



# Programa País **CARBONO NEUTRALIDAD** 2.0

Oficial del Gobierno de Costa Rica



## Guía de implementación de la categoría cantonal

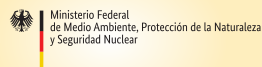
# Programa País Carbono Neutralidad de Costa Rica



Con el apoyo de:



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

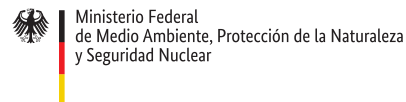




Con el apoyo de:



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 3 de la Guía de Implementación de la categoría cantonal del Programa País Carbono Neutralidad de Costa Rica.

### **Equipo consultor:**

La elaboración de este documento estuvo a cargo de la Ing. Jessie Vega Méndez, la Ing. Silvia Fonseca Blanco y la Ing. Cindy Cruz Barahona del Área de Acción Climática del 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

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....  | 6  |
| GLOSARIO.....  | 7  |
| RESUMEN EJECUTIVO .....  | 10 |
| <b>CAPÍTULO 1.</b> ....  | 11 |
| 1.2. Objetivo de la guía.....  | 12 |
| 1.3. ¿A quién se dirige esta guía? .....   | 12 |
| <b>CAPÍTULO 2.</b> .....   | 13 |
| Pasos para implementar el Programa país carbono neutralidad cantonal modalidad<br>Carbono Inventario .....                                   | 13 |
| Paso 1. Compromiso municipal .....   | 13 |
| Paso 2. Creación de la Comisión .....  | 13 |
| Paso 5. Elección del año base.....   | 21 |
| Paso 3. Selección del límite del inventario.....   | 14 |
| Paso 4. Selección de las fuentes, los sectores y su alcance a reportar .....   | 14 |
| Paso 6. Definir año del reporte .....  | 22 |
| Paso 7. Diseño de la metodología para la recopilación de la.....   | 22 |
| Paso 8. Recopilación de la.....  | 30 |
| Paso 9. Cálculo de las emisiones cantonales .....  | 31 |
| Paso 10. Evaluación de la calidad de los datos .....   | 32 |
| Paso 11. Establecimiento de las.....   | 33 |
| Paso 12. Implementación de Las acciones de mitigación de emisiones .....   | 36 |
| Paso 13. Compensación de las emisiones de GEI.....   | 36 |
| Paso 14. Elaboración del reporte del inventario de GEI cantonal .....  | 37 |
| Paso 15. Verificación del inventario de GEI cantonal .....   | 38 |
| Paso 16. Aplicación al reconocimiento del PPCNC .....  | 39 |
| <b>Capítulo 3.</b> .....   | 39 |
| Reporte de las acciones adicionales para la aplicación al reconocimiento Carbono Reducción Plus y<br>Carbono Neutral Plus Neutral Plus ..... | 39 |
| Referencias.....   | 40 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexos</b> .....  | 41 |
| Anexo 1. Formato de Carta de Compromiso para participar del PPCNC .....                        | 41 |
| Anexo 2. Plantilla de Carta para solicitud de datos al sector público .....                    | 42 |
| Anexo 3. Plantilla de Carta para solicitud de datos al sector privado - Confidencialidad ..... | 43 |
| Anexo 4. Ejemplo cálculo de tamaño de la muestra y extrapolación de resultados.....            | 44 |
| Anexo 5. Ejemplo de encuesta para el sector comercial e institucional .....                    | 46 |
| Anexo 6. Ejemplo de encuesta origen- destino para el sector transporte. ....                   | 55 |
| Anexo 7. Ejemplo de cálculo de emisiones para un cantón ficticio.....                          | 57 |
| Sector energía estacionaria.....   | 60 |
| Sector transporte.....   | 62 |
| Sector residuos .....  | 69 |
| Sector ganadería.....  | 77 |
| Anexo 8. Ejemplo de cálculo de las emisiones evitadas por los planes de mitigación .....       | 90 |
| Anexo 9. Guía de contenido para el informe de reporte del inventario de emisiones.....         | 95 |

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- CH<sub>4</sub>: Metano.
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.
- CO<sub>2</sub>e: Dióxido de carbono equivalente.
- DCC: Dirección de Cambio Climático.
- DQO: Demanda química de oxígeno.
- GEI: Gases de efecto invernadero.
- GPC: Protocolo global para inventarios de emisión de gases de efecto invernadero a escala comunitaria.
- IMN: Instituto Meteorológico Nacional.
- INS: Instituto Nacional de Seguros.
- IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- N<sub>2</sub>O: Óxido nitroso.
- PPCNC: Programa País Carbono Neutralidad Cantonal.
- PTAR: Planta de tratamiento de agua residual.
- RITEVE: Revisión Técnica Vehicular.

# GLOSARIO

## **AÑO BASE:**

Año natural con respecto al cual se realiza un seguimiento en el tiempo de las emisiones de una ciudad.

## **AÑO DEL REPORTE:**

Año natural para el que se reportan las emisiones.

## **BIOMASA:**

Masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente. Por ejemplo, la lecha, los restos o los residuos de poda.

## **CLOROFLUOROCARBONOS:**

Gases derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y cloro principalmente. Estos son usados como refrigerantes y propelentes en aerosoles. Tiene una persistencia en la atmósfera de 50 a 100 años.

## **DIÓXIDO DE CARBONO:**

Gas que se produce de forma natural, pero también como resultado de la quema de combustibles fósiles, cambios en el uso de las tierras y de la quema de biomasa y de otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta el equilibrio de radiación del planeta, por lo que es la referencia para medir otros gases de efecto invernadero. Tiene un potencial de calentamiento mundial de 1.

## **DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE:**

Concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiactivo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.

## **METANO:**

Es un hidrocarburo, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos; por la digestión animal; la descomposición de residuos animales; la producción y distribución de gas natural y petróleo; la producción de carbón y la combustión incompleta de combustibles fósiles. El metano (CH<sub>4</sub>) es uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kyoto.

## **HIDROCLOROFLUOROCARBONOS:**

Son compuestos formados por átomos de cloro, flúor, hidrógeno y carbono, usados como refrigerantes, aerosoles y barnices.

## **ÓXIDO NITROSO:**

Potente gas de efecto invernadero emitido por los usos de cultivos en tierras, especialmente por el uso de fertilizadores comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico y la combustión de biomasa. Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir con el Protocolo de Kyoto.

## **HIDROFLUORUCARBONOS:**

Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta eliminar en el marco del Protocolo de Kyoto. Se producen de manera comercial como sustituto de los clorofluorocarbonos. Los HFC se utilizan sobre todo en refrigeración y fabricación de semiconductores. Su potencial de calentamiento mundial se encuentra en la gama de 1 300 a 11 700.

### **PERFLUOROCARBONOS:**

Se encuentra entre los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kyoto. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los clorofluorocarbonos en la fabricación de semiconductores. El potencial de calentamiento mundial de los PFC es 6 500 – 9 200 veces superior al del dióxido de carbono.

### **HEXAFUORURO DE AZUFRE:**

Es un gas inerte y más pesado que el aire. Asimismo, no es tóxico ni inflamable, pero es asfixiante y posee un color y un olor característicos. Se produce por reacción directa a unos 300 °C de azufre fundido y el flúor gaseoso. Es estable en condiciones normales, y al exponerlo a elevadas temperaturas, se descompone, dando lugar a productos tóxicos, los cuales pueden ser corrosivos en presencia de humedad. Una de las principales propiedades es su elevada constante dieléctrica, por lo que es muy empleado como gas aislante en equipos para distribución de energía eléctrica.

### **TRIFLUORURO DE HIDRÓGENO:**

Es un gas incoloro, tóxico, inflamable e inodoro. Se usa, cada vez con mayor frecuencia, como un grabador en la microelectrónica; además de ser utilizado (a menudo como reemplazo de los perfluorocarbonos) en la fabricación de pantallas planas de cristal líquido.

### **EMISIÓN:**

Liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

### **EMISIONES DE ALCANCE 1:**

Emisiones de gases de efectos invernadero que se generan por fuentes localizadas dentro de los límites del cantón o distrito.

### **EMISIONES DE ALCANCE 2:**

Emisiones de gases de efecto invernadero que se producen como consecuencia de la utilización de energía eléctrica dentro de los límites del cantón o distrito.

### **EMISIONES DE ALCANCE 3:**

Las 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. Por ejemplo, cuando los residuos sólidos de un cantón son dispuestos en un relleno sanitario ubicado en otro cantón.

### **EMISIONES DE ORIGEN BIOGÉNICO:**

Emisiones que resultan de la combustión de materiales de biomasa, incluyendo los materiales utilizados para hacer biocombustibles; por ejemplo, cultivos o aceites vegetales o leña.

### **FACTOR(ES) DE EMISIÓN:**

Un factor que convierte los datos de cada actividad en datos de emisiones de gases de efecto invernadero (por ejemplo, en kg de CO<sub>2</sub>e emitido por litro de combustible consumido, en kg de CO<sub>2</sub>e emitido por kilómetro recorrido, etc.).

### **GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI):**

Son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. En la presente guía, los gases de efecto invernadero tomados en cuenta son los siete gases contemplados por el Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFC); hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>); y trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>).



**INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:**

Una lista cuantificada de las fuentes las emisiones y las remociones de GEI de un cantón o distrito.

**ALCANCE DEL INVENTARIO DE GEI:**

El alcance de un inventario de GEI identifica los gases, las fuentes de emisión, el área geográfica afectada y el período cubiertos por un inventario de GEI.

**LÍMITE GEOGRÁFICO:**

Un límite geográfico identifica las dimensiones espaciales de evaluación del inventario. Este límite geográfico define el perímetro físico que separa las fuentes de emisión que están dentro del área del cantón o distrito, de las fuentes de emisión que están fuera de ella.

**ORGANISMO DE VALIDACIÓN/VERIFICACIÓN:**

Organismo que realiza validaciones de las declaraciones sobre los GEI de acuerdo con las disposiciones establecidas por el Programa país carbono neutralidad cantonal.

**PLAN OPERATIVO ANUAL:**

Es un documento oficial en el que los responsables municipales enumeran los objetivos y las directrices que deben cumplir en el corto plazo, generalmente de un año.

**POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL:**

Factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado.



# RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento titulado “Guía de implementación de la categoría cantonal del Programa País Carbono Neutralidad de Costa Rica ” es una herramienta que le permitirá a los cantones y los distritos que deseen participar del programa, cuantificar adecuadamente sus emisiones de GEI, con el objetivo de potenciar la acción climática a nivel local, estableciendo acciones de mitigación en los sectores que mayor contribuyan a la generación de emisiones.

La guía cuenta con un primer capítulo de introducción, donde se explica la importancia del Programa País Carbono Neutralidad (PPCN) y de la acción climática en ciudades. Seguidamente, se presenta un capítulo que explica paso a paso cómo realizar la implementación del PPCN en sus diferentes modalidades, desde carbono inventario hasta carbono neutral plus.

Esta guía se complementa con otros documentos. Primeramente el decreto sobre el Programa País Carbono Neutralidad Cantonal, donde se establecen los lineamientos y el proceso que deben cumplir los cantones o los distritos que voluntariamente deseen obtener alguno de los reconocimientos que ofrece el programa, de igual forma, con la metodología para la medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal para Costa Rica.

Para el establecimiento de las acciones de mitigación, existen los portafolios de acciones de mitigación para los sectores residuos y movilidad sostenible, donde se aportan variedad de acciones de mitigación con sus respectivas fichas técnicas.

# CAPÍTULO 1.

## GENERALIDADES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

**E**l cambio climático antropogénico es provocado por la concentración en la atmósfera de gases tales como el metano, dióxido de carbono, óxido nitroso entre otros. Estos gases provienen de las actividades que desarrollan los humanos y que contribuyen a que el fenómeno climático provoque un aumento en frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, sequías, inundaciones y huracanes entre otros que amenazan todos los aspectos de la vida en las ciudades (Dirección de Cambio Climático, 2017).

Para mitigar el cambio climático es indispensable determinar los factores clave que inciden sobre este fenómeno, y uno de estos son las ciudades. Las ciudades albergan cerca del 54% de la población mundial, al mismo tiempo que son responsables del 60% de las emisiones de dióxido de carbono del mundo (Figura 1) (ONU Habitat, 2016).

Costa Rica es un país que no se aleja de esta realidad, ya que en el informe bienal de actualización ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el

Cambio Climático, se especifica que en los últimos 20 años, la población ha aumentado un 47% y de esta, la mayoría se encuentra en el Gran Área Metropolitana (MINAE & IMN, 2015).

En este contexto, es necesario brindar mayor monitoreo y atención a las ciudades en cuanto a su generación de gases a efecto invernadero (GEI). Para esto, es de suma importancia contar con inventarios de GEI como herramienta que permita conocer las cantidades que se están emitiendo. De esta forma, es posible identificar las medidas prioritarias a tomar para apoyar su disminución mediante proyectos de reducción estratégicos en los sectores de mayor aporte a las emisiones.

Por su parte, Costa Rica adquirió como compromiso ante la comunidad internacional una Contribución Nacionalmente Determinada de alcanzar un máximo absoluto de 9 374 000 Toneladas CO<sub>2e</sub> netas al 2030, lo cual es elocuente con las metas establecidas en el Acuerdo de París.

Con el propósito de crear una hoja de ruta para trabajar la descarbonización de la economía costarricense, así como de promover la resiliencia de esta, el Gobierno del Bicentenario lanza en 2018 el Plan Nacional de Descarbonización como una herramienta para “transformar el modelo de desarrollo basado en la bioeconomía, el crecimiento verde, la inclusión y la



Figura 1. Relación ciudades y cambio climático

mejora de la calidad de vida de la ciudadanía” (Plan Nacional de Descarbonización, 2018). Este plan viene a priorizar las tareas en los sectores que representan mayor generación de GEI, y además, establece como meta para el 2050, emisiones netas 0.

El Plan Nacional de Descarbonización se organiza en tres grandes etapas: una etapa inicial que va de 2018-2022, una segunda etapa conocida como de inflexión que se extiende de 2023-2030, y una etapa final de normalización del cambio que se planifica para el periodo 2031-2050.

Debido a la importancia de los inventarios GEI como herramienta de gestión para contribuir a la descarbonización de la economía y a la visualización de las municipalidades como generadoras de desarrollo, se creó la categoría cantonal del PPCN. Este programa tiene como objetivo concientizar, involucrar y brindar a los cantones y distritos un mecanismo para reportar, reducir, compensar y verificar sus emisiones de GEI. En este sentido, el PPCN favorece el análisis de cuánto están contribuyendo los cantones en las metas nacionales de la descarbonización, así como en los compromisos internacionales que hemos adquirido como país.

Este documento es la tercera versión de la guía, como resultado de las experiencias obtenidas durante dos proyectos piloto realizados en el 2018 y 2019 con la participación de un total de 20 gobiernos locales. Ambas experiencias han permitido identificar mejoras en el programa, alianzas con entidades y organizaciones claves, así como buenas prácticas y estrategias para la implementación futura en el resto de las municipalidades del país.

La primera versión se realizó mediante la consultoría para el diseño de un programa de reporte, reducción y compensación de emisiones de GEI a nivel de cantones de Costa Rica en el marco del proyecto Facilitando la Implementación y Preparación para la Mitigación (FIRM 2), ejecutada por el Centro para la Sostenibilidad Urbana para la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Energía, con el apoyo de Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible y con el financiamiento de UNED DTU

Partnership. Las dos versiones siguientes, han sido desarrolladas por la Cooperación alemana para el desarrollo (GIZ) con el apoyo de las organizaciones ALIARSE y el Centro para la Sostenibilidad Urbana.

