

$$TOW_i = P_i * W_i * COD_i$$

Ecuación 6.6, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC

Donde:

- TOW_i**: total de la materia degradable de materia orgánica en las aguas residuales de la industria i (kg COD/año)
- i**: sector industrial
- P_i**: producto industrial total del sector industrial i (t/año)
- W_i**: aguas residuales generadas (m³/t_{producto})
- COD_i**: requerimiento químico de oxígeno (componente industrial orgánico degradable en las aguas residuales) (kg de COD/m³)

7.2.3. DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad requeridos para calcular las emisiones del sector residuos se describen en el cuadro 9.

CUADRO 9. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL SECTOR RESIDUOS

Fuentes de emisión	Dato de actividad
Eliminación de residuos sólidos	<p>El modelo FOD requiere los siguientes datos de entrada y parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de vertederos existentes en la ciudad. • Año de apertura del relleno sanitario o de cada vertedero o el primer año con datos históricos disponibles. • Cantidad de residuos depositados anualmente en cada vertedero, desde el año de inicio de operación hasta el año del inventario. • Caracterización de los residuos dispuestos desde el año de inicio de operación hasta el año del inventario (para estimación del DOC). • Cantidad de metano recuperado por medio de quema o captación para utilización.
Tratamiento biológico de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de tratamiento biológico realizado a los residuos. • Cantidad de residuos sólidos sometidos a tratamiento biológico (preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica). • Cantidad de metano recuperado.
Incineración y quema abierta de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de desecho incinerado o quemado al aire libre. • Cantidad de residuos sólidos incinerados por tipo de residuo (peso húmedo). • Cantidad de residuos sólidos quemados por tipo de residuo (peso húmedo).
Tratamiento y eliminación de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de manejo de aguas residuales domésticas en la ciudad. • Población total de la ciudad y dividida por estratos y por sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas. • Sectores industriales existentes en la ciudad y tipos (tecnologías) de manejo de aguas residuales. • Producción anual de cada sector industrial.

7.4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Debido a la complejidad de este sector, como se detalla en el cuadro 10 para el cálculo de las emisiones, se recomienda revisar el capítulo 7 del Protocolo Global para Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria, así como las Pautas del IPCC 2006 para la elaboración de inventarios nacionales, volumen 3.

CUADRO 10. FUENTES DE EMISIÓN O SUBGRUPOS DEL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Fuentes de emisión	Definición y GEI estimados
<p>Industria de los minerales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • GEI estimados: CO₂ <p>Las principales emisiones se deben a la obtención de productos a partir de carbonatos, los cuales generalmente son calcinados liberando este gas. Una típica reacción de calcinación se muestra en la siguiente ecuación:</p> $\text{CaCO}_2 + \text{calor} \rightarrow \text{CaCO} + \text{CO}_2$ <p>En este grupo se incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producción de cemento. • Producción de cal. • Producción de vidrio.
<p>Industria química.</p>	<p>Las emisiones de GEI se generan por la producción de varios productos químicos orgánicos e inorgánicos. Los procesos y los GEI generados incluyen la producción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amoníaco: CO₂ • Ácido Nítrico: N₂O • Ácido adípico: N₂O • Caprolactama, glioxil y ócido glicoxílico: N₂O • Carburo: CO₂ and CH₄ • Dióxido de titanio: CO₂ • Ceniza de sosa: CO₂ • Petroquímica: CO₂ y CH₄ • Negro de humo: CO₂ y CH₄
<p>Industria de los metales.</p>	<p>Las emisiones de GEI se generan por la producción de hierro, acero, ferroaleaciones, aluminio, magnesio, plomo y zinc. Los GEI estimados en cada caso son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierro y acero: CO₂, CH₄ • Ferroaleaciones: CO₂, CH₄ • Aluminio: CO₂ • Magnesio: CO₂, SF₆, HFCs y otros GEI • Plomo: CO₂ • Zinc: CO₂