## 1.2. OBJETIVO DE LA GUÍA

El objetivo de este documento es guiar a los cantones y los distritos de Costa Rica para la implementación del Programa país carbono neutralidad cantonal de acuerdo con la metodología y las acciones de mitigación identificadas y desarrolladas para este fin<sup>1</sup>.

## 1.3. ¿A QUIÉN SE DIRIGE ESTA GUÍA?

Esta guía está desarrollada para los cantones y los distritos que asuman el compromiso de participar de manera voluntaria en el Programa País Carbono Neutralidad.

# CAPÍTULO 2.

## PASOS PARA IMPLEMENTAR EL PROGRAMA PAÍS CARBONO NEUTRALIDAD CANTONAL MODALIDAD CARBONO INVENTARIO

El PPCN establece un sistema de cinco reconocimientos<sup>1</sup>: Carbono Inventario, Carbono Reducción, Carbono Reducción Plus Carbono Neutral y Carbono Neutral Plus. A continuación, se explican los pasos para lograr el reconocimiento hasta el Carbono Neutral.

### PASO 1. COMPROMISO MUNICIPAL

Los cantones o distritos que deseen iniciar el proceso de participación en el PPCN deben primeramente haber tomado el acuerdo del Concejo Municipal o de Distrito para participar en el programa y presentar como evidencia a la Dirección de Cambio Climático la carta con el acuerdo tomado, donde se comprometen explícitamente a implementar las acciones para la medición, reporte y verificación, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal, según el reconocimiento al que deseen aplicar. En el anexo 1 se encuentra el formato de carta.

#### BUENAS PRÁCTICAS



##### Asignación de recursos humanos requeridos:

Designar a una persona como líder interno del proyecto que se encargue de recopilar la información necesaria, de organizar las reuniones y talleres pertinentes, así como de estar pendiente de los canales de comunicación con la DCC y otras demás organizaciones involucradas.

##### Asignación de recursos municipales:

La municipalidad puede destinar parte de su presupuesto para la aplicación de encuestas en la zona residencial y de fincas, para ello se puede evaluar la readequación de las jornadas de algunos funcionarios como los recolectores municipales de residuos.

### PASO 2. CREACIÓN DE LA COMISIÓN INTERSECTORIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Con el objetivo de distribuir las responsabilidades que implican la elaboración de un inventario de GEI a nivel cantonal, los participantes deben conformar desde las etapas iniciales de planificación del proyecto, una Comisión Intersectorial de Cambio Climático oficializada mediante acuerdo del Concejo Municipal o Distrital según corresponda.

Esta comisión se sugiere que esta comisión sea coordinada por el gestor ambiental municipal o encargado de ambiente en el Concejo de Distrito e integrada por representantes de todos los sectores generadores de las fuentes de emisiones a reportar.

El número de integrantes de la comisión debe ser valorado por cada cantón o distrito participante de acuerdo con sus necesidades y el nivel de compromiso de los integrantes en dicha comisión. Sin embargo, se sugiere que la comisión integre lo siguientes actores:

- El Gestor ambiental municipal o encargado de ambiente
- Un representante de la Alcaldía o de la Intendencia según corresponda.
- Un representante del Ministerio de Ambiente y Energía
- Un representante del Ministerio de Salud
- Un representante del Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Un representante del Ministerio de Obras Públicas y Transportes
- Representantes del sector empresarial
- Representantes de la sociedad civil
- Representantes del sector comercial
- Representantes de alguna institución de educación superior

La comisión será la encargada de la ejecución y seguimiento de la implementación de las acciones y medidas propuesta en el marco de la participación en el PPCN. Entre las funciones de esta comisión se encuentran:

<sup>1</sup> Para consultas específicas sobre las categorías consulte el documento del Programa País Carbono Neutralidad Cantonal.

1. Elaborar el plan de trabajo para la implementación del PPCN.
2. Coordinar con los diferentes sectores la obtención de la información necesaria para el inventario de GEI.
3. Elaborar el informe inventario de GEI.
4. Monitorear el avance en la ejecución de las actividades propuestas en el plan de trabajo.
5. Establecer los procedimientos e instructivos para asegurar la continuidad del proceso de reporte cada tres años<sup>2</sup>.
6. Llevar una bitácora o fólder virtual o en físico donde se documenten las minutas de las reuniones y las gestiones realizadas.

Para la puesta en marcha de la comisión se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Obtener el compromiso municipal para la participación en el PPCNC y la creación de la comisión.
2. Incluir la participación en el PPCNC en el Plan Operativo Anual de gestor ambiental.
3. Crear la Comisión Intersectorial de Cambio Climático.
4. Presentar el proyecto al Concejo Municipal para su oficialización y asignación de presupuesto.



### **BUENAS PRÁCTICAS**

Uno de los principales objetivos de la Comisión consiste en la distribución de las responsabilidades implicadas en la elaboración de un inventario GEI Cantonal. En este sentido, aquellas municipalidades vecinas participantes pueden tomar ventaja de su cercanía geográfica para incluir algunos miembros compartidos en sus comisiones, esto porque se presenta la posibilidad de que tengan similitud en sus principales industrias y actividades económicas. Esta práctica permitirá agilizar algunos pasos posteriores en la metodología, como lo es la recopilación de la información.

## **PASO 3. SELECCIÓN DEL LÍMITE DEL INVENTARIO**

Como tercer paso, una vez creada y en funcionamiento, la Comisión intersectorial de cambio climático debe definir el límite, las fuentes a reportar y su alcance.

Sobre el límite del inventario este puede ser:

1. Cantonal: incluyendo la totalidad del área geográfica del cantón.
2. Distrital: este tipo de límite aplica para los distritos con Concejo de Distrito reconocido o para aquellos cantones donde la municipalidad establezca que va a participar del programa en uno o varios distritos, pero no en la totalidad del cantón.

## **PASO 4. SELECCIÓN DE LAS FUENTES, LOS SECTORES Y SU ALCANCE A REPORTAR**

Luego de definir el límite del inventario, se deben identificar las fuentes y seleccionar los sumideros y emisiones con su alcance a reportar. Las fuentes se clasifican en cinco sectores, los cuales se dividen en subsectores que corresponden a las actividades que generan emisiones de GEI dentro del sector. En el cuadro 1 se describen fuentes por sector y subsector.

<sup>2</sup> El periodo de reporte establecido por el PPCNC es de tres años.

## CUADRO 1. DESCRIPCIÓN DE CADA SECTOR Y SUBSECTOR DE EMISIONES DE GEI EN UNA CIUDAD

| SECTOR ENERGÍA ESTACIONARIA   |  |
|---|--|
| GEI a reportar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)</li> </ul>  |
| Subsectores   | Definición   |
| <b>1.1. Edificios residenciales</b>                                       | Todas las emisiones provenientes del uso de energía en los hogares del cantón o distrito.  |
| <b>1.2. Edificios e instalaciones comerciales</b>                         | Todas las emisiones provenientes del uso de la energía en los edificios e instalaciones comerciales del cantón o distrito. Ej.: tiendas, mercados, malls, supermercados y otros.   |
| <b>1.3. Edificios e instalaciones institucionales</b>                     | 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.   |
| <b>1.4. Construcción e industrias manufactureras</b>                      | 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.  |
| <b>1.5. Industrias energéticas</b>  | 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.   |
| <b>1.5.1. Generación de energía suministrada por red</b>                  | 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.  |
| <b>1.6. Fuentes no especificadas</b>                                      | Todas las demás emisiones provenientes de instalaciones que producen y consumen energía no especificados en otra parte.  |
| <b>1.7. Emisiones fugitivas provenientes de combustibles</b>              | <p>Incluye todas las emisiones intencionales y no intencionales provenientes de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte del combustible hasta el punto de uso final.</p> <p>Nota: Algunos usos de productos también pueden dar lugar a emisiones denominadas "fugitivas", tales como la liberación de refrigerantes y de extintores de incendios. Estos se deberán reportar en el sector de procesos industriales.</p> |
| <b>1.8. Minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón</b> | Incluye todas las emisiones intencionales y no intencionales provenientes de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte del combustible en el cantón o distrito.  |
| <b>1.9. Petróleo y sistemas de gas natural</b>                            | 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.  |

| SECTOR TRANSPORTE                     |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>GEl a reportar</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>• Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)</li> </ul>  |
| <b>Subsectores</b>                    | <b>Definición</b>  |
| <b>2.1. Transporte por Carreteras</b> | Emisiones de los autos, taxis, autobuses eléctricos o que funcionan con combustibles, que se movilizan dentro de los límites del cantón o el distrito.   |
| <b>2.2. Ferroviario</b>               | 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 el distrito.  |
| <b>2.3. Transporte marítimo</b>       | 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. |
| <b>2.4. Aviación</b>                  | 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.                                  |
| <b>2.5. Fuera de carreteras</b>       | Emisiones de los equipos de soporte terrestre en aeropuertos, tractores agrícolas, motosierras o 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.                           |

| SECTOR RESIDUOS  |  |
|--|--|
| <b>GEl a reportar</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (No biogénico)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>• Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)</li> </ul> |
| <b>Subsectores</b>   | <b>Definición</b>  |
| <b>3.1. Residuos sólidos generados en la ciudad que son dispuestos en rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto</b> | Emisiones provenientes de la disposición de residuos en vertederos como acumulaciones de residuos en lotes baldíos o dispuestos en rellenos sanitarios.                                  |
| <b>3.2. Residuos sólidos generados en la ciudad que son tratados biológicamente</b>  | Emisiones provenientes de sistemas de tratamiento de residuos biológicos como biodigestores, procesos de compostaje o reactores biológicos anaerobios.                                   |
| <b>3.3. Residuos sólidos generados en la ciudad que se incineran o se queman a cielo abierto</b>                           | Emisiones de la quema de residuos.   |
| <b>3.4. Aguas residuales generadas en la ciudad</b>  | Emisiones de las aguas residuales generadas en el cantón o distrito y que se tratan en instalaciones públicas o privadas.  |



| SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS |  |
|---|--|
| <b>GEI a reportar</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>• Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)</li> <li>• Hidrofluorocarbonos (HFC)</li> <li>• Perfluorocarbonos (C<sub>x</sub>F<sub>x</sub>)</li> <li>• Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)</li> <li>• Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>)</li> <li>• Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)</li> <li>• Clorofluorocarbonos (CFC)</li> </ul> |
| Subsectores                                     | Definición   |
| <b>4.1 Procesos industriales</b>                | Emisiones provenientes de la producción y uso de productos químicos, minerales y producción de metales dentro de los límites del cantón o distrito.  |
| <b>4.2 Uso de Productos</b>                     | 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.   |

| SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA |   |
|--|---|
| <b>GEI a reportar</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>• Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)</li> </ul>   |
| Subsectores  | Definición  |
| <b>5.1 Ganadería</b>                                       | 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. |
| <b>5.2 Suelo</b>   | Emisiones provenientes de las transformaciones del carbono en los ecosistemas por cambios en el uso del suelo según su tipo: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos u otros.                          |

Con respecto al alcance, este término define y describe las fronteras lógicas de las emisiones a reportar por sector, de forma que exista claridad sobre lo que se incluye en el inventario de GEI y aquello que queda fuera de él. En un inventario de GEI en el nivel de ciudades, como es el caso del PPCNC, esas fronteras lógicas las determina la ubicación geográfica donde se generan las emisiones y de acuerdo con esta, existen tres tipos de alcance:

La figura 2 ilustra los tipos de alcances.

Para la selección de las fuentes y alcances a reportar, la Metodología para la medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de GEI a nivel cantonal para Costa Rica, establece dos tipos de fuentes de emisión por reportar con sus respectivos alcances: las obligatorias y las opcionales (cuadro 2).

### ALCANCE 1:

Emisiones de gases de efectos 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:

Las 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.

- Las fuentes de reporte obligatorio son aquellas que todo cantón o distrito participante del programa debe contabilizar, con la excepción de que se presente alguna de las condiciones que amerite su omisión o no cálculo, en cuyo caso se debe documentar en el informe del inventario, usando la notación establecida en el cuadro 3.
- Las fuentes de reporte opcional son aquellas donde la contabilización en el inventario queda a criterio del participante, de acuerdo con su relevancia para el cantón o distrito.

En el cuadro 2, se detallan las fuentes por sector que obligatorias y opcionales para reportar.

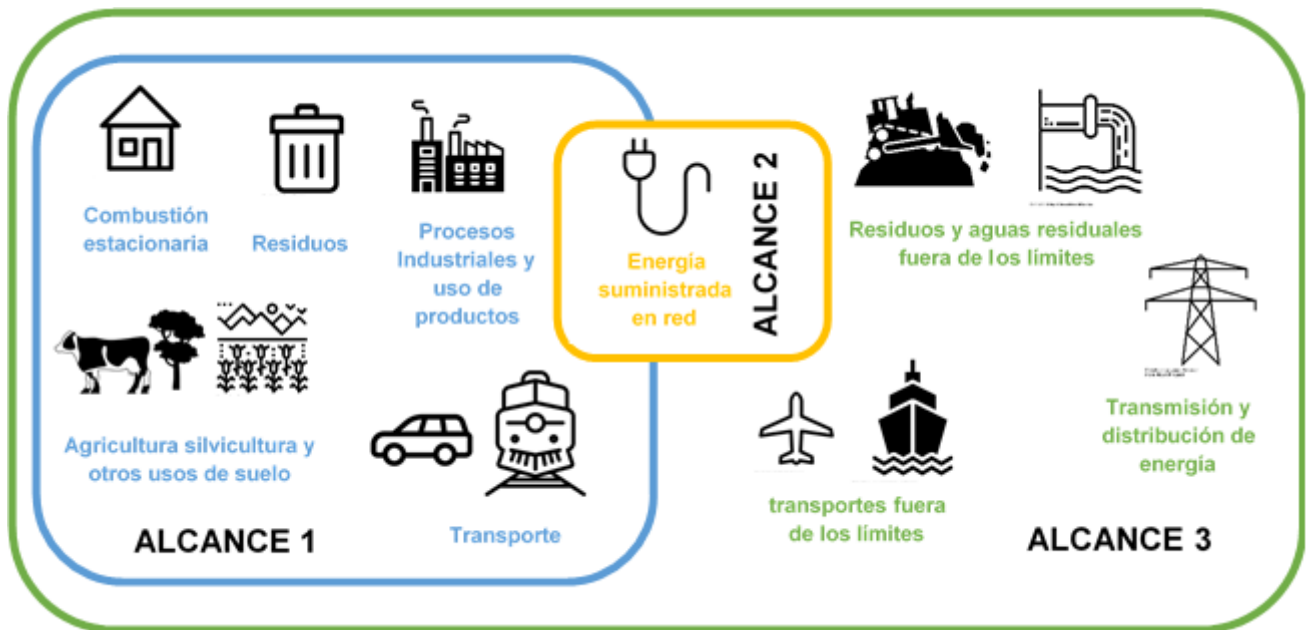


Figura 2. Tipos de alcances en un inventario de GEI cantonal

**CUADRO 2. FUENTES DE EMISIÓN A REPORTAR POR ALCANCE**

| SECTOR                          | SUBSECTOR  | ALCANCE 1   | ALCANCE 2   | ALCANCE 3 |
|---------------------------------|--|-------------|-------------|-----------|
| <b>ENERGÍA<br/>ESTACIONARIA</b> | 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 |
| <b>TRANSPORTE</b>               | Por carretera  | Obligatorio | Obligatorio | Opcional  |
|                                 | Ferrovionario  | 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   |
|---|---|-------------|-----------|-------------|
| <b>RESIDUOS</b>   | 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 |
| <b>PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS</b>         | Procesos industriales   | Obligatorio | No aplica | No aplica   |
|   | Uso de productos  | Obligatorio | No aplica | No aplica   |
| <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO</b> | 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 <sub>2</sub> | 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.

## Notación para la exclusión de una fuente de reporte obligatorio

En la elaboración de inventarios de GEI a nivel cantonal, la recolección de los datos es un proceso en cual existe una alta variabilidad en la calidad, formato e integridad de los datos, o incluso estos no estén contabilizados. Cuando el participante se encuentre con barreras en la elaboración del inventario como la confidencialidad de la información o cuando la fuente de emisión obligatoria de reportar no ocurre en el cantón, la notación y los criterios establecidos en el cuadro 3 será usada.

### CUADRO 3. CLAVES DE NOTACIÓN PARA LA EXCLUSIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN OBLIGATORIAS DE REPORTAR.

| Clave de notación | Condición                | Descripción   |
|-------------------|--------------------------|---|
| IE                | Incluida en otro lugar   | Las emisiones de GEI para esta actividad se han estimado y se presentan en otra categoría del inventario. Esa categoría debe indicarse en el reporte. |
| 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 del cantón.  |
| C                 | Información confidencial | Las emisiones de GEI podrían conllevar a la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.                        |

#### BUENAS PRÁCTICAS



El involucrar a la Comisión de Cambio Climático en un proceso de diagnóstico inicial de las actividades del cantón permite aprovechar los conocimientos provenientes de los diferentes sectores a los cuales representan sus miembros, y así, obtener un mejor panorama de la realidad cantonal. De igual forma, se obtienen contactos útiles para llevar a cabo los siguientes pasos de la metodología.

Como estrategia para este diagnóstico inicial se pueden generar matrices de control por alcance, con las que se pueda resumir si se posee o no una fuente en el cantón, los datos necesarios para la cuantificación, así como observaciones adicionales y pertinentes.

## PASO 5. ELECCIÓN DEL AÑO BASE

Con el fin de realizar una comparación significativa y consistente de las emisiones del cantón a través del tiempo, las municipalidades o concejos de distrito deberán establecer un año base de acuerdo con sus condiciones y disponibilidad de información en su cantón o distrito. Este año base es el punto de partida para dar seguimiento al avance de las acciones y los proyectos de reducción de emisiones de GEI (Figura 3).

Cuando un participante realiza por primera vez su inventario, el año base es el mismo año de reporte. Cuando el cantón o distrito se encuentre con algunas de las siguientes condiciones será necesario realizar un recálculo o cambio del año base:

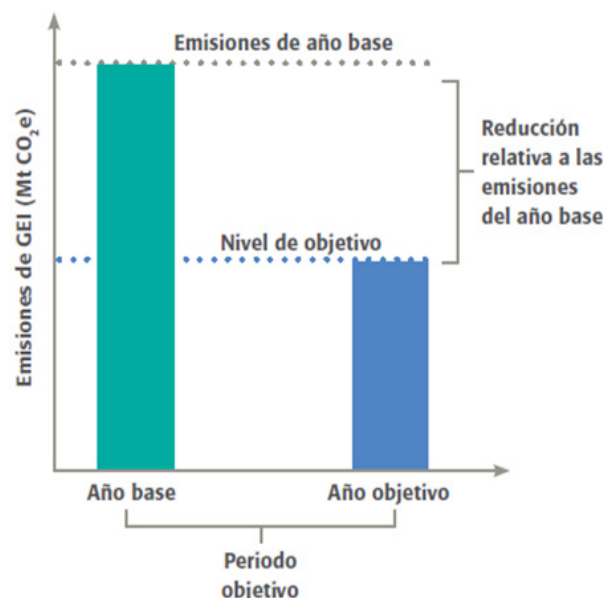


Figura 3. Ejemplo de comparación de metas de reducción de emisiones del año base. Fuente: GPC, 2014

- a. 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 ocurrió en el cantón de Grecia al dividirse en dos cantones Grecia y Río Cuarto.
- b. Cambios en el método de cálculo o mejoras en la precisión de los datos. Por ejemplo: si un cantón realiza por primera vez el inventario en el sector transporte utiliza el método de venta de combustible, pero para la próxima vez que realiza el inventario utiliza el método de estudios origen-destino y esto cambia drásticamente los datos del inventario.
- c. Detección de errores significativos. Por ejemplo: cuando se determine que en la hoja de cálculo utilizada para contabilizar las emisiones tenía un error en alguna fórmula que cambia los datos en más de un 10% de total calculado.

## PASO 6. DEFINIR AÑO DEL REPORTE

**E**l inventario GEI cantonal o distrital requiere la contabilización de las emisiones de 12 meses completos y continuos en año natural.

La Comisión Intersectorial de Cambio Climático debe valorar la disponibilidad de información existente o por adquirir para las fuentes a reportar o si ya se han hecho inventarios en años anteriores y definir el año sobre el cual van a reportar sus emisiones.

El periodo entre reporte está establecido cada 3 años como una regla del PPCNC con el objetivo de facilitar el proceso de contabilización y reporte de emisiones a nivel cantonal o distrital. Así, por ejemplo, si un cantón reporta su primer año 2018, el próximo inventario lo debe reportar el 2021.

Sin embargo, si un cantón o distrito participante desea elaborar sus reportes en un periodo menor que cada 3 años lo puede hacer, para ello debe notificar a la DCC.

## PASO 7. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN POR SECTORES

**L**a Comisión Intersectorial de Cambio Climático es la encargada de definir la metodología para la recopilación de datos, incluyendo:

- La identificación de los actores que deben facilitar la información y los procedimientos para solicitarla.
- Los instrumentos (entrevistas, encuestas, conteos, solicitudes a instituciones, muestreos u otros) para la recopilación.
- La cantidad de recurso humano necesario para aplicar las encuestas o instrumentos que se definan, para esto pueden recurrir a convenios con universidades o la empresa privada que colabore con estudiantes o personal.
- El método de cálculo de las emisiones de GEI para cada sector de acuerdo con las condiciones locales y la disponibilidad de información.

Para el cálculo de las emisiones GEI por sector, se sugiere utilizar la priorización indicada en el cuadro 4, donde 1 representa el método de mayor facilidad de cálculo y 4 representa el método de mayor complejidad. En el caso de las emisiones de sector Procesos Industriales y Uso de productos se debe consultar el Capítulo 7 del GPC.

## SECTOR

### ENERGÍA ESTACIONARIA

| Fuente   | Método de cálculo   | Prioridad <sup>4</sup> |
|--|---|------------------------|
| 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                      |

| <b>TRANSPORTE</b>  |   |                  |
|--|---|------------------|
| <b>Fuente</b>  | <b>Método de cálculo</b>  | <b>Prioridad</b> |
| 1. Venta de combustible  | 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.   | 1                |
| 2. Estudios de origen destino  | 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.   | 2                |
|  | 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.  | 3                |
|  | 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 ( en caso de no existir aquellos factores nacionales consultar la metodología del IPCC u otra referencia robusta: Ver ejemplos en anexo 7) | 4                |
| 3. Cálculo geográfico  | Contabilizar todo el tráfico que ocurre dentro de los límites de la ciudad, independientemente de su origen o destino.  | 5                |
| <b>RESIDUOS</b>  |   |                  |
| <b>Fuente</b>  | <b>Método de cálculo</b>  | <b>Prioridad</b> |
| 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 <sup>3</sup> : 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                |

<sup>3</sup> Para más información sobre el método de cálculo revisar el capítulo 8 del GPC.



| 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. <sup>4</sup>                                      | 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                |
| <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO</b>  |  |                  |
| <b>Fuente</b>  | <b>Método de cálculo</b>   | <b>Prioridad</b> |
| 1. Cálculo de las emisiones de la generación por la ganadería                                      | Contabilizar el total de emisiones provenientes de actividades pecuarias y multiplicadas por los factores de emisión nacionales.   | 1                |
|  | Para aquellas actividades 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. <sup>4</sup>   | 2                |
| 2. Cálculo de las emisiones por cambios de uso de la tierra  | Contabilizar el total de emisiones o remociones según la actividad multiplicado por los factores de emisión nacionales.  | 1                |
|  | Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, 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. | 2                |

Se recomienda usar la metodología de ganancias y pérdidas de carbono de cambios de uso del suelo del IPCC Volumen 4, la cual se puede complementar con el uso de la norma INTE DN 03:2016 Metodología para la cuantificación y reporte de remociones de gases de efecto invernadero producto de actividades forestales.

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).

Como se indica en el cuadro 4, para el cálculo de las emisiones, se requiere de la información de consumos de diferentes formas de energía y materiales, para identificar los actores que pueden facilitar la información de las emisiones de GEI por sector. En el cuadro 5 se proporciona una lista general de institucionales a las cuales se puede solicitar información, por ejemplo, datos de consumo de electricidad residencial o industrial. Sin embargo cada cantón o distrito puede tener otros actores involucrados que se deben contemplar para la recopilación de información. Consultar los anexos 2 y 3 de este documento donde se encuentran los formatos de carta para solicitud de información al sector público y privado.

<sup>4</sup> Este documento lo puede acceder en: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5\\_Volume5/V5\\_5\\_Ch5\\_IOB.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf)

**CUADRO 5. 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   |
|-----------------------------|--|---|--|
| <b>ENERGÍA ESTACIONARIA</b> | Empresa privada  | Datos del consumo de combustible fósil por empresa.                                 | Litros de combustible por tipo, utilizado en equipos diferentes de medios de transporte.<br>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:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo ICE</li> <li>• Compañía Nacional de Fuerzo y Luz</li> <li>• Coopelesca</li> <li>• CoopeAlfaroRuiz</li> <li>• CoopeGuanacaste</li> <li>• Coopesantos</li> <li>• Empresa de Servicios Públicos de Heredia</li> <li>• JASEC</li> </ul> | Datos del consumo de electricidad desglosado por cantón.                            | Kilowatts de consumo por sector residencial, industrial, general u otros (de acuerdo con las tarifas eléctricas).  |
| <b>TRANSPORTE</b>           | 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 y conteos vehiculares).   |
|                             | Compañías generadoras de electricidad:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo ICE</li> <li>• Compañía Nacional de Fuerzo y Luz</li> <li>• Coopelesca</li> <li>• CoopeAlfaroRuiz</li> <li>• CoopeGuanacaste</li> <li>• Coopesantos</li> <li>• Empresa de Servicios Públicos de Heredia</li> <li>• JASEC</li> </ul> | Registro de consumo actualizado de los cargadores eléctricos.                       | Kilowatts consumidos por cargador eléctrico instalado.   |

| Sector  | Actor  | Información por suministrar   | Unidad de medida de la información  |
|---|--|---|---|
|   | Compañías de autobús                               | Registro de consumo de combustibles, rutas y distancias recorridas.                 | Litros de combustible desglosado por tipo.<br>Cantidad de rutas recorridas.<br>Kilómetros recorridos.   |
|   | Compañías de transporte de turismo                 |   |   |
|   | Compañías de taxi                                  |   |   |
|   | Dirección de Aviación Civil y aeropuertos privados | Registro de consumo de combustibles<br>Datos de cantidad de vuelos.                 | Litros de combustible desglosado por tipo.<br>Cantidad de viajes realizados y respectivos datos de origen - destino.  |
| <b>RESIDUOS</b>                                 | Ministerio de Salud/<br>Área Rectora               | Datos de generación de aguas residuales por cantón.                                 | DQO y m3 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 m3 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).<br>DQO y m3 de aguas residuales generadas desglosado por tipo de sistema de tratamiento: lodos activados, reactores anaerobios u otros. De ser posible, incluir parámetros de entrada y/o de diseño del sistema de tratamiento (DQO y m3). |
| <b>PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS</b> | Empresa privada                                    | Datos de las emisiones por procesos industriales y uso de productos por empresa.    | Kilogramos de las recargas de refrigerantes.<br>Kilogramos de CO2 recargados en extintores.<br>Kilogramos de lubricantes.   |
|   | Programa Bandera Azul Ecológica                    | Datos comerciales e industriales recopilados de uso de refrigerantes y lubricantes. | Kilogramos de las recargas de refrigerantes.<br>Kilogramos de lubricantes.<br>Kilogramos de CO2 recargados en extintores.   |

| Sector   | Actor                                 | Información por suministrar  | Unidad de medida de la información  |
|--|---------------------------------------|--|---|
| <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA</b> | 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.<br>Número de cabezas de ganado que existen en el cantón clasificado por tipo, propósito, sexo y edad.<br>Listado de fincas agrícolas por tipo de cultivo y respectivas áreas.<br>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.  |

## BUENAS PRÁCTICAS



Se ejemplifican diferentes puntos que la Comisión Intersectorial debe definir durante el proceso de implementación:

### **-Identificación de actores que deben facilitar la información y procedimientos para solicitarla**

Las municipalidades tienen acceso a las patentes comerciales que se gestionan internamente. Estas patentes son útiles para identificar la población total y aplicar la encuesta a una muestra representativa del sector correspondiente. A raíz de esta herramienta, se pueden abordar diferentes estrategias de recopilación de datos tales como: como envío de formularios a los correos electrónicos registrados en las patentes. Otra posible estrategia, pero que requiere de mayor tiempo de recuperación de los datos y logística, es aprovechar el proceso de renovación de las patentes como una oportunidad para facilitar la identificación de los tipos y cantidades de comercios que hay en el cantón, además del llenado de las encuestas de emisiones de GEI con los datos de interés.

## BUENAS PRÁCTICAS



### -Diseño de encuesta:

Uno de los principales desafíos a la hora de diseñar encuestas, radica en el lenguaje que debe ser utilizado para lograr la comprensión del encuestado, y así, obtener respuestas reales. Una estrategia útil es valerse de imágenes para ayudar al encuestado a dimensionar ciertos datos. Por ejemplo, la cantidad exacta de gas licuado de petróleo que consume en un período determinado puede ser desconocida para muchos, en cambio, si se relaciona la cantidad con una imagen de uso cotidiano, se puede eliminar esta barrera y conseguir una respuesta. En la siguiente imagen se ejemplifica lo descrito.

Por otra parte, realizar encuestas lo más completas posibles en los subsectores de fincas, residencial, comercial, e industrial; permite obtener una alta segregación en el consumo de combustibles fósiles y en la generación de residuos. Esta acción representa una buena práctica, ya que contribuye a disminuir el error en las estimaciones contra un escenario en el que se utilizan datos de estadísticas antiguas o nacionales (además del inherente de la metodología por ventas de combustibles) que no necesariamente representan las movilizaciones en el cantón.

## BUENAS PRÁCTICAS



### -Capital humano para aplicar encuestas:

Es necesario generar las capacidades en el recurso humano encargado de aplicar y digitar las encuestas. Para ello se pueden generar alianzas con las universidades de modo que los estudiantes contribuyan con su aplicación. Incluso se puede acudir a los recolectores de residuos, asociaciones de desarrollo, juntas de centros educativos, entre otros. Este tipo de colectivos que poseen amplio conocimiento de sus comunidades y pueden facilitar la labor de aplicar encuestas en los diferentes sectores.

Por otro lado, es recomendable que las capacidades de diseño, ejecución y el análisis de encuestas queden establecidas dentro de las tareas municipales. Incluso, se podría contar con el apoyo de un profesional en el área de estadística para establecer un método de muestreo probabilístico apropiado. En esta misma línea, es necesario fortalecer la relación interdepartamental de la Municipalidad, para que todos los funcionarios conozcan de la trascendencia del proyecto y colaboren con la transferencia de información necesaria para cumplir con el objetivo. Es importante considerar actividades de comunicación que involucren a los jefes de departamentos, regidores y alcaldes.