Fuentes de emisión	Definición y GEI estimados
<p>Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes</p>	<p>El uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes genera la emisión de diferentes GEI según la aplicación y las condiciones de uso en que se encuentren, lo cual incluye la emisión directamente de CO₂ debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de lubricantes • Uso de cera de parafina
<p>Industria electrónica</p>	<p>Esta sección incluye métodos para cuantificar las emisiones de GEI de semiconductores, pantallas planas de transistores de película delgada y la fabricación fotovoltaica (denominada colectivamente "industria electrónica"). Varios procesos avanzados de fabricación electrónica utilizan compuestos fluorados (FC) para grabar en plasma patrones intrincados, limpiar las cámaras de reactor y controlar la temperatura, todos los cuales emiten GEI.</p> <p>Los GEI estimados por estos usos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HFCs • PFCs • SF₆ • NF₃
<p>Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.</p>	<p>Los productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) son sustancias que en general se usan porque tienen propiedades térmicas de interés en el transporte o aislamiento de energía, sus usos van desde la refrigeración y el aire acondicionado, pasando por la extinción de incendios, hasta los propelentes de aerosoles y espumantes. Algunas categorías en las que se agrupan estos usos implican el almacenamiento de las sustancias y su liberación paulatina a lo largo de los años debido a fugas, como es el caso de la refrigeración, lo cual genera bancos de almacenamiento.</p> <p>Los GEI estimados por estos usos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HFCs • PFCs

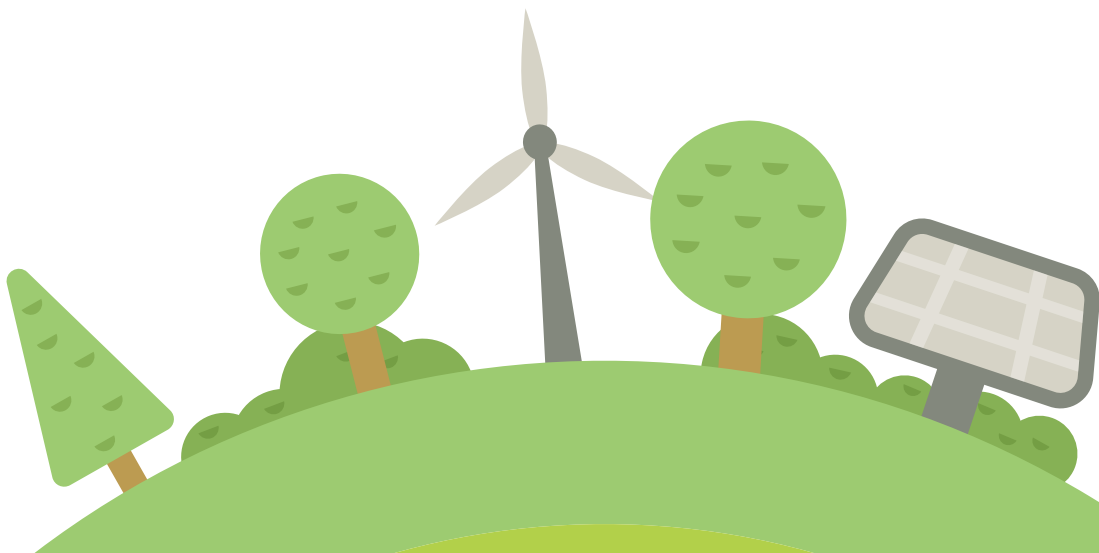
1 Protocolo Global para Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria se puede acceder en : <http://www.ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>

7.4.1. DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad requeridos para calcular las emisiones del sector procesos industriales y uso de productos se describen en el cuadro 11.

CUADRO 11. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

	Fuentes de emisión	Dato de actividad
Procesos industriales	Industria de los minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de clínker. • Producción de cal viva, cal hidratada, cal dolomita. • Producción de vidrio, por tipo: plano, botellas, fibra de vidrio.
	Industria química	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de amoníaco. • Producción de ácido nítrico. • Producción de caprolactama. • Producción petroquímica: etileno, dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo. • Producción de negro de humo.
	Industria de los metales	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de hierro y acero, arrabio y sinterizado, especificando tipo de producción (BOF (Basic Oxygen Furnace: horno básico de oxígeno), EAF (Electric Arc Furnace: horno de arco eléctrico)). • Producción de ferroaleaciones.
Uso de productos	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo total de lubricantes. • Consumo total de cera de parafina.
	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de HFCs en refrigeración y aire acondicionado. • Consumo de HFCs en agentes espumantes. • Consumo de HFCs en protección contra incendios. • Consumo de HFCs en aerosoles • Consumo de HFCs en solventes



7.5. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE SUELO

7.5.1. GANADERÍA

a) Fermentación entérica: El método principal para estas emisiones consiste en multiplicar un factor de emisión del CH₄ por defecto por el total de la población ganadera; se deben usar factores de emisión específicos dependiendo de diferentes grupos etarios, para lo cual el IPCC provee las ecuaciones para el cálculo de dichos factores integrando diferentes variables como ingesta de alimento día, consumo de

materia seca, peso vivo, aumento de peso, digestibilidad de alimentos, producción diaria de leche, entre otras. La metodología de nivel 3 contempla modelos de mediciones in-situ de los principales sistemas ganaderos existentes por regiones.