En algunos cantones, es importante generar y mantener registros de los eventos masivos llevados a cabo en determinadas épocas. Algunos datos que pueden ser de interés son: población flotante, medios de transporte utilizados, fuentes de energía necesarios y generación de residuos. Para ello, se puede trabajar juntamente con los organizadores y proveedores de estos eventos.

Finalmente, se recomienda elaborar términos de referencia con las especificaciones técnicas requeridas en aquellos casos que la municipalidad no cuente con el recurso humano interno disponible y deba contratar personal externo para realizar el inventario de GEI del cantón.

## PASO 8. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS EMISIONES POR SECTORES Y FUENTES

Una vez que los instrumentos y los métodos de cálculo estén seleccionados, se procede a la fase de recopilar la información por sectores, es decir, aplicar las encuestas o solicitar la información a las instituciones y sector privado.

Esta etapa debe ser archivada siguiendo un procedimiento de registro definido y establecido por la Comisión Intersectorial del Cambio Climático y un formato (número de consecutivo, machote de documento u otro) que facilite su acceso y localización. La organización en esta fase es primordial para consultas posteriores y para la etapa de verificación del inventario.

Es trascendental iniciar de manera temprana con el plan de recopilación de datos, considerando la necesidad de asignar recursos para la realización de acciones que permitan contar con información actualizada del cantón. Esto, bajo el entendimiento de que el inventario se debe realizar cada 3 años.

Esta etapa corresponde a la ejecución de las estrategias para recuperar la información requerida para alimentar el inventario. Es por ello, que es de suma importancia llevar un control de las solicitudes de información, en miras de obtener los datos con la mejor calidad posible y dentro del cronograma establecido. Una buena práctica para esta gestión es la creación de una matriz para darle seguimiento a las solicitudes enviadas. Se aconseja que esta herramienta se desarrolle en una hoja de excel con las siguientes columnas:

- Sector al que corresponde
- Información a solicitar
- ¿A quién se le solicita la información?}
- Instrumento,
- Contacto,
- ¿Se envió la solicitud?
- Fecha de envío
- Unidad de medida
- Estado de la solicitud de la información,
- Última fecha de seguimiento.
- observaciones adicionales.

Una estrategia de gran utilidad es acudir a plataformas online para la aplicación de encuestas vía digital, y dirigidas a comercios, instituciones, fincas y hogares. Estas herramientas permiten a los encuestados enviar sus respuestas incluso desde un teléfono celular. Para darle mayor impacto a esta estrategia, se puede vincular al departamento de comunicación municipal, de forma que desarrollen una campaña de difusión incluyendo el diseño gráfico de la misma y facilitando su posterior distribución (por ejemplo, mediante las redes sociales municipales).

Algunos sectores económicos son bastante recelosos con su información, por lo que eventualmente podrían compartirla únicamente con personas de su confianza. En estos casos, se pueden abordar estrategias como la alianza con las respectivas cámaras de producción, asociaciones locales de productores, entre otros.

| SECTOR    | FACTOR DE EMISIÓN  |
|-----------|--|
| TRANPORTE | Una de las principales debilidades que presenta la metodología de cálculo de emisiones por venta de combustibles para el sector transporte, es que no permite, per se, conocer el alcance en el cual se clasifican estas. Por tanto, la aplicación de encuestas origen - destino, al mismo tiempo que encuestas al sector de taxistas y empresas autobuseras dentro del cantón, puede permitir realizar una caracterización de estas emisiones y diseñar mejores acciones de mitigación. |
|           | Unos de sectores que suele representar mayores desafíos para la obtención de datos es el consumo de combustibles en vehículos fuera de carretera, por lo que se puede acudir a estudios realizados previamente por la academia, entidades nacionales u otro tipo de organizaciones, de forma que se pueda realizar una estimación adecuada.  |
| RESIDUOS  | Al ser las municipalidades las encargadas de la gestión de los residuos en el cantón, se espera que mantengan un buen control de la cantidad de residuos sólidos que generan y envían a los rellenos sanitarios. En aquellos casos específicos que tengan a cargo, por ejemplo, plantas de compostaje o recolección de residuos orgánicos, es esperable un buen control de estos datos.  |
|           | Se fomenta crear una alianza con la CCSS, ya que poseen información ya procesada proveniente de los Asistentes de Atención Primaria (ATAPs) para cada cantón, y, de esta forma se aprovechan recursos actualizados y disponibles. Algunos datos que se pueden obtener de esta fuente, corresponden a consumos de GLP en los hogares.   |

|  |  |
|--|--|
| <b>INDUSTRIA Y USO DE PRODUCTOS</b>                        | <p>Este fue uno de los sectores que más desafíos presenta por diversas razones: sea porque el consumo de productos no es frecuentemente registrado, debido a la confidencialidad de los datos por parte de las empresas, o bien, las empresas que brindan los servicios asociados, no responden ante un mismo ente nacional.</p>   |
|  | <p>Por esta razón, es importante mapear y solicitar de forma efectiva, los datos de refrigerantes recargados, aceite lubricante cambiado, recarga de extintores y GLP vendido a las empresas que brindan estos servicios en el cantón.</p>   |
|  | <p>Al realizar encuestas en hogares, comercios e instituciones sobre la existencia de aires acondicionados y equipos de refrigeración, pero no lograr obtener datos de consumo de los refrigerantes, se pueden complementar con estimaciones teóricas sobre carga y fugas anuales en los equipos tipificados en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (el más actualizado). Así mismo, cualquier suposición que se realice en este sector debe estar documentada y justificada de la mejor forma posible.</p>         |
| <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA</b> | <p>En caso de que se imposibilite recolectar datos primarios sobre consumos de fertilizantes, es posible acudir a fuentes secundarias como las estructuras de costos (avíos) de hortalizas elaborados con el apoyo de la Corporación Hortícola Nacional, MAG, entre otros, como insumo clave para la cuantificación del uso de fertilizantes por hectárea. De igual forma, se puede acudir a las cámaras de producción de ciertos cultivos, o bien instituciones clave especializadas, ejemplo claro de ellos es el ICAFÉ, quien maneja datos obtenidos a través de encuestas.</p> |
|  | <p>Es recomendable establecer contacto con el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, quienes manejan datos sobre quemas de cultivos y pastizales, lo que permite realizar una cuantificación adecuada de las emisiones subyacentes.</p>  |

## PASO 9. CÁLCULO DE LAS EMISIONES CANTONALES

Una vez que la información de las emisiones para los sectores y fuentes a reportar es recopilada, se procede a calcular las emisiones de GEI en términos de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Existen diferentes métodos de cálculo para los diferentes sectores dependiendo de la fuente de los datos. En el Anexo 4 de este documento se muestra el ejemplo de cálculo de emisiones para un cantón ficticio considerando la diversidad de fuentes de emisión y métodos de cálculo a utilizar.

### BUENAS PRÁCTICAS



En el caso que se identifiquen actividades generadoras de emisiones de importancia en el cantón, y para los cuales no se describe una metodología apropiada en esta guía lo más adecuado es recurrir a fuentes internacionales reconocidas. Como primera instancia, se debe acudir al IPCC y al GHG Protocol, de lo contrario, se pueden acudir a otras organizaciones internacionales con amplio trabajo en cambio climático, o bien, acceder a estudios científicos debidamente validados.

En aquellos casos en que el paso previo de la recopilación de la información se dé por medio de encuestas y por razones de fuerza mayor no se alcance una muestra representativa de la población en estudio, es importante realizar el cálculo y reporte de las emisiones sin realizar una extrapolación de las encuestas obtenidas y haciendo la salvedad de que estos datos no corresponden a una estimación del consumo total del cantón, y por tanto, no son representativos, sino un reporte parcial.

## PASO 10. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS DATOS

Después de recopilada la información, el participante debe evaluar la calidad de datos por fuente y los factores de emisión utilizados en la cuantificación, siguiendo la calificación Alta-Media-Baja, donde:

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

Algunas condiciones que se deben tomar en cuenta para clasificar la calidad de los datos se especifican en el siguiente cuadro:

**CUADRO 6. CONDICIONES PARA CLASIFICAR LA CALIDAD DE LOS DATOS**

|              |  |
|--------------|--|
| <b>ALTA*</b> | Condición 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La información fue suministrada por la autoridad competente y se encuentra incompleta.</li> <li>• La información procede de una encuesta estadísticamente representativa.</li> <li>• La información es de una medición directa.</li> </ul> |
|              | Condición 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La información corresponde al año de reporte.</li> </ul>   |
| <b>MEDIA</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La información fue suministrada por la autoridad competente, pero se tienen indicios que no está completa.</li> <li>• La información procede de un sondeo.</li> <li>• La información corresponde a estudios anteriores, máximo 5 años atrás.</li> </ul> |
| <b>BAJA</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La información fue suministrada por la autoridad competente, pero se tienen indicios que no está completa.</li> <li>• La información procede de un sondeo.</li> <li>• La información corresponde a estudios anteriores, máximo 5 años atrás.</li> </ul> |

\*Para otorgar una calificación alta se deben de cumplir todos los puntos de la condición 1 y 2, o bien, de no ser así y mantener esta clasificación, se debe aportar una fuerte justificación técnica que permita comprender la calificación otorgada.

Por otra parte, es trascendental que con cada nuevo reporte de inventario se trabaje en la mejora de la calidad de los datos, es decir, si para el primer reporte la calidad fue baja, se debe procurar alcanzar una calificación media o alta en el siguiente informe. En caso de que la calificación sea alta desde el inicio, se debe procurar mantenerla siempre de esta manera.

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

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



En el siguiente cuadro se desarrollan una serie de recomendaciones que se pueden tomar en cuenta para procurar la mejora de la calidad del inventario:

### CUADRO 7. CONDICIONES PARA CLASIFICAR LA CALIDAD DE LOS DATOS

| Aspecto                                  | Recomendación   |
|--|---|
| <b>DATOS</b>                             | Esta es la información básica sobre los niveles de actividad y factores de emisión, deben: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar completos.</li> <li>• Poseer unidades de medida correctas.</li> <li>• Ser apropiados para la fuente que se desea medir.</li> <li>• Estar disponibles.</li> </ul>  |
| <b>DATOS MÉTODOS</b>                     | Los procedimientos seguidos para realizar el cálculo de las emisiones deben incluir aspectos como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores de emisión internacionales o nacionales.</li> <li>• Fuente de la información.</li> <li>• Consideraciones o supuestos para el cálculo.</li> <li>• Acorde a las condiciones del cantón.</li> </ul>   |
| <b>PROCESOS Y SISTEMAS DE INVENTARIO</b> | Son el conjunto de operaciones o fases para realizar el inventario (institucionales, administrativos y técnicos), estos deben incluir aspectos como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Designar roles y responsabilidades.</li> <li>• Consideraciones para la formulación y aplicación de encuestas.</li> <li>• Solicitudes de información.</li> <li>• Competencias del capital humano.</li> </ul> |
| <b>DOCUMENTACIÓN</b>                     | Corresponde al registro de los métodos, datos, procesos, sistemas, supuestos y estimaciones utilizados para preparar un inventario, incluye aspectos como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad de la información.</li> <li>• Manuales de procedimientos.</li> <li>• Evidencias.</li> </ul>   |

## PASO 11. ESTABLECIMIENTO DE LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES

Con el inventario de emisiones de GEI calculado, la Comisión Intersectorial de Cambio Climático posee la información necesaria para identificar cuáles son las fuentes por sectores que generan la mayor cantidad de emisiones de GEI en su área. Para estas emisiones, preferiblemente se deben establecer proyectos o estrategias para su reducción, conocidas como acciones de mitigación.

Para orientar la toma de decisiones en cuanto las acciones de mitigación a ejecutar en el cantón o el distrito, se recomienda la utilización del Portafolio de acciones de mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a escala cantonal,

este portafolio presenta acciones de mitigación priorizadas para los sectores de residuos, movilidad sostenible y movilidad eléctrica. Adicional a estas medidas, el cantón o el distrito tiene la libertad de establecer otras acciones de reducción en esos sectores u otros sectores.

Una vez que se han identificado posibles acciones y proyectos de mitigación es importante priorizarlos, de manera que se pueda trazar una ruta de trabajo clara con los recursos disponibles. Para la priorización de las acciones de mitigación, se debe completar una matriz de evaluación tomando en cuenta los criterios técnico-ambientales, económicos y político-sociales, para se debe utilizar el Cuadro 8 donde se otorgará una calificación a cada criterio de la siguiente forma:

- SI: equivale a 1
- NO: equivale a 0.

**CUADRO 8. CRITERIOS PARA LA PRIORIZACIÓN DE LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN**

| <b>Criterios</b>            | <b>Item</b>  | <b>SI</b> | <b>NO</b> |
|-----------------------------|--|-----------|-----------|
| Técnico - ambientales       | Se puede implementar con recursos humanos y técnicos disponibles en la Municipalidad o Consejo de distrito |           |           |
|                             | Es replicable en otros espacios del Cantón o Distrito  |           |           |
|                             | El tiempo de implementación es menor a 3 años  |           |           |
|                             | Contribuye a la adaptación al cambio climático   |           |           |
|                             | Contribuye a la reducción de las emisiones en el sector de mayor emisión                                   |           |           |
| <b>TOTAL</b>                |  |           |           |
| Criterios económicos        | Tiene costos de inversión bajos (menor a €30.000.000)  |           |           |
|                             | Tiene costos bajos de operación y mantenimiento anual  |           |           |
|                             | Reduce costos operativos de la Municipalidad o Distrito a largo plazo                                      |           |           |
|                             | Genera nuevas oportunidades de negocio para el Cantón o Distrito   |           |           |
|                             | Requiere valorización de factibilidad para medir su viabilidad   |           |           |
|                             | Tiene potencial de financiamiento externo  |           |           |
| <b>TOTAL</b>                |  |           |           |
| Criterios político-sociales | Se encuentra alineado a la planificación estratégica municipal vigente                                     |           |           |
|                             | Suma o se vincula a otros proyectos locales que se han desarrollado en el Cantón                           |           |           |
|                             | Genera co-beneficios en los lugares aledaños   |           |           |
|                             | Promueve la participación ciudadana  |           |           |
|                             | Se beneficia a poblaciones socioeconómicamente vulnerables   |           |           |
| <b>TOTAL</b>                |  |           |           |

Luego de la sumatoria, se evalúan los puntajes obtenidos en la siguiente matriz de priorización para cada proyecto:

| CRITERIO          | BAJO | MEDIO | ALTO |
|-------------------|------|-------|------|
| Técnico-ambiental | 0 -1 | 2 -3  | 4 -5 |
| Económico         | 0 -1 | 2 -4  | 5 -6 |
| Político-social   | 0 -1 | 2 -3  | 4 -5 |

Una vez que la comisión haya identificado cuáles son los proyectos de reducción prioritarios y alcanzables para realizar, en el cantón o distrito, lo que procede es a confeccionar una ficha para cada proyecto como la que se muestra en el cuadro 6, donde se incluyen el responsable, los objetivos, las metas y demás información sobre la acción de mitigación. Asimismo, una acción de alcance cantonal usualmente tiene costos de inversión significativos, por lo que lo ideal es buscar opciones de financiamiento externo mediante alianzas público-privadas. Para el cálculo de las emisiones evitadas puede consultar el Anexo 8.