El uso de factores de emisión nacional es la forma más práctica y frecuente de reportar estas emisiones. Para ello, se usa la siguiente ecuación:

$$CH_4 = N_{(T)} * EF_{(Enteric,T)} * 10^{-3}$$

Ecuación 10.1, Global Protocol for Community-Scale GHG emission inventories, WRI

Donde:

T: categoría de ganado/especies

N: número de animales (cabezas)

EF: factor de emisión para la fermentación entérica (kg de CH₄ por cabeza por año)

b) Gestión del estiércol:

En las estimaciones de CH₄ por gestión del estiércol, para la metodología de nivel 1, se requiere conocer los datos de la población de ganado por especie animal y de la información de temperatura de la región para seleccionar los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC. El nivel 2 requiere información detallada sobre las características de los animales (peso, alimento) y las prácticas de gestión

del estiércol para cada grupo animal con el objetivo de tener información detallada de la característica del estiércol. El nivel 3 se basa en modelos específicos que cada país desarrolla de acuerdo a sus propias características, y se requiere alimentar el modelo con datos científicos de mediciones in-situ.

La metodología más usada es utilizar los factores de emisión del IPCC, siguiendo la ecuación que se muestra a continuación:

$$CH_4 = \sum_{(T)} \frac{EF_{(T)} * N_{(T)}}{10^6}$$

Ecuación 10.22, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC

Donde:

EF_(T): factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH₄/cabeza.año)

N_(T): la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país (región)

T: especie/categoría de ganado



Para las estimaciones de N₂O por gestión del estiércol, la propuesta de metodología 1 implica multiplicar la cantidad total de excreción de N (de todas las especies descritas en el cuadro 7.1) en cada tipo de sistema de gestión del estiércol por un factor de emisión para cada tipo de sistema de gestión del estiércol, empleando los factores por defecto del IPCC. La opción metodológica 2 requiere realizar, para cada una de las especies de ganado, una caracterización de la dieta consumida por los animales y de cada uno de sistemas de gestión de estiércol contemplado. En un método opción 3 se utilizan procedimientos de estimación

alternativos basados en una metodología específica del país. Por ejemplo, un método basado en procesos y equilibrio de masa que rastrea el nitrógeno a lo largo del sistema, comenzando por el ingreso alimentario y terminando con el uso/la eliminación final, podría utilizarse como procedimiento de opción 3. Los métodos de opción 3 deben estar bien documentados para describir claramente los procedimientos de estimación.

Para estas emisiones el método más usado es el uso de factores de emisión del IPCC, mediante la siguiente ecuación:

$$N_2O_{(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

Ecuación 10.25, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC

Donde:

- N₂O_(mm)**: emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país (kg de N₂O/año)
- N**: cantidad de cabeza de ganado de la especie/categoría T del país/región
- Nex_(T)**: promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país (kg N/animal.año)
- MS_(T,S)**: Fracción de excreción total anual de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- EF_{3(S)}**: factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en el país (kg N₂O -N/kg N en el sistema de gestión de estiércol S)
- S**: sistema de gestión del estiércol
- T**: especie/categoría de ganado
- 44/28**: conversión de emisiones de (N₂O-N)_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)



7.5.2. USO DEL SUELO

Teniendo en cuenta las seis categorías de la tierra es posible que se den en el territorio 36 combinaciones distintas de cambio en los contenidos de carbono, en las cuales es posible reportar tanto las emisiones como las absorciones de CO₂. Las ecuaciones para el cálculo de cada subcategoría de uso son divididas en tierras que se convierten y tierras que permanecen en una categoría. La confiabilidad del cálculo depende de que se reporten en primera instancia toda la matriz de dinámica de la tierra planteada en el cuadro 12, que muestra la representación coherente de las tierras.

CUADRO 12. REPRESENTACIÓN COHERENTE DE ÁREAS

	Uso final					
Uso inicial	Tierras Forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras Tierras
Tierras Forestales	Tierras forestales que permanecen	Tierras de forestales que se convierten en cultivos	Tierras forestales que se convierten en pastizales	Tierras forestales que se convierten en humedales	Tierras forestales que se convierten en asentamientos	Tierras forestales que se convierten en otras tierras
Tierras de cultivo	Tierras de cultivos que se convierten en forestales	Tierras de cultivo que permanecen	Tierras de cultivo que se convierten en pastizales	Tierras de cultivo que se convierten en humedales	Tierras de cultivo que se convierten en asentamientos	Tierras de cultivo que se convierten en otras tierras
Pastizales	Pastizales que se convierten en tierras forestales	Pastizales que se convierten en cultivos	Pastizales que permanecen	Pastizales que se convierten en humedales	Pastizales que se convierten en asentamientos	Pastizales que se convierten en otras tierras
Humedales	Humedales que se convierten en tierras forestales	Humedales que se convierten en cultivos	Humedales que se convierten en pastizales	Humedales que permanecen	Humedales que se convierten en asentamientos	Humedales que se convierten en otras tierras
Asentamientos	Asentamientos que se convierten en tierras forestales	Asentamientos que se convierten en cultivos	Asentamientos que se convierten en pastizales	Asentamientos que se convierten en humedales	Asentamientos que permanecen	Asentamientos que se convierten en otras tierras
Otras Tierras	Otras tierras que se convierten en tierras forestales	Otras tierras que se convierten en cultivos	Otras tierras que se convierten en pastizales	Otras tierras que se convierten en humedales	Otras tierras que se convierten en asentamientos	Otras tierras que permanecen

La estimación de cambios en el Carbono depende de la disponibilidad de datos y la disponibilidad de modelo y los recursos para recopilar y analizar información. La superficie (área) de la tierra es uno de los principales datos con que se debe tener cuidado al momento de realizar el análisis de la dinámica de cambio de los usos de la tierra, evitando una posible doble cuantificación debido al traslape de áreas entre cada una de las categorías de uso de la tierra. Se presentan a continuación tres aproximaciones posibles que garantizan la coherencia entre áreas:



- Aproximación 1: superficie total de uso de la tierra, cuando no existen datos de las conversiones entre los usos de la tierra. Este método se utiliza principalmente cuando los valores de áreas de las categorías de la tierra son tomados de estadísticas nacionales y/o bases de datos internacionales. Este método es usado cuando, a partir de las superficies totales de un territorio, solo se pueden estimar los cambios netos en la superficie de uso de la tierra, desconociéndose los patrones en el cambio de uso de la tierra. En este método se debe garantizar que el balance neto entre la superficie inicial y final de un periodo determinado corresponda a cero (0).
- Aproximación 2: superficie de la tierra total incluyendo los cambios entre categorías. En este método se garantiza la contabilización de las pérdidas y ganancias netas de la superficie de las categorías específicas de uso de la tierra en un periodo específico. Este método proporciona información sobre los cambios entre las categorías de la tierra, aunque no se conoce datos explícitos de la ubicación espacial de estos cambios. En este método se utiliza una matriz que permite evidenciar la permanencia y cambios entre las categorías de uso de la tierra, cuya sumatoria final entre

periodos debe ser igual al total de la superficie incluida en el inventario.

- Aproximación 3: datos de conversión de uso de la tierra explícitos en el espacio: El método 3 proporciona información espacial específica de los cambios entre las categorías en un periodo de tiempo específico, basado en herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Es importante aclarar que, aunque se puede utilizar combinación de diferentes fuentes de información SIG, se debe garantizar la compatibilidad y que las resoluciones espaciales sean comparables.

Para el cálculo de las emisiones o remociones que se originan por el cambio de uso del suelo, es necesario contabilizar los cambios en biomasa, materia orgánica muerta y suelo. Para la descripción detallada de los métodos de cálculo usados, consultar las Guías del IPCC para inventarios nacionales, volumen 4 (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>). Para el cálculo de la materia orgánica muerta, revisar el apartado del Programa País Carbono Neutralidad Cantonal sobre el reporte de biomasa.

7.5.3. FUENTES AGREGADAS Y EMISIONES PROCEDENTES DE FUENTES DEL SUELO DISTINTAS AL CO₂

Para el detalle del cálculo de esta sección, consultar las Guías del IPCC para inventarios nacionales, volumen 4 (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>).

7.5.4. DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de actividad requeridos para calcular las emisiones del sector AFOLU se describen en el cuadro 13.

CUADRO 13. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE SUELO

Categoría/Subcategoría o depósito	Dato de actividad
Ganado/ Fermentación entérica y gestión de estiércol.	Número de cabezas de animales por especie o categoría ganadera.
Tierras/Biomasa Tierras que permanecen	Área de tierras que permanecen en la misma categoría.
	Extracción de madera anual.
	Volumen anual de remoción de leña de árboles enteros.
	Volumen anual de remoción de leña como partes de los árboles.
Tierras que permanecen	Área afectada por disturbios.
	Superficie de uso de la tierra convertida a otra categoría de uso.
Tierras/Suelos orgánicos drenados	Área por uso de la tierra que se encuentra en un suelo orgánico drenado.
Tierras/Suelos minerales	Área para uso de la tierra por el clima y la combinación del suelo
Fuentes agregadas/Quema de biomasa	Área quemada de la tierra

7.6. PRIORIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO DE EMISIONES

Para la selección de las metodologías de cálculo de emisiones de GEI para cada sector, se sugiere utilizar la priorización indicada en el cuadro 14, donde 1 representa el método de mayor facilidad de cálculo y 4 representa el método de mayor complejidad.