### CUADRO 9. FICHA PARA LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN

| Ítem   | Ejemplo   |
|--|---|
| <b>Programa, estrategia o iniciativa</b>                         | Programa de movilidad del cantón  |
| <b>Nombre de la acción de mitigación</b>                         | Mejora de la infraestructura para el transporte por bicicleta   |
| <b>Objetivo de la acción de mitigación</b>                       | Contribuir a la movilidad sostenible en el cantón central para reducir las emisiones de GEI provenientes del sector transporte por carretera. |
| <b>Entidad responsable de la acción de mitigación</b>            | Municipalidad   |
| <b>Persona contacto</b>  | Pedro Pérez Castro<br>Ingeniero Municipal Encargado de Planificación Urbana<br>pedro.perez@municipalidad.go.cr<br>Teléfono : 2345-6789        |
| <b>Sector y sub sector al que aplica la medida de mitigación</b> | Transporte- Por Carretera   |
| <b>Ubicación de la acción</b>                                    | Cantón Central  |
| <b>Gases de efecto invernadero cubiertos</b>                     | CO <sub>2</sub> - N <sub>2</sub> O - CH <sub>4</sub>  |
| <b>Descripción de la acción de mitigación</b>                    | Construcción de una ciclovía en el cantón central   |
| <b>Emisiones de GEI reducidas (ton CO<sub>2</sub>eq)</b>         | Aproximadamente 5 toneladas de CO <sub>2</sub> eq   |
| <b>Año de inicio y final de la implementación</b>                | 2020-2021   |
| <b>Fuentes de financiamiento</b>                                 | Alianza publico privada Municipalidad-Empresa Privada   |

En el caso de que los proyectos de reducción donde los límites de las acciones se compartan entre cantones y distrito, como por ejemplo, la protección de áreas boscosas o la protección de una cuenca hidrográfica para fines del inventario y de las emisiones reducidas el cantón o el distrito participante, debe reportar únicamente las emisiones de GEI que corresponde al área que se encuentra bajo el límite geográfico de su competencia.



Una vez finalizada la cuantificación de emisiones en el inventario cantonal, se busca que la Comisión Intersectorial de Cambio Climático utilice estos resultados como principal insumo para detectar los sectores que generan mayor impacto a nivel de emisiones GEI, y así, identificar proyectos o estrategias conjuntas que disminuyan este impacto.

Es decir que, si el mayor porcentaje de emisiones de un cantón se concentran en el sector de residuos, entonces, idealmente las acciones de mitigación propuestas deben atacar a este sector primariamente. De igual manera, si el inventario saca a relucir falencias en la gestión de algún sector en específico (uso de productos, por ejemplo), es aconsejable crear acciones para abordarlo también. La elección de estos proyectos debe ser resultado del proceso de priorización participativo de las ideas planteadas.

## **PASO 12. IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES**

La Comisión Intersectorial de Cambio Climático debe velar una vez establecidas las acciones mitigación por su correcta implementación, para la cual, la persona designada como responsable es la encargada de ser el gestor del proyecto y monitorear su avance en el tiempo.

La presentación del Plan de gestión de reducciones o de acciones de mitigación, deben contemplar la estructura ya establecida por la INTE B5:2016, la cuál incluye:

- La declaración de la alta dirección sobre el compromiso de la municipalidad o distrito con la Carbono Neutralidad definida en el alcance.
- Los objetivos de reducción de GEI para el alcance definido en toneladas de CO<sub>2</sub>, los cuáles deben ser adecuados a la escala de tiempo establecido para lograr la Carbono Neutralidad.
- Los recursos previstos para alcanzar y mantener las reducciones de emisiones de GEI, incluidos los supuestos realizados y justificación de las técnicas y medidas aplicadas para reducir las emisiones de GEI.
- La estrategia de reducción que se ha adoptado, incluyendo una estimación de la cantidad de emisiones de GEI que deben ser reducidas, la naturaleza de las reducciones, metas, actividades o acciones que deben realizarse, la metodología a seguir, los responsables, indicadores de seguimiento y los métodos de control que permitan la mejora continua en la gestión de GEI.
- La metodología utilizada para determinar la reducción de las emisiones de GEI.
- Los medios reales para lograr las reducciones de las emisiones de GEI.
- Justificación de la selección de la metodología y los medios elegidos, incluyendo todos los supuestos y cálculos realizados en la cuantificación de las reducciones de emisiones de GEI.

- Justificación de cualquier cambio o exclusión en su alcance.
- El periodo de tiempo escogido para medir la reducción de las emisiones de GEI.
- Las toneladas de CO<sub>2</sub>e reducidas a partir de las acciones implementadas durante el periodo de reporte. Esto incluye acciones dirigidas siempre y cuando se demuestre un control operativo.
- Un procedimiento para evaluar periódicamente el desempeño del Plan de gestión para la Carbono Neutralidad y aplicar las medidas correctivas cuando corresponda para garantizar que los objetivos sean alcanzados.
- La municipalidad o distrito participantes deberá de actualizar el Plan de gestión para la Carbono Neutralidad por lo menos cada 3 años.

## **PASO 13. COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI**

Luego de realizar la contabilización de las emisiones y establecer las acciones de mitigación, lo siguiente para alcanzar el reconocimiento carbono neutral es realizar la compensación de las emisiones que se lograron reducir.

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 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 de Pago por Servicios Ambientales en modalidad compensación, 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 revisará 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.

## PASO 14. ELABORACIÓN DEL REPORTE DEL INVENTARIO DE GEI CANTONAL

Una vez la información de las emisiones por fuentes y sectores está recopilada y realizado el cálculo de las emisiones respectivo, el establecimiento de las acciones de mitigación y la compensación de emisiones el paso siguiente es el informe del inventario de gases de efecto invernadero. Dicho documento debe incluir las siguientes secciones, utilizando la guía de contenido descrita en el Anexo 9:

| FUENTES DE EMISIONES O REMOCIONES                          |   | TOTAL POR ALCANCE (TON CO <sub>2</sub> eq) |           |           |
|--|---|--|-----------|-----------|
| SECTOR   | Subsector   | Alcance 1                                  | Alcance 2 | Alcance 3 |
| <b>ENERGÍA ESTACIONARIA</b>                                | Edificios residenciales   |  |           |           |
|  | Edificios e instalaciones comerciales e institucionales                                     |  |           |           |
|  | Construcción e industrias manufactureras  |  |           |           |
|  | Industrias energéticas  |  |           |           |
|  | Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca   |  |           |           |
|  | Fuentes no especificadas  |  |           |           |
| <b>TRANSPORTE</b>  | Por carretera   |  |           |           |
|  | Ferroviario   |  |           |           |
|  | Navegación marítima, fluvial y lacustre   |  |           |           |
|  | Aviación  |  |           |           |
|  | Fuera de carretera  |  |           |           |
| <b>RESIDUOS</b>  | 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   |  |           |           |
| <b>PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS</b>            | Procesos industriales   |  |           |           |
|  | Uso de productos  |  |           |           |
| <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA</b> | Ganadería   |  |           |           |
|  | Uso del suelo (emisiones)   |  |           |           |
|  | Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO <sub>2</sub> |  |           |           |
|  | Uso del suelo (remociones o sumideros)  |  |           |           |

### LEYENDA

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Fuentes obligatorias de reportar |  |
| Fuentes opcionales de reportar   |  |
| Fuentes excluidas de reportar    |  |

1. Una descripción del alcance del inventario conteniendo:

- Descripción del límite geográfico y político: incluir un mapa del cantón.
- Una descripción general de la ciudad, incluyendo el área geográfica total, informaciones socio-económicas de cantón o distrito, tales como la cantidad de población, la indicación del número de personas no residentes que entran al cantón o distrito 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).
- Una descripción de las actividades por sector y los alcances reportados en el inventario.
- Cualquier exclusión específica de las fuentes, instalaciones y/u operaciones específicas, utilizando la notación descrita el cuadro 3.
- El periodo del reporte, indicar el año para el cual se realizó el inventario.
- 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 siguiendo formato propuesto:

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

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

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

4. Información sobre los cambios de emisión, especificando las condiciones bajo las cuales será necesario un recalcu de emisiones, como se indica en el cuadro 5.

5. Información del plan de acciones de mitigación de emisiones y su implementación.

6. Información sobre la compensación de emisiones.

## PASO 15. VERIFICACIÓN DEL INVENTARIO DE GEI CANTONAL

Luego de realizar el reporte del inventario de GEI, la revisión de la calidad de los datos y asegurando el cumplimiento de las indicaciones descritas en cada sección de esta guía el siguiente paso es realizar la verificación del inventario, de acuerdo a las disposiciones de la Metodología para la Verificación de Inventarios oficializada por la DCC.

Para el proceso de verificación el participante debe asegurarse de haber documentado todas las acciones realizadas para la implementación del programa como lo son llevar los registros actualizados de la información de las emisiones de GEI por sector, la hoja de cálculo de las emisiones de GEI, las fichas de las acciones de mitigación implementadas, el certificado de la compensación de emisiones y el informe del inventario cantonal.

## PASO 16. APLICACIÓN AL RECONOCIMIENTO DEL PPCNC

Posterior a la verificación, el participante debe enviar a la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Energía:

1. El formulario completo DCC-PPC-FO-02 Solicitud para participar en el Programa País Carbono Neutralidad Cantonal indicando la categoría en la que dese participar dentro del PPCNC, este formulario está disponible en la página web de la DCC ([www.cambioclimatico.go.cr](http://www.cambioclimatico.go.cr)).
2. Una copia de informe de GEI que respalda la Declaración de gases de efecto invernadero del cantón o distrito participante que incluya el detalle de las acciones de reducción realizadas en caso que aplique.
3. Una copia del Informe de verificación, y en caso de que existan hallazgos que afecten los datos que respalden la carbono neutralidad, se debe presentar la evidencia de los datos finales de emisiones, reducciones, remociones y compensaciones (esta información puede reportarse por medio del informe de GEI).
4. Una copia del plan de acción con los proyectos de mitigación a desarrollar por el cantón o distrito.
5. Una copia del 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.

# Capítulo 3.

## REPORTE DE LAS ACCIONES ADICIONALES PARA LA APLICACIÓN

El cantón o el distrito que desee aplicar a los reconocimientos Carbono Reducción Plus y Carbono Neutral Plus debe:

1. Lograr que las emisiones totales del cantón o el distrito sean menores en al menos un 5% a las del reporte anterior.
2. Adicionalmente, cumplir con alguna de las siguientes condiciones:
  - a. Promover con acciones concretas (capacitación, apoyo en el desarrollo de inventario, promoción de alianzas público-privadas) la participación de sus proveedores, otras organizaciones, otros cantones o colectivos de la sociedad civil en el PPCN en sus diferentes categorías.
  - b. Demostrar que tiene implementado un programa eficaz que fomente la compra de bienes o servicios a organizaciones que cuentan con al menos el reconocimiento "Carbono Reducción" del PPCN.
  - c. Tener un cumplimiento satisfactorio de Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) solicitado por DIGECA a las instituciones públicas, es decir, presenta un resultado en la evaluación del semáforo de PGAI en estado verde, con una nota igual o superior a 85.
  - d. Promueve en el cantón o el distrito el uso de madera y subproductos de madera de origen nacional en sustitución de otros materiales no reciclados. Esta promoción la puede realizar mediante el establecimiento de políticas, reglamentos u otros instrumentos.

Para evidenciar y demostrar lo anterior en conjunto con el formulario para participar en el Programa País y el reporte del inventario que se envía a la Dirección de Cambio Climático, deben adjuntar las evidencias: informes, documentos, fotografías, certificaciones u otros que evidencien el cumplimiento de las dos acciones adicionales válidas para aplicar a los reconocimientos Carbono Reducción Plus y Carbono Neutral Plus.

# Referencias

- Instituto Meteorológico Nacional. (2016). Obtenido de Factores de emisión GEI Costa Rica: <http://cglobal.imn.ac.cr/factores-de-emision-de-gases-de-efecto-invernadero>
- Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional. (2015). Obtenido de 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>
- Organización de las Naciones Unidas Habitat. (2016). Obtenido de El cambio climático: <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/cambio-climatico/>
- World Resources Institute, Local Governments for Sustainability and C40. (2014) . GHP Protocol. Obtenido de Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades: <http://ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>





# Anexos

## ANEXO 1. FORMATO DE CARTA DE COMPROMISO PARA PARTICIPAR DEL PPCNC



Ministerio de Ambiente y Energía  
Dirección de Cambio Climático  
Programa País Carbono Neutralidad Cantonal

Logo Municipalidad

[Nombre del Cantón], [día] de [Mes] de [Año]

### CARTA COMPROMISO

**CERTIFICADO N°** \_\_\_\_\_

[Nombre del alcalde], en calidad de alcalde y presidente del Concejo Municipal de la Municipalidad [Nombre del Cantón] y miembros del Concejo Municipal, en el marco del Programa País para la Carbono Neutralidad Cantonal, certifican que:

Por acuerdo N° \_\_\_\_\_ de [Día] de [Mes] del [Año], correspondiente a la sesión del Concejo Municipal de [Nombre del Cantón] de [Día] de [Mes] del [Año]; la Municipalidad de [Nombre del Cantón] se compromete a realizar acciones para la medición, reporte y verificación de las emisiones, reducciones, remociones y compensaciones de gases de efecto invernadero a nivel cantonal, cumpliendo con los procedimientos y requisitos del Programa País para la Carbono Neutralidad Cantonal PPCNC, según Decreto N° 41122, promulgado por la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Energía. Para este fin, la Municipalidad de [Nombre del Cantón] se compromete a:

1- Liderar la Creación de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático Cantonal.

Asignar a los siguientes funcionarios a cargo de implementar el PPCNC y coordinar la Comisión Intersectorial de Cambio Climático Cantonal:

2- Nombre Representante de la Alcaldía o de la Intendencia: \_\_\_\_\_  
Correo: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Nombre Gestor Ambiental: \_\_\_\_\_  
Correo: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

3- Asignar recursos financieros para la implementación del PPCNC. El costo estimado del proyecto y fuentes de recursos previstas corresponden a: \_\_\_\_\_

Nombre Firma Alcalde \_\_\_\_\_  
Municipalidad de \_\_\_\_\_

## ANEXO 2. PLANTILLA DE CARTA PARA SOLICITUD DE DATOS AL SECTOR PÚBLICO

Logo Municipalidad

[Lugar] / [Mes] / [Año]

Sr(a)(ita)

Nombre a quién se dirige

Puesto que ocupa

Institución

Estimado(a):

Por medio de la presente nos permitimos informarle que la Municipalidad de [Nombre del Cantón] se ha incorporado al Programa País Carbono Neutralidad (PPCN 2.0) en su categoría cantonal. La incorporación a dicho programa pretende reportar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el cantón, y consecuentemente mejorar la calidad de vida de la población.

Como parte del levantamiento del inventario de las GEI, debemos recopilar los datos correspondientes al sector [(Energía/Transporte/Residuos/Procesos Industriales y Uso de Productos, Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra)], y subsector(es) [(Según aplique, ver Cuadro 1)]

Por tanto, para el inventario cantonal, requerimos los datos correspondientes al 202X de:

- Descripción del dato y especificación de las unidades (Ver cuadro 5, Paso 7)
- Descripción del dato y especificación de las unidades (Ver cuadro 5, Paso 7)
- Descripción del dato y especificación de las unidades (Ver cuadro 5, Paso 7)

Esta información es de suma importancia, ya que nos permitirá realizar estimaciones verificables sobre las emisiones generadas en el cantón. Cabe resaltar que, cualquier información brindada se presentará como un conglomerado en el reporte oficial del cantón, de ninguna manera se van a publicar datos individuales de su institución.

De antemano agradecemos la respuesta ante nuestra solicitud y quedamos pendientes de cualquier consulta relacionada, la cual puede remitir al correo electrónico: [correo municipal], o bien, comunicarse con [Nombre y apellido] al teléfono [XXXX-XXXX].

Agradeciendo de la atención brindada, se despide:

Nombre del funcionario

Puesto que ocupa

Municipalidad de Ejemplo

Firma del que solicita

### ANEXO 3. PLANTILLA DE CARTA PARA SOLICITUD DE DATOS AL SECTOR PRIVADO - CONFIDENCIALIDAD

Logo Municipalidad

[Lugar] / [Mes] / [Año]

Sr(a)(ita)

Nombre a quién se dirige

Puesto que ocupa

Institución

Estimado(a):

Por medio de la presente nos permitimos informarle que la Municipalidad de [Nombre del Cantón] se ha incorporado al Programa País Carbono Neutralidad (PPCN 2.0) en su categoría cantonal. La incorporación a dicho programa pretende reportar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el cantón, y consecuentemente mejorar la calidad de vida de la población.

Como parte del levantamiento del inventario de las emisiones GEI debemos recopilar los datos correspondientes al sector [(Energía/Transporte/Residuos/Procesos Industriales y Uso de Productos, Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra)], y subsector(es) [(Según aplique, ver Cuadro 1)]

Por tanto, para el inventario cantonal, requerimos conocer de su [proceso productivo/ actividad económica] los datos correspondientes al [202X] de:

- Descripción del dato y especificación de las unidades (Ver cuadro 5, Paso 7)
- Descripción del dato y especificación de las unidades (Ver cuadro 5, Paso 7)
- Descripción del dato y especificación de las unidades (Ver cuadro 5, Paso 7)

Esta información es de suma importancia, ya que nos permitirá realizar estimaciones verificables sobre las emisiones generadas en el cantón. Cabe resaltar que, cualquier información brindada se presentará como un conglomerado en el reporte oficial del cantón, **de ninguna manera se van a publicar datos individuales de su empresa ni se van a utilizar para otros propósitos diferentes a los acá expuestos.**

De antemano agradecemos la respuesta ante nuestra solicitud y quedamos pendientes de cualquier consulta relacionada, la cual puede remitir al correo electrónico: [correo municipal], o bien, comunicarse con [Nombre y apellido] al teléfono [XXXX-XXXX]. Agradeciendo la atención brindada, se despide:

Nombre del funcionario

Puesto que ocupa

Municipalidad de [Ejemplo]

Firma del que solicita

## ANEXO 4. EJEMPLO CÁLCULO DE TAMAÑO DE LA MUESTRA Y EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS

En la municipalidad de Santa Rita se necesita conocer la cantidad de comercios a encuestar en el cantón por lo que se debe conocer primero la cantidad total. Como se mencionó en la presente guía, una práctica útil es utilizar la lista de patentes comerciales, siendo para este caso ejemplo un valor de 4830. Con este dato, se puede utilizar la ecuación propuesta en el paso 7 del diseño de la metodología para la recopilación de la información, para calcular la muestra a la que se le deben aplicar las encuestas.

Donde:

$$\begin{aligned} N &= 4830 \\ e &= 0,05 \\ Z &= 1,96 \\ p &= 0,5 \\ q &= 1 - 0,5 = 0,5 \end{aligned}$$

$$n = \frac{4830 * 0,5 * 0,5 * 1,96^2}{(0,05^2 * (4830 - 1)) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 355,92$$

Se obtiene que la muestra representativa necesaria para aplicar encuestas a comercios es de 356. Luego de aplicar las encuestas a la muestra calculada y obtener los resultados, es necesario realizar una extrapolación al resto de la población, en este caso, a la totalidad de los comercios del cantón.

Para este ejemplo, se va a extrapolar la cantidad de combustible diésel consumido por comercios para el funcionamiento de equipos diferentes de medios de transporte, como lo son las plantas generadoras. Por lo tanto, se utilizarán las respuestas de la encuesta que contestan las siguientes preguntas:

- 1- ¿Utiliza diésel en equipos diferentes de transporte?, (Se toman en cuenta las respuestas que contestaron afirmativamente).
- 2- ¿Cuál es el consumo promedio anual de este combustible? (Se calcula el promedio de litros consumidos basado en el consumo del combustible indicado por cada uno de los que contestaron afirmativamente la primera pregunta).

Se obtuvieron 145 respuestas afirmativas, mientras que el promedio de consumo de diésel anual entre los encuestados fue de 110 litros. Estos son los datos que se van a utilizar para realizar la extrapolación y obtener el consumo de diésel en comercios para equipos diferentes de medios de transporte. Por lo tanto, se calcula la extrapolación de los comercios totales que utilizan diésel para equipos diferentes de medios de transporte:

$$C_d = \frac{C_t * C_{ed}}{C_e}$$

Donde:

$$\begin{aligned} C_d &= \text{comercios totales con consumo de diésel para equipos no vehiculares (extrapolado)} \\ C_t &= \text{comercios totales del cantón} \\ C_{ed} &= \text{comercios que respondieron afirmativamente en la encuesta al uso de diésel en equipos no vehiculares} \\ C_e &= \text{comercios totales que fueron encuestados} \end{aligned}$$

Por lo que,

$$C_d = \frac{4830 * 145}{356} = 1967,27$$

Seguidamente, se extrapola la cantidad consumida de diésel para equipos no vehiculares mediante la siguiente ecuación:

$$DNV_T = C_d * \overline{xd}$$

**Donde:**

- $DNV_T$  = Total de diésel anual consumido por comercios en equipos diferentes de medios de transporte (extrapolado)
- $C_d$  = Comercios totales con consumo de diésel para equipos diferentes de medios de transporte (extrapolado)
- $xd$  = promedio de consumo de diésel anual en equipos diferentes de medios de transporte (litros/año)

Por lo que,

$$DNV_T = 1967 * 110 \frac{L \text{ diésel}}{\text{año}} = 216\,370 \frac{L \text{ diésel}}{\text{año}}$$

La extrapolación da como resultado que se consumen 216 370 litros de diésel al año. Este es el dato por utilizar para calcular las emisiones de GEI provenientes de esta fuente.

En caso de que no se obtenga la cantidad de muestras necesarias para realizar una extrapolación, se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- 1- Revisar si la cantidad de muestras se obtuvo calculándose con un nivel de confianza sobre 90%, de ser así, se puede reducir el nivel a un mínimo de 90%.
- 2- En caso de que las muestras obtenidas no sean suficientes con un nivel de confianza de 90%, se indica la cantidad de muestras obtenidas, se justifica el por qué no se logró obtener la cantidad necesaria y se reporta el valor sin extrapolar obtenido aclarando que se obtuvo con una muestra incompleta. Además, se deben incluir recomendaciones o pasos de cómo se debe mejorar la recolección para futuros inventarios.

Por fines prácticos y financieros, no es posible realizar un censo cantonal para obtener la información necesaria de la totalidad de la población, por lo tanto, se hace uso de la aplicación de encuestas a una muestra representativa. Los resultados obtenidos de este muestreo pueden luego utilizarse para caracterizar a toda la población y así obtener los datos necesarios para el cálculo de las emisiones de GEI.

Para el cálculo de la muestra representativa en donde se conoce la totalidad de la población se hace uso de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * p * q * Z^2}{(e^2 * (N - 1)) + Z^2 * p * q}$$

**Donde:**

- $n$ = Muestra buscada
- $N$ = Población conocida (por ejemplo, total de empresas, fincas, comercios, entre otros)
- $e$ =Error máximo admisible (se utiliza un valor de 0,05)
- $Z$ = Nivel de confianza (para un nivel de confianza de 90% el valor de Z obtenido de la tabla de distribución normal es de 1,65. Si se desea trabajar con un nivel de confianza más alto, por ejemplo, 95%, el valor de Z es de 1,96)
- $p$ = Probabilidad de éxito o proporción esperada (cuando no se conoce el valor se recomienda utilizar 0,5)
- $q$  = Probabilidad de fracaso (1-p)

## ANEXO 5. EJEMPLO DE ENCUESTA PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

A continuación se muestra un ejemplo de la información que se debería encuestar de las diferentes sectores económicos que hay en la ciudad. Esta es sólo una sugerencia, cada participante puede elaborar su propia encuestas o ajustar esta de acuerdo a sus necesidades.

### Información general

- Nombre del establecimiento:
- Código GPS (latitud, longitud):
- Distrito: Barrio:
- Dirección (con señas):
- Persona de contacto (Nombre + Apellidos):
- Número de teléfono: Correo electrónico:

### Tipo de organización:

- Comercio (Hoteles, Ventas, otro)
- Institución pública
- Centro Educativo

### Cantidad de (según corresponda):

- Habitaciones
- Colaboradores
- Estudiantes y colaboradores

### Horario de funcionamiento:

- Área de construcción (m2):

### ¿Participa o ha participado de algún programa o certificación?:

- No
- Bandera Azul
- Carbono Neutralidad
- Sello Calidad Sanitaria
- Esencial Costa Rica
- Otro:

### ¿Cuál fue el último año en el que participó en el/los programas?

## Información por recopilar

A continuación, planteamos diferentes preguntas con los datos requeridos, por favor completar toda la información que sea posible para el cantón de \_\_\_\_\_, año 201X.

### Productos contra incendios

¿Cuenta con extintores de CO2 en las instalaciones?

- Sí
- No

Si su respuesta es Sí, responda para el año 201X los siguientes detalles:

Número total de equipos: \_\_\_\_\_

| Número de activo | Próxima fecha de mantenimiento | Capacidad de carga (lb) | Total recargado durante 201X (Indicar: lb o kg) |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|---|
|                  |                                |                         |   |
|                  |                                |                         |   |
|                  |                                |                         |   |

Notas:

- Si los espacios no alcanzan, adjunte un reporte completo con la misma información requerida.
- Puede referirse a los reportes de mantenimiento o proveedores del servicio para encontrar esta información.
- En caso de no poseer datos reales, por favor hacer alguna estimación de la manera más precisa posible.

### Consumo de Energía

¿Qué tipo o tipos de energía emplean en su establecimiento?

- Electricidad
- Gasolina
- Diésel
- Bunker
- Biocombustible
- Gas LP
- Leña
- Biogás
- Otro:

## Equipo y Maquinaria

### A) ¿Su establecimiento cuenta con generadores eléctricos?

- Sí
- No

Si su respuesta es sí, responda para el año 201X lo siguiente:

| Equipo    | Cantidad | Tipo de combustible             | Consumo    |            |             |             |
|-----------|----------|---------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|
|           |          |                                 | Litros/mes | Litros/año | Colones/mes | Colones/año |
| Generador |          | * Diésel<br>* Búnker<br>* Otro: |            |            |             |             |
| Generador |          | * Diésel<br>* Búnker<br>* Otro: |            |            |             |             |

### B) ¿Su establecimiento cuenta con máquinas móviles, moto guadañas, cuadríciclos, vehículos agrícolas, u otros equipos?

- Sí
- No

Si su respuesta es sí, responda para el año 201X lo siguiente:

| Equipo       | Cantidad | Tipo de combustible             | Consumo    |            |             |             |
|--------------|----------|---------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|
|              |          |                                 | Litros/mes | Litros/año | Colones/mes | Colones/año |
| Moto guadaña |          | * Diésel<br>* Búnker<br>* Otro: |            |            |             |             |
| Tractor      |          | * Diésel<br>* Búnker<br>* Otro: |            |            |             |             |

### C) ¿Su establecimiento cuenta con montacargas, cortadoras de césped, cocinas (que usen Gas LP) u otros similares que requiere consumo de combustible?

- Sí
- No

Si su respuesta es Sí, responda para el año 201X lo siguiente:

| Equipo  | Cantidad | Tipo de combustible | Consumo (l/día, l/mes, l/año) | Tamaño del cilindro (lb) | Cantidad de cilindros/año |
|---|----------|---------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Montacargas   |          |                     |                               |                          |                           |
| Moto guadaña  |          |                     |                               |                          |                           |
| *Solo para cocinas. En caso de no contar con el consumo en litros o libras, anotar el tamaño y la cantidad de cilindros usados. Tamaño: 10 lb, 20 lb, 25 lb, 40 lb, 100 lb, otro. |          |                     |                               |                          |                           |



## Vehículos

| Cantidad de vehículos diésel | Cantidad de vehículos gasolina | Cantidad de vehículos Gas LP | Cantidad de vehículos eléctricos | Consumo de combustibles                            |   |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|---|
|                              |                                |                              |                                  | Promedio del/mes, l/año                            | Colones/mes, colones/año                          |
|                              |                                |                              |                                  | Diésel: ___/___<br>Gasolina ___/___<br>GLP ___/___ | Diésel ___/___<br>Gasolina ___/___<br>GLP ___/___ |

### Energía Eléctrica

¿Su establecimiento cuenta con suministro de energía eléctrica por medio de algún proveedor externo?

- Sí
- No

¿Cuál es el proveedor de energía eléctrica de su empresa?

¿Cuál es el tipo de tarifa eléctrica a la que está sujeta su empresa?

- Residencial
- Comercial
- Industrial

¿Cuál fue el consumo de energía eléctrica de la empresa en el 201X?

### Otros

¿Utiliza leña en su establecimiento para cocción de alimentos?

- Sí
- No

**En caso de cocinar con leña, ¿aproximadamente cuánta cantidad de leña utiliza al mes? (kilogramos)**

Notas:

- Si los espacios no alcanzan siéntase libre de agregar un reporte completo para todos los equipos.
- Si no conoce el dato exacto de consumo, por favor indicar una estimación lo más precisa posible.

## Aire Acondicionado

¿Cuenta con aire acondicionado en las instalaciones?

- Sí
- No

Si su respuesta es Sí, responda para el año 201X los siguientes detalles:

Número total de equipos: \_\_\_\_\_

| Equipo       |                    |                     | Refrigerante         |  |   |
|--------------|--------------------|---------------------|----------------------|--|---|
| Modelo/marca | Año de instalación | Cantidad de equipos | Tipo de refrigerante | Capacidad de carga del refrigerante (lb) | Total recargado durante 201X (Indicar: lb o kg) |
|              |                    |                     |                      |  |   |
|              |                    |                     |                      |  |   |
|              |                    |                     |                      |  |   |

| En caso de que algún camión de su empresa posea sistema de refrigeración en, responda para el año 201X lo siguiente: |  |                      |
|--|--|----------------------|
| Camión   | Cantidad de mantenimientos correctivos (recargas de refrigerante, sustitución) | Tipo de refrigerante |
|  |  |                      |

Notas:

- Si los espacios no alcanzan, adjunte un reporte completo con la misma información requerida.
- Puede referirse a los reportes de mantenimiento o proveedores del servicio para encontrar esta información.
- En caso de no poseer datos reales, por favor hacer alguna estimación de la manera más precisa posible.

## Equipos de Refrigeración

¿Cuenta con sistemas de refrigeración en las instalaciones (refrigeradores, congeladores, enfriadores, etc)?

- Sí
- No

**Número total de equipos:**

Si su respuesta es Sí, responda para el año 201X lo siguiente:

| Equipo       |                                 |                    |                     | Refrigerante         |   |                                      |
|--------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---|--------------------------------------|
| Marca/Modelo | Tipo (congelador, refrigerador) | Año de instalación | Cantidad de equipos | Tipo de refrigerante | Capacidad de carga de refrigerante (lb) | Cantidad recargada en 201X (lb o kg) |
|              |                                 |                    |                     |                      |   |                                      |
|              |                                 |                    |                     |                      |   |                                      |
|              |                                 |                    |                     |                      |   |                                      |
|              |                                 |                    |                     |                      |   |                                      |
|              |                                 |                    |                     |                      |   |                                      |

| En caso de que algún camión de su empresa posea sistema de refrigeración en, responda para el año 201X lo siguiente: |  |                      |
|--|--|----------------------|
| Camión   | Cantidad de mantenimientos correctivos (recargas de refrigerante, sustitución) | Tipo de refrigerante |
| 1.   |  |                      |
| 2.   |  |                      |
| 3.   |  |                      |
| 4.   |  |                      |

Notas:

- Si los espacios no alcanzan, adjunte un reporte completo con la misma información requerida
- Puede referirse a los reportes de mantenimiento o proveedores del servicio para encontrar esta información
- En caso de no poseer datos reales, por favor hacer alguna estimación de la manera más precisa posible.