Para una explicación más amplia de cada método para el cálculo de emisiones por alcance y sector, se debe consultar el GHP, capítulos del 6 al 10.

**CUADRO 14. PRIORIZACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES
POR SECTOR PARA LAS FUENTES OBLIGATORIAS DE REPORTAR**

Energía estacionaria

Fuente	Método de cálculo	Prioridad ³
1. Cálculo de las emisiones estacionarias de la combustión de combustibles	Datos de consumo reales para cada tipo de combustible, desglosados por subsector, (suministrados por el proveedor del servicio) multiplicados por los factores de emisión nacionales.	1
	Utilizar datos de consumo regionales o nacionales que se encuentran disponibles per cápita y multiplicarlos por los factores de emisión nacionales.	2
	Realizar una encuesta a una muestra representativa de cada sector y multiplicar los datos reales de consumo obtenidos de las encuestas por los factores de emisión nacionales.	3
	Datos de consumo de energía modelados, utilizar algún software para modelar las emisiones por uso de la energía en el cantón o distrito.	4
2. Cálculo de las emisiones eléctricas suministradas en red	Datos de consumo reales procedentes de los proveedores de servicios públicos, desglosados por tipo de edificio o instalación no urbanizable multiplicados por los factores de emisión nacionales.	1
	Utilizar datos de consumo regionales o nacionales que se encuentran disponibles per cápita y multiplicarlos por los factores de emisión nacionales.	2
	Realizar una encuesta a una muestra representativa de cada sector y multiplicar los datos reales de consumo obtenidos de las encuestas por los factores de emisión nacionales.	3
	Datos de consumo de energía modelados, utilizar algún software para modelar las emisiones por uso de la energía en el cantón o distrito.	4

³ Escala del 1 al 4 donde 1 es la más alta prioridad.



Transporte

Fuente	Método de cálculo	Prioridad
<p>1. Venta de combustible</p>	<p>Contabilizar las ventas de combustibles dentro del límite del cantón. Es decir, solicitar a las gasolineras dentro del límite del cantón o distrito las ventas de combustibles durante el año a reportar y multiplicar los litros de combustibles por los factores de emisión nacional.</p>	<p>1</p>
<p>2. Estudios de origen destino</p>	<p>Utilizar los datos de aforos o conteos de vehículos que pasan por el cantón o el distrito que hayan sido previamente realizados por instituciones de gobierno como el MOPT, estimar el consumo de combustible y multiplicarlo por los factores de emisión nacionales.</p> <p>Contabilizar los viajes dentro de los límites de la ciudad más el 50 % de los viajes transfronterizos que parten del cantón y terminan en otro cantón (excluidos los viajes de paso) y luego estimar el consumo de combustible y multiplicarlo por los factores de emisión nacionales.</p> <p>Contabilizar los viajes dentro de los límites más los viajes transfronterizos que parten del cantón y terminan en otro cantón (excluidos los viajes de paso) y luego estimar el consumo de combustible y multiplicarlo por los factores de emisión nacionales.</p>	<p>2</p> <p>3</p> <p>4</p>
<p>3. Cálculo geográfico</p>	<p>Contabilizar todo el tráfico que ocurre dentro de los límites de la ciudad, independientemente de su origen o destino.</p>	<p>1</p>



Residuos

Fuente	Método de cálculo	Prioridad
1. Cálculo de las emisiones provenientes de la disposición de residuos sólidos	Contabilizar las toneladas de residuos generadas dentro de los límites del cantón y multiplicarlas por el factor de emisión nacional.	1
	Descomposición del primer orden : Contabilizar los GEI emitidos durante el año de reporte por la descomposición de estos en el relleno sanitario.	2
	Compromiso de metano asigna las emisiones de los vertederos en función a los residuos eliminados en un año determinado mediante análisis de ciclo de vida y balance de masas.	3
2. Cálculo de las emisiones provenientes del tratamiento biológico de residuos sólidos	Contabilizar las toneladas de residuos tratados por métodos biológicos dentro de los límites del cantón y multiplicarlas por el factor de emisión nacional.	1
3. Cálculo de las emisiones provenientes de la incineración y la quema a cielo abierto de residuos	Contabilización de las emisiones por la incineración y quema a cielo abierto de residuos. Para esta fuente, seguir las pautas del IPCC 2006 para la elaboración de inventarios nacionales, volumen 5, capítulo 5.	1
4. Cálculo de las emisiones de la generación de aguas residuales	Contabilizar el total de aguas residuales domésticas e industriales generadas por el cantón y multiplicarlas por los factores de emisión nacionales.	1

Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo

Fuente	Método de cálculo	Prioridad
<p>5. Cálculo de las emisiones de la generación por la ganadería</p>	<p>Contabilizar el total de emisiones provenientes de actividades pecuarias y multiplicadas por los factores de emisión nacionales.</p> <p>Para aquellas actividades para las cuales que no exista un factor de emisión nacional, utilizar las pautas del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 10: Emisiones provenientes de la ganadería y la gestión del estiércol. ⁷</p>	<p>1</p> <p>2</p>
<p>6. Cálculo de las emisiones por uso del suelo</p>	<p>Contabilizar el total de emisiones o remociones según la actividad multiplicado por los factores de emisión nacionales de</p> <p>agricultura, silvicultura y otros usos del suelo. Para aquellas actividades que no tienen un factor de emisión nacional, utilizar las pautas del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, volumen 4, capítulo 2: Metodologías generales aplicables a múltiples categorías de uso del suelo.</p>	<p>1</p> <p>2</p>

8. Requisitos del reporte

Para la elaboración del reporte del inventario de GEI, cada cantón deberá confeccionar un documento con los siguientes apartados:

1. Descripción del límite del inventario:

a. Descripción del límite geográfico y político: incluir un mapa cantón.

b. Una descripción general de la ciudad, incluyendo el área geográfica total, la cantidad de población y el PBI. El cantón también debe incluir otros datos tales como la indicación del número de no residentes que entran a realizar distintas actividades, la composición de la economía, el clima y las actividades del uso del suelo (acompañado de un mapa de uso del suelo).

c. Una descripción de las actividades por sector y los alcances reportados en el inventario.

d. Cualquier exclusión específica de las fuentes, instalaciones y/u operaciones específicas, utilizando la notación descrita en el punto 5.2.

e. El periodo del reporte: indicar el año para el cual se realizó el inventario.

f. El año base a partir de cual medir las metas de reducción.

2. Información sobre las emisiones según el sector, el alcance, los diferentes gases emitidos y las emisiones de origen biogénico, utilizando el siguiente cuadro.

Para las emisiones de CO₂ biogénico se deben informar separadamente como sigue:

- Emisiones de CO₂ a partir de combustión de biomasa.
- Otras emisiones de CO₂ de la biomasa.

Pueden ocurrir otras emisiones de CO₂ biogénicas antropogénicas (excepto la combustión de biomasa), por ejemplo, por cambios en el uso de la tierra, procesos de degradación (por ejemplo, fermentación), o inversión de las remociones (por ejemplo, a través de la deforestación).

Las demás emisiones de CO₂ biogénicas se deben cuantificar de acuerdo a su alcance y según la clasificación de las fuentes.

Las emisiones de CO₂ biogénicas antropogénicas causadas por fuerza mayor (por ejemplo, fuego incontrolado o infestación de insectos) se deberían cuantificar e informar separadamente.

Otras emisiones de GEI de la biomasa (tales como CH₄, N₂O) se deberían calcular en CO₂e. Estas cantidades se deberían informar junto con las emisiones de GEI similares de otras fuentes, por ejemplo, procesos de combustión o industriales, etc., diferenciando así el impacto climático entre las emisiones de CO₂ y de otras emisiones de GEI

SECTOR	SUBSECTOR	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
ENERGÍA ESTACIONARIA	Edificios residenciales			
	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales			
	Construcción e industrias manufactureras			
	Industrias energéticas			
	Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca			
	Fuentes no especificadas			
	Emisiones fugitivas provenientes de la minería.			
	Emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de distribución de combustibles fósiles			
TRANSPORTE	Por carretera			
	Ferrovionario			
	Navegación marítima, fluvial y lacustre			
	Aviación			
	Fuera de carretera			

SECTOR	SUBSECTOR	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
RESIDUOS	Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad			
	Tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad			
	Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad			
	Aguas residuales generadas en la ciudad			
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	Procesos industriales			
	Uso de productos			
AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO	Ganadería			
	Uso de suelos			
	Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO ₂			

LEYENDA	
Emisiones de reporte obligatorio	
Emisiones de reporte opcional	
Emisiones excluidas de reportar	

Fuente: elaboración propia basada en datos del GPC, 2014.