## Productos contra incendios

¿Cuenta con extintores de CO2 en las instalaciones?

- Sí
- No

Si su respuesta es Sí, responda para el año 201X los siguientes detalles:

Número total de equipos: \_\_\_\_\_

| Número de activo | Próxima fecha de mantenimiento | Capacidad de carga (lb) | Total recargado durante 201X (Indicar: lb o kg) |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|---|
|                  |                                |                         |   |
|                  |                                |                         |   |
|                  |                                |                         |   |

Notas:

- Si los espacios no alcanzan, adjunte un reporte completo con la misma información requerida.
- Puede referirse a los reportes de mantenimiento o proveedores del servicio para encontrar esta información.
- En caso de no poseer datos reales, por favor hacer alguna estimación de la manera más precisa posible.

## Residuos Sólidos

En caso de que la empresa gestione los residuos sólidos en sus instalaciones propias o mediante un servicio distinto al municipal, complete con datos del 201X:

| Tipo de tratamiento   | Nombre de la empresa a cargo (en caso de no ser su organización misma) | Cantidad de residuos tratados durante el 201X (Ton/año) | Ubicación del sitio de tratamiento (cantón, distrito) |
|---|--|---|---|
| Tratamiento biológico (biodigestores, reactores biológicos) |  |   |   |
| Incineración  |  |   |   |
| Relleno sanitario   |  |   |   |
| Centro de acopio de materiales valorizables                 |  |   |   |
| Otro, especifique:  |  |   |   |

Notas:

- Si los espacios no alcanzan, adjunte un reporte completo con la misma información requerida

## Aguas Residuales

Seleccione el tipo de sistema de tratamiento usado por el establecimiento para sus aguas residuales y complete los datos respectivos en los casos en que aplique (complete todas las filas que correspondan a los tratamientos dados por su organización) para las aguas residuales del año 201X.

| Tipo de tratamiento de aguas residuales | Marque con una X los tipos de tratamiento usados por su organización | Número de personas que abastece | Caudal promedio (m <sup>3</sup> /día) | DQO promedio descargado (mg/l) | DBO promedio descargado (mg/l) |
|---|--|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Alcantarillado sanitario                |  |                                 | N/A                                   | N/A                            | N/A                            |
| Tanque séptico                          |  |                                 | N/A                                   | N/A                            | N/A                            |
| Planta de tratamiento aeróbica          |  | N/A                             |                                       |                                |                                |
| Digestor anaerobio para lodos           |  | N/A                             |                                       |                                |                                |
| Reactor anaerobio                       |  | N/A                             |                                       |                                |                                |
| Laguna anaerobia                        |  | N/A                             |                                       |                                |                                |
| Otro, especifique:<br>_____             |  |                                 |                                       |                                |                                |

## Procesos industriales

\*Solo deben responder las empresas del sector químico, electrónico, de minerales y metales.

Tipos de productos que se fabrican en su organización: Complete la siguiente tabla sólo con los productos que aplican según la actividad de su empresa según la información que posea.

| Material                 | Producción (complete al menos una columna según el formato en el que posean la información) |        |        |
|--------------------------|---|--------|--------|
|                          | kg/día  | kg/mes | kg/año |
| <b>Industria mineral</b> |   |        |        |
| Cal                      |   |        |        |
| Industria química        |   |        |        |
| Amoniaco                 |   |        |        |
| Ácido nítrico            |   |        |        |
| Ácido adípico            |   |        |        |
| Caprolactama             |   |        |        |
| Producción de carburo    |   |        |        |
| Dióxido de titanio       |   |        |        |
| Carbonato de sodio       |   |        |        |

| Industria de metales             |  |  |  |
|----------------------------------|--|--|--|
| Coque metalúrgico                |  |  |  |
| Hierro y acero                   |  |  |  |
| Ferroaleaciones                  |  |  |  |
| Aluminio                         |  |  |  |
| Magnesio                         |  |  |  |
| Plomo                            |  |  |  |
| Zinc                             |  |  |  |
| Industria electrónica            |  |  |  |
| Grabado y limpieza de CVD        |  |  |  |
| Fluidos transportadores de cloro |  |  |  |

### Consumo de Fertilizantes

La organización cuenta en sus instalaciones con terrenos dedicados al cultivo de diversos productos alimenticios y de uso comercial.

- Sí
- No

Indique el tipo de cultivos que tiene en sus terrenos:

Indique el nombre de los fertilizantes o agroquímicos que utiliza para cultivar:

Complete la siguiente información para cada tipo de cultivo:

| Cultivo | Nombre comercial del fertilizante | Composición química (Ej: 25-4-24) | Cantidad aplicada (Indicar: kg/ha, kg/planta, otros) | Cantidad total aplicada (Indicar: kg/mes, kg/año, ton/año, ton/ciclo*, otros) |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|
|         |                                   |                                   |  |   |
|         |                                   |                                   |  |   |
|         |                                   |                                   |  |   |
|         |                                   |                                   |  |   |

Notas:

- Si realiza fertilización por ciclos, favor indicar la cantidad de ciclos al año.
- Si los espacios no alcanzan siéntase libre de agregar los espacios necesarios.
- Si no conoce el dato exacto de consumo, por favor indicar una estimación lo más precisa posible.
- Indique la unidad de consumo.

## Ganadería y actividades pecuarias

En su instalación se lleva a cabo la crianza de animales:

- Sí
- No

Para cada uno de los siguientes tipo de animales, indique la siguiente información:

| Tipo de animal         | Carne | Leche | Doble propósito |
|------------------------|-------|-------|-----------------|
| Terneros               |       |       |                 |
| Hembras en crecimiento |       |       |                 |
| Machos en crecimiento  |       |       |                 |
| Hembra adulto          |       |       |                 |
| Macho adulto           |       |       |                 |
|                        |       |       |                 |

| Tipo de animal  | Cantidad |
|-----------------|----------|
| Cabras          |          |
| Cerdos          |          |
| Ovejas          |          |
| Gallinas/pollos |          |
| Aves de corral  |          |
| Caballos        |          |

## ANEXO 6. EJEMPLO DE ENCUESTA ORIGEN- DESTINO PARA EL SECTOR TRANSPORTE.

### Generalidades

Nombre Completo:

\_\_\_\_\_

Correo electrónico (opcional)

\_\_\_\_\_

Género

Femenino

Masculino

Otro: \_\_\_\_\_

¿En qué trabaja?

Independiente

Institucional

Comercio

Industria

Agrícola

Hogar

Otros: \_\_\_\_\_

Edad:

Menor de edad

18-24

25-35

36-45

46-55

56-65

Más

¿Con cuántas personas convive en su casa?

Solo yo

Con 1

Con 2

Con 3

Más (indique): \_\_\_\_\_

### Medios de Transporte

Distrito: \_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_

Nivel de estudios formales:

No escolarizada/o

Primaria incompleta

Primaria completa

Secundaria incompleta

Secundaria completa

Universitaria incompleta

Universitaria completa

Técnica

¿Cuál es su medio de transporte principal, el que se utiliza al menos 3 días a la semana y con el cual se recorre más distancia?

A pie

En bicicleta

Bus

Taxi

Pirata/Uber

Moto

Vehículo propio

Otro: \_\_\_\_\_

¿A qué se dedica actualmente?

Desempleado

Estudio

Labores de casa

Trabajo remunerado

Pensionado

Otros: \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia lo utiliza?

Siete veces a la semana

Seis veces a la semana

Cinco veces a la semana

Cuatro veces a la semana

Tres veces a la semana

Dos veces a la semana

Menos de una vez a la semana

¿Cuál es su segundo medio de transporte más frecuente?

- A pie
- En bicicleta
- Bus
- Taxi
- Pirata/Uber
- Moto
- Vehículo propio
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia lo utiliza?

- Siete veces a la semana
- Seis veces a la semana
- Cinco veces a la semana
- Cuatro veces a la semana
- Tres veces a la semana
- Dos veces a la semana
- Menos de una vez a la semana

#### Motivos de uso

¿Cuál es su motivo principal de transporte (más frecuente)?

- Trabajo
- Estudio
- Mandados
- Traslado de personas dependientes
- Cuidado de otras personas dependientes
- Otros: \_\_\_\_\_

Para esa actividad, ¿Desde qué lugar de origen se desplaza? (Distrito/barrio)

\_\_\_\_\_

Para esa actividad, ¿Cuál es su lugar de destino? (Distrito/barrio)

\_\_\_\_\_

¿Cuánto tiempo dura desplazándose hacia ese lugar de destino general?

\_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia debe transportarse a ese lugar de destino?

\_\_\_\_\_

¿Cuántos kilómetros se desplaza de ida y de vuelta (en total)? Aproximadamente

\_\_\_\_\_

#### Necesidades

¿Qué aspectos positivos podría señalar sobre la forma en que se transporta actualmente?

\_\_\_\_\_

¿Cuáles son los principales problemas en la forma en que se transporta actualmente?

\_\_\_\_\_

¿En qué medio le gustaría transportarse según sus necesidades?

- A pie
- En bicicleta
- Bus
- Taxi
- Pirata/Uber
- Moto
- Vehículo propio
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Cuál de los siguientes medios de transporte sostenible estaría dispuesto a utilizar como principal medio de transporte?

- A pie
- En bicicleta (asistida)
- Bus (eléctrico)
- Tren (eléctrico)
- Vehículo (eléctrico)
- Ninguno
- Otro: \_\_\_\_\_





## ANEXO 7. EJEMPLO DE CÁLCULO DE EMISIONES PARA UN CANTÓN FICTICIO

En el siguiente cuadro se representan los dos primeros pasos del cálculo del inventario de emisiones de un cantón ficticio. Para facilitar su comprensión, se recomienda realizar una lectura fila por fila, es decir, como primer paso para el primer sector (energía) se identifica una primera actividad y su respectivo alcance, posterior, a ello se identifican los GEI asociados y sus respectivos factores de emisión. Este análisis se realiza para cada sector y actividad que se realiza en el cantón.

| PASO 1                        |         |   | PASO 2  |   |
|-------------------------------|---------|---|---|---|
| RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN |         |   | SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN POR FUENTE                   |   |
| SECTOR                        | Alcance | Descripción de la actividad   | Gas de Efecto Invernadero   | Factor de Emisión                                 |
| ENERGÍA                       | 2       | El consumo energético de los hogares del cantón en el año del reporte fue de 345550 kWh.                      | Emisiones por el uso de electricidad de los hogares               | 0,0381 kg CO <sub>2</sub> eq/ kWh                 |
|                               | 1       | Las empresas en el cantón para el año del reporte consumieron 5 000 litros de gas LPG para sus calderas.      | CO <sub>2</sub> generado por la combustión de gas LPG en calderas | 1,611 kg CO <sub>2</sub> / litro de combustible   |
|                               |         |   | CH <sub>4</sub> generado por la combustión de gas LPG en calderas | 0,139 g CH <sub>4</sub> / litro de combustible    |
|                               |         |   | NO <sub>2</sub> generado por la combustión de gas LPG en calderas | 0,002745 g NO <sub>2</sub> / litro de combustible |
|                               | 1       | Un ingenio cañero reportó utilizar 585 674 kg de bagazo para la generación de vapor en su proceso productivo. | CO <sub>2</sub> generado por la combustión de biomasa en calderas | 100 000 kg CO <sub>2</sub> / TJ                   |
|                               |         |   | CH <sub>4</sub> generado por la combustión de biomasa en calderas | 30 kg CH <sub>4</sub> / TJ                        |
|                               |         |   | NO <sub>2</sub> generado por la combustión de biomasa en calderas | 4 kg NO <sub>2</sub> / TJ                         |

| SECTOR     | Alcance | Descripción de la actividad   | Gas de Efecto Invernadero  | Factor de Emisión                          |
|------------|---------|---|--|--|
| TRANSPORTE | 1       | La flotilla vehicular del cantón consumió durante el año del reporte 50 000 litros de gasolina.   | CO <sub>2</sub> generado por el uso de gasolina en automóviles                         | 2,231 kg CO <sub>2</sub> / L de gasolina   |
|            |         |   | CH <sub>4</sub> generado por el uso de gasolina en automóviles                         | 0,907 g CH <sub>4</sub> / L de gasolina    |
|            |         |   | NO <sub>2</sub> generado por el uso de gasolina en automóviles                         | 0,283 g NO <sub>2</sub> /L de gasolina     |
|            | 1 y 3   | La empresa ferroviaria reportó 1500 viajes de 15 kilómetros durante el año de reporte.  | CO <sub>2</sub> generado por el combustible en el tren                                 | 74 100 kg CO <sub>2</sub> /TJ*             |
|            |         |   | CH <sub>4</sub> generado por el combustible en el tren                                 | 4,15 kg CH <sub>4</sub> /TJ*               |
|            |         |   | NO <sub>2</sub> generado por el combustible en el tren                                 | 28,6 kg NO <sub>2</sub> /TJ*               |
|            | 1 y 3   | Durante el año de reporte se registraron vuelos para 1500 personas hacia un aeródromo ubicado a 45 kilómetros de distancia en otro cantón.  | CO <sub>2</sub> generado por el combustible en avioneta                                | 0,15617 kg CO <sub>2</sub> / pasajero.km * |
|            |         |   | CH <sub>4</sub> generado por el combustible en avioneta                                | 0,00012 kg CH <sub>4</sub> / pasajero.km * |
|            |         |   | NO <sub>2</sub> generado por el combustible en avioneta                                | 0,00148 kg NO <sub>2</sub> / pasajero.km * |
| RESIDUOS   | 1       | El método para el tratamiento de aguas utilizado en el cantón es el tanque séptico y según el último censo nacional en el cantón viven 2560 personas.   | CH <sub>4</sub> generado por el tratamiento de los residuos mediante relleno sanitario | 0, 0581 kg CH <sub>4</sub> /kg de residuos |
|            | 1       | Una empresa de procesamiento de alimentos reporta una carga orgánica de 2497,96 kg DQO.   | CH <sub>4</sub> generado por el tratamiento de las aguas especiales                    | 0,075 kg CH <sub>4</sub> / kg de DQO*      |
|            | 3       | Durante el año del reporte se contabilizó una generación de residuos de 1000 toneladas de residuos que son llevadas a un relleno sanitario fuera de los límites del cantón.                   | CH <sub>4</sub> generado por el tratamiento de aguas residuales por tanque séptico     | 4,38 kg CH <sub>4</sub> / persona / año    |
|            | 2       | Se identifica que la población genera 2300 toneladas de residuos sólidos y los dispone mediante incineración o quema a cielo abierto en diferentes terrenos dentro de los límites del cantón. | CH <sub>4</sub> generado por la quema a cielo abierto                                  | *  |
|            | 2       | Se identifica que la población genera 1850 toneladas de residuos sólidos y los dispone mediante entierro a poca profundidad en diferentes terrenos dentro del cantón.                         | CH <sub>4</sub> generado por el entierro de los residuos sólidos                       | *  |



| SECTOR  | Alcance | Descripción de la actividad   | Gas de Efecto Invernadero   | Factor de Emisión   |
|---|---------|---|---|---|
| GANADERÍA   |         | Las fincas pecuarias en el cantón poseen 1000 cabezas de ganado adulto para leche de las cuales 350 son machos y 650 son hembras. | CH <sub>4</sub> generado por el proceso digestivo del ganado vacuno lechero                   | Hembra adulta: 85 kg CH <sub>4</sub> / cabeza al año<br>Macho adulto: 111, 7 kg CH <sub>4</sub> / cabeza al año |
|   |         |   | CH <sub>4</sub> generado por el manejo de estiércol del ganado                                | CH <sub>4</sub> generado por el manejo de estiércol del ganado 1 kg CH <sub>4</sub> / cabeza al año             |
| AGRICULTURA, SILVICULTURA Y CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA | 1       | Las fincas pecuarias en el cantón poseen 1000 cabezas de ganado adulto para leche de las cuales 350 son machos y 650 son hembras. | CH <sub>4</sub> generado por el proceso digestivo del ganado vacuno lechero                   | Hembra adulta: 85 kg CH <sub>4</sub> / cabeza al año<br>Macho adulto: 111, 7 kg CH <sub>4</sub> / cabeza al año |
|   |         |   | CH <sub>4</sub> generado por el manejo de estiércol del ganado                                | 1 kg CH <sub>4</sub> / cabeza al año  |
|   | 1       | Se identifica la existencia de 550 hectáreas de papa en el cantón   | N <sub>2</sub> O generado por la aplicación de fertilizantes en el cultivo de papa            | 7,86 kg N <sub>2</sub> O/ha/año   |
|   | 1       | El cantón posee 387 ha de tierras forestales que permanecen como tales  | CO <sub>2eq</sub> generados por las ganancias y pérdidas de carbono en las tierras forestales | Se deben calcular con las guías del IPCC  |

### PASO 3. SELECCIÓN DE LOS POTENCIALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL PARA LOS GEI A CALCULAR

Los gases que son diferentes al CO<sub>2</sub> deben calcularse de acuerdo con su potencial de calentamiento global, que es un factor de conversión utilizado para homologar el potencial de calentamiento en la atmósfera de los GEI en comparación con el del CO<sub>2</sub><sup>5</sup> como presentado en el cuadro siguiente.