3 Información sobre las metodologías de cálculo y la calidad de los datos.

- b. Para las metodologías de cálculo, incluir: las referencias, descripción de los tipos y fuentes de datos, el muestreo, inclusive los datos de actividades, los factores de emisión y los valores del Potencial de Calentamiento Global utilizados para calcular las emisiones.
- c. Además, la evaluación de la calidad de datos para los datos de actividades y los factores de emisión utilizados en la cuantificación, siguiendo la calificación Alta-Media-Baja, donde

- i. Alta: para aquellas fuentes de emisión donde los datos se obtuvieron de forma directa o son estadísticamente representativos.
- ii. Media: para las fuentes de emisión cuyos datos se obtuvieron de forma estimada, pero bajo supuestos sólidos.
- iii. Bajo: para las fuentes de emisión donde los datos se obtuvieron de estimaciones poco precisas con supuestos inciertos.

Para el reporte de esta sección se recomienda el uso del siguiente formato en forma de cuadro:

Sector	Fuente de emisión	Alcance	Método de cálculo utilizado	Descripción del método	Referencias	Calidad de la información

4 Información sobre los cambios en el reporte, especificando las condiciones bajo las cuales será necesario un recálculo de emisiones.

Este recálculo de emisiones se debe realizar cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- b. Cambios estructurales en los límites del inventario: esto puede ser provocado por el ajuste de los límites administrativos o geográficos del cantón. Por ejemplo: cuando un cantón cambia sus límites geográficos y políticos, como en el caso de Grecia.
- c. Cambios en la metodología de cálculo o mejoras en la precisión de los datos. Por ejemplo: si un cantón en la primera vez que realiza el inventario en el sector transporte utiliza la metodología de venta

de combustible pero en la siguiente ocasión que realiza el inventario utiliza la metodología de estudios origen-destino y esto cambia drásticamente los datos del inventario.

- d. Detección de errores significativos. Por ejemplo, cuando se detecte un error de cálculo de emisiones.

5 Información sobre los proyectos de reducción:

- a. Nombre de la acción de reducción.
- b. Entidad responsable de la acción de mitigación.
- c. Sector y sub sector al que aplica la medida de mitigación.
- d. Ubicación de la acción: área geográfica cubierta por la acción.

- e. Gases de efecto invernadero cubiertos.
- f. Descripción de la acción de mitigación.
- g. Cálculo de las emisiones de GEI que se lograrán reducir con la acción. Este cálculo es aproximado porque para algunas acciones de mitigación no es posible realizar una cuantificación de las emisiones de GEI.
- h. Año de inicio y final de la implementación.
- i. Fuentes de financiamiento.

Ítem	A completar por la entidad responsable de la acción de mitigación
Programa, estrategia o iniciativa	
Nombre de la acción de mitigación	
Objetivo de la acción de mitigación	
Entidad responsable de la acción de mitigación	
Persona de contacto	
Sector y subsector al que aplica la medida de mitigación	
Ubicación de la acción	
Gases de efecto invernadero cubiertos	
Descripción de la acción de mitigación	

9. Metas de reducción y seguimiento de las emisiones en el tiempo

Cada cantón debe fijar metas de reducción de emisiones en el tiempo con el fin de enfocar sus esfuerzos en las fuentes de emisión principales, identificar soluciones innovadoras de mitigación y reducir los costos en el tratamiento de los residuos o las aguas residuales a largo plazo.

Las metas pueden ser de cuatro tipos:

1. Metas de emisiones con respecto al año base: representan una reducción de las emisiones con respecto a un nivel de emisiones en un año base histórico.
2. Metas de nivel fijo: representan una reducción de las emisiones a un nivel de emisiones absoluto en un año objetivo.
3. Metas de intensidad de año base: representan una reducción de la intensidad de las emisiones con respecto a un nivel de intensidad de las emisiones en un año base histórico. La intensidad de las emisiones se refiere a las emisiones por unidad de producto, y se mide, por ejemplo, respecto al PIB,

la población y el uso de energía en el cantón.

4. Metas de escenario de referencia: representan una reducción de las emisiones con respecto a un nivel de emisiones del escenario de referencia, de acuerdo a la Contribución Nacional de Costa Rica.

Para el establecimiento de las metas de reducción y la selección los proyectos de reducción aplicables a cada cantón o distrito se deben consultar la Guía de Implementación del Programa País Cantonal de Costa Rica y el Portafolio de Acciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a escala Cantonal de Costa Rica.

10. Compensación de emisiones

Para fines de la aplicación al Programa País Carbono Neutralidad Cantonal, el mecanismo de compensación permitido son las Unidades Costarricenses de Compensación (UCCs). El proceso de compensación por medio de Unidades Costarricenses de Compensación (UCCs) se realizará según se establezca en el Mecanismo de Compensación de Costa Rica oficializado por el MINAE.

La compensación debe realizarse mediante la compra de Unidades Costarricense de Compensación (UCC), Certificado de Reducción de Emisiones (CERs) y Reducciones Voluntarias de Emisiones (VERs); haciendo énfasis en que solamente serán permitidos proyectos registrados localmente en las últimas dos metodologías (CERs y VERs). El proceso de compensación por medio de la Unidades Costarricenses de Compensación (UCCs) se realizará según se establezca en el Mecanismo de Compensación de Costa Rica oficializado por el MINAE.

Hasta que se encuentre en funcionamiento el Mecanismo de Compensación de Costa Rica, los procesos de Compensación por medio de Unidades Costarricenses de Compensación (UCC) deberán realizarse por medio Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

El participante debe presentar el certificado de compra del servicio de compensación de emisiones de GEI que indique el nombre del proyecto, su ubicación, la cantidad de créditos adquiridos y la fecha de adquisición para fines de la verificación y de aplicar al sistema de reconocimiento del programa.

La municipalidad debe asegurarse que aquellas tierras forestales que estén dentro de su alcance geográfico y se encuentren bajo la modalidad compensación de Programa de Pago por Servicios Ambientales no deben ser contabilizadas dentro de su inventario GEI, ya que en este caso las remociones le pertenecen a un tercero quien paga por la compensación correspondiente.

Durante la verificación se asegurará el cumplimiento de dichos criterios, para determinar si acepta la compensación presentada por el cantón o el distrito. La DCC puede rechazar la compensación presentada si detecta incumplimiento de los criterios establecidos.

11. Verificación del inventario

La verificación de tercera parte es un mecanismo para garantizar el cumplimiento de los principios del reporte y el compromiso con la mejora continua de los procesos. Para recibir los reconocimientos establecidos por el Programa País Carbono Neutralidad Cantonal (PPCNC), debe llevarse a cabo la verificación de las declaraciones cantonales de inventarios, acciones de reducción y carbono neutralidad, según aplique.

Para esto, una vez que el cantón o el distrito participante esté listo para su verificación procederá a solicitar la verificación al Comité de Verificación oficializado, que designará a las personas responsables de verificar el inventario.

La verificación del inventario se realizará de acuerdo a las disposiciones de la Metodología para la Verificación de Inventarios de acuerdo al PPCNC y que serán oficializadas por la DCC. Dicha verificación debe contemplar los siguientes aspectos:

1. Existe compromiso y participación de la alcaldía o la intendencia durante el proceso de aplicación al PPCNC.
2. Los límites del inventario se establecieron clara y correctamente.

3. Los procedimientos para la selección y la contabilización de las emisiones por sectores fueron apropiados.
4. Se incluyen todas las fuentes de emisión relevantes para el cantón y el distrito.
5. Las claves de notación se han empleado de manera adecuada.
6. Los cálculos concuerdan con los principios de contabilidad y reporte.
7. Los datos son temporales y geográficamente específicos al límite del inventario y tecnológicamente específicos a las fuentes que se están midiendo.
8. Los datos se extraen de fuentes fiables y se citan de manera apropiada.
9. Todas las suposiciones se documentan.
10. Las responsabilidades para la ejecución de las acciones de mitigación propuestas están claramente definidas y existen recursos humanos y financieros para ejecutarlas.
11. Existe un procedimiento claramente establecido para monitorear el avance del cantón o el distrito en la implementación del PPCNC.



12. Referencias

IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japón. 2016. Versión en español: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.

MINAE & IMN. Informe Bienal de actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático-Costa Rica. 2015. <http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/bur-2015.pdf>

ONU Habitat. El Cambio Climático. 2016. <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/cambio-climatico/>

ONU Medio Ambiente. Análisis Costo-Beneficio de las Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Urbanas de América Latina. 2016.

WRI/ICLEI/C40. GHP Protocol. Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades. 2014. <http://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>




Programa País **CARBONO NEUTRALIDAD**

Oficial del Gobierno de Costa Rica

PARA MAYOR INFORMACIÓN CONTACTAR A LA DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO -MINAE

Teléfonos: 2253-4298 / 2253-4295 / 2234-0076

Fax: 2253-4298 / 2253-4295 / 2234-0076
cambioclimatico@minae.go.cr

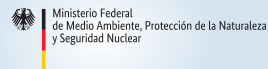
Apartado Postal: 10104-1000 San José, Costa Rica
www.minae.go.cr • www.cambioclimatico.go.cr  /dccCostaRica



Con el apoyo de:



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