Para el ejemplo en estudio, los GEI diferentes al CO<sub>2</sub> que se generan son CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> para esto gases el potencial de calentamiento global es el siguiente<sup>6</sup>:

| Gas             | Potencial de Calentamiento Global |
|-----------------|-----------------------------------|
| CO <sub>2</sub> | 1                                 |
| CH <sub>4</sub> | 21                                |
| NO <sub>2</sub> | 310                               |

<sup>5</sup> Este dato se obtiene de los Factores de emisión del IMN o de las Guías para el Cálculo de emisiones del IPCC.

<sup>6</sup> Los potenciales de calentamiento global a utilizar en el inventario son los publicados en la Guía de Factores de Emisión GEI del IMN para el año del reporte.

## PASO 4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR SECTOR

Ahora que se tiene los datos de los consumos por fuente, los factores de emisión y el potencial de calentamiento global, se procede a realizar el cálculo de las emisiones de GEI, como se detalla a continuación:

### SECTOR ENERGÍA ESTACIONARIA

#### Cálculo de las emisiones Alcance 2 por el uso de electricidad en los hogares

Toneladas de CO<sub>2e</sub>

$$\begin{aligned} \text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} &= \frac{345\,550 \text{ kWh}}{\text{año}} * \frac{0,0381 \text{ kg CO}_2}{\text{kWh}} * \frac{1 \text{ ton CO}_{2e}}{1000 \text{ kg CO}_{2e}} \\ &= \frac{13,17 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}} \end{aligned}$$

El total de emisiones por el uso de electricidad en los hogares del cantón es 13,17 ton CO<sub>2e</sub>.

#### CÁLCULO DE LAS EMISIONES ALCANCE 1 POR EL USO DE GAS LPG EN CALDERAS

Para el sector de energía, se debe considerar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, las cuales se calculan por aparte, se convierten a toneladas de CO<sub>2e</sub> y luego se suman.

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} \text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} &= \frac{5000 \text{ L de LPG}}{\text{año}} * \frac{1,611 \text{ kg CO}_2}{\text{L de LPG}} * 1 * \frac{1 \text{ ton CO}_{2e}}{1000 \text{ kg CO}_{2e}} \\ &= \frac{8,055 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Metano (CH<sub>4</sub>)

$$\begin{aligned} \text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} &= \frac{5000 \text{ L de LPG}}{\text{año}} * \frac{0,139 \text{ g CH}_4}{\text{L de LPG}} * 21 * \frac{1 \text{ ton CO}_{2e}}{1000000 \text{ g CO}_{2e}} \\ &= \frac{0,014595 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

$$\begin{aligned} \text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} &= \frac{5000 \text{ L de LPG}}{\text{año}} * \frac{0,002745 \text{ g N}_2\text{O}}{\text{L de LPG}} * 310 * \frac{1 \text{ ton CO}_{2e}}{1000000 \text{ g CO}_{2e}} \\ &= \frac{0,00425475 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Se procede a sumar los resultados para los tres gases y se obtiene un total de 8,07 ton CO<sub>2e</sub>

| Gas de efecto invernadero                    | Total de toneladas de CO <sub>2e</sub> |
|--|--|
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )        | 8,055                                  |
| Metano (CH <sub>4</sub> )                    | 0,014595                               |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)             | 0,00425475                             |
| <b>Total de toneladas de CO<sub>2e</sub></b> | <b>8,07</b>                            |

## Cálculo de las emisiones Alcance 1 por la combustión de biomasa para generación de energía en la industria

Un ingenio cañero reportó utilizar 585 674 kg de biomasa (bagazo) para la generación de vapor como fuente de energía en su proceso industrial. A nivel nacional no se tienen factores de emisión para la combustión de biomasa, por lo que es necesario acudir al capítulo 2 del volumen 3 del IPCC para realizar la estimación.

| Los valores reportados para el factor de emisión de esta actividad son: |   |                 |                  |
|---|---|-----------------|------------------|
| COMBUSTIBLE   | Factor de emisión (kg GEI/TJ sobre base calórica neta)* |                 |                  |
|   | CO <sub>2</sub>   | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |
| <b>OTRA BIOMASA SÓLIDA PRIMARIA</b>                                     | 100 000   | 30              | 4                |

Fuente: Extraído del Cuadro 2.3 "Factores de Emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias manufactureras y de la construcción", Capítulo 2, Volumen 3, IPCC.

\*Se utilizan los valores por defecto en este caso.

Como se observa en el cuadro anterior, los factores de emisión están dados por unidad de energía en forma de calor (Terajoules), por esta razón, es necesario realizar una conversión inicial de los kilogramos de biomasa hacia esta unidad. Según el Cuadro 1.2 del Capítulo 1 del IPCC, el valor calórico correspondiente de la biomasa sólida primaria (bagazo) es de 11,6TJ/Gigagramo. Por tanto:

$$\text{Valor calórico (TJ)} = 585\,674\text{ kg} * \frac{1\text{ Gg}}{1000\,000\text{kg}} * \frac{11,6\text{ TJ}}{\text{Gigagramo}} = 6,79\text{ TJ}$$

Por tanto, la fórmula general para el cálculo de las emisiones es:

$$\text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} = \text{valor calórico (TJ)} * FE_{\text{Biomasa}_{GEI}} * PCG_{GEI} * \frac{1\text{ ton}}{1000\text{ kg}}$$

Emisiones de CH<sub>4</sub>

$$\text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} = 6,79\text{ TJ} * \frac{30\text{ kg CH}_4}{\text{TJ}} * 21 * \frac{1\text{ ton}}{1000\text{ kg}} = 4,28\text{ ton CO}_2$$

Emisiones de N<sub>2</sub>O

$$\text{Emisiones GEI (ton CO}_{2e}\text{)} = 6,79\text{ TJ} * \frac{4\text{ kg CH}_4}{\text{TJ}} * 310 * \frac{1\text{ ton}}{1000\text{ kg}} = 8,42\text{ ton CO}_2$$

Las emisiones totales para la actividad de generación de vapor por combustión de bagazo son:

| Gas de efecto invernadero                    | Total de toneladas de CO <sub>2e</sub> |
|--|--|
| Metano (CH <sub>4</sub> )                    | 4,28                                   |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)             | 8,42                                   |
| <b>Total de toneladas de CO<sub>2e</sub></b> | <b>12,7</b>                            |

## BUENAS PRÁCTICAS



Como se observa en el ejercicio, no se incluyen las emisiones de  $CO_2$ , si bien si existe un FE disponible para cuantificar dichas emisiones, estas no deben sumarse al inventario total debido a pertenecen al ciclo corto de carbono, y, por ende, son consideradas emisiones de biogénicas. Sin embargo, sí se debe realizar la cuantificación de estas y el correspondiente reporte por separado en el informe del inventario.

### Emisiones de $CO_2$

$$Emisiones CO_{2e} = 6,79 TJ * \frac{100\ 000 kg CO_2}{TJ} * 1 * \frac{1 ton}{1000 kg} = 679 ton CO_{2e}$$

## SECTOR TRANSPORTE

### Cálculo de las emisiones Alcance 1 por el uso de gasolina para el transporte terrestre dentro del cantón

Para el sector de transportes, se debe considerar las emisiones de  $CO_2$ ,  $CH_4$  y  $N_2O$ , las cuales se calculan por aparte, se convierten a toneladas de  $CO_{2e}$  y luego se suman.

#### Dióxido de carbono ( $CO_2$ )

$$Emisiones CO_{2e} = \frac{50\ 000 L gasolina}{año} * \frac{2,231 kg CO_2}{L de gasolina} * 1 * \frac{1 ton}{1\ 000 kg} \\ = \frac{111,55 ton CO_{2e}}{año}$$

#### Metano ( $CH_4$ )

$$Emisiones CO_{2e} = \frac{50\ 000 L gasolina}{año} * \frac{0,907 g CH_4}{L de gasolina} * 21 * \frac{1 ton}{1\ 000\ 000 g} \\ = \frac{0,95235 ton CO_{2e}}{año}$$

#### Óxido nitroso ( $N_2O$ )

$$Emisiones CO_{2e} = \frac{50\ 000 L gasolina}{año} * \frac{0,283 g N_2O}{L de gasolina} * 310 * \frac{1 ton}{1\ 000\ 000 g} \\ = \frac{4,3865 ton CO_{2e}}{año}$$

Se procede a sumar los resultados para los tres gases y se obtiene un total de 116, 89 ton  $CO_{2e}$

| Gas de efecto invernadero                         | Total de toneladas de $CO_{2e}$ |
|---|---------------------------------|
| Dióxido de carbono ( $CO_2$ )                     | 111,55                          |
| Metano ( $CH_4$ )                                 | 0,95235                         |
| Óxido nitroso ( $N_2O$ )                          | 4,3865                          |
| <b>Total de toneladas de <math>CO_{2e}</math></b> | <b>116, 89</b>                  |

## Cálculo de las emisiones Alcance 1 por el uso de diésel para el transporte ferroviario dentro del cantón

De acuerdo con la priorización de la metodología de cálculo, lo ideal es contar con el consumo de combustible de la empresa ferroviaria, sin embargo, en caso de no contar con este dato, las emisiones pueden ser aproximadas utilizando los lineamientos indicados por el IPCC. Al igual que en el caso anterior, se deben considerar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, estas se calculan por aparte, se convierten a toneladas de CO<sub>2</sub>e y finalmente se suman.

| Gas              | Factor de emisión (kg/TJ)* | Factor de emisión (kg/L diésel) |
|------------------|----------------------------|---------------------------------|
| CO <sub>2</sub>  | 74 100                     | 2,77                            |
| CH <sub>4</sub>  | 4,15                       | 0,00016                         |
| N <sub>2</sub> O | 28,6                       | 0,00107                         |

\*Referencia: cuadro 3.4.1, del capítulo 3, volumen 2

Para realizar la conversión de kg/TJ a kg/L diésel se utiliza la siguiente ecuación:

$$FE = FE \left( \frac{kg}{TJ} \right) * Poder\ calorífico^8 \left( \frac{TJ}{kg} \right) * densidad \left( \frac{kg}{m^3} \right) \quad ad \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

Como se ve en el cuadro anterior, los FE del IPCC están dados en kg/TJ, para lo cual se recomienda hacer la conversión hacia kg/L de diésel consumido. La conversión facilita trabajar el dato recolectado, que en este caso es el diésel utilizado dentro del cantón.

Se recomienda establecer contacto con la empresa proveedora del servicio de transporte ferroviario, para solicitar la cantidad de combustible utilizada por el servicio. Lo más probable es que la empresa no maneje el dato como es requerido, pero si se puede obtener mediante otros datos intermedios que sí manejan internamente, tales como los de la siguiente tabla:

| Número de viajes en el año | Eficiencia promedio (L/km) | Distancia de la vía dentro del cantón (km) |
|----------------------------|----------------------------|--|
| 1500                       | 3,5                        | 15   |

Por tanto,

$$Consumo\ diesel = distancia * eficiencia\ promedio * cantidad\ de\ viajes$$

$$Consumo\ diesel = 15\ km * \frac{3,5\ L\ diesel}{km} * 1500 = 78\ 750\ L\ diesel$$

Con este consumo de combustible se procede a realizar el cálculo de las emisiones con los factores previamente presentados.

#### Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\text{Emisiones } CO_{2e} = \frac{78\,750 \text{ L diesel}}{\text{año}} * \frac{2,77 \text{ kg } CO_2}{\text{L de diesel}} * 1 * \frac{1 \text{ ton}}{1\,000 \text{ kg}} = \frac{218,13 \text{ ton } CO_{2e}}{\text{año}}$$

#### Metano (CH<sub>4</sub>)

$$\text{Emisiones } CO_{2e} = \frac{78\,750 \text{ L diesel}}{\text{año}} * \frac{0,00016 \text{ kg } CH_4}{\text{L de diesel}} * 21 * \frac{1 \text{ ton}}{1\,000 \text{ kg}} = \frac{0,2646 \text{ ton } CO_{2e}}{\text{año}}$$

#### Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

$$\text{Emisiones } CO_{2e} = \frac{78\,750 \text{ L diesel}}{\text{año}} * \frac{0,00107 \text{ kg } N_2O}{\text{L de diesel}} * 310 * \frac{1 \text{ ton}}{1\,000 \text{ kg}} = \frac{26,1213 \text{ ton } CO_{2e}}{\text{año}}$$

Se procede a sumar los resultados para los tres gases y se obtiene un total de 116, 89 ton CO<sub>2</sub>e

| Gas de efecto invernadero                    | Total de toneladas de CO <sub>2e</sub> |
|--|--|
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )        | 218,1375                               |
| Metano (CH <sub>4</sub> )                    | 0,2646                                 |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)             | 26,1213                                |
| <b>Total de toneladas de CO<sub>2e</sub></b> | <b>244,5234</b>                        |

## Distribución de las emisiones Alcance 1 y 3 por el uso de combustibles para el transporte

### Encuestas Origen - Destino

Como se observa en la sección anterior, la metodología de venta de combustibles permite obtener la cantidad total de emisiones generadas por el combustible que ha sido vendido dentro de los límites del cantón. Sin embargo, no es posible conocer a qué tipo de transporte pertenecen porcentualmente estas emisiones, y mucho menos, si realmente son generadas por viajes dentro de los límites del cantón. De igual forma, la metodología por venta de combustibles no permite conocer el sector socioeconómico al cual pertenecen dichas emisiones (comercial, residencial, industrial y agropecuario).

Una estrategia para eliminar la incertidumbre del método anterior, es la aplicación de las encuestas origen - destino, y que dependiendo de la cantidad y calidad de los datos obtenidos a través de ellas así será la caracterización de las emisiones del sector. En este ejemplo, se analizarán las emisiones específicamente para la movilidad ciudadana (es decir, con propósitos diferentes al transporte de productos, materia prima, entre otros).

Al ser un cantón ficticio, se consultó el modelo predominante por tipo de transporte para Costa Rica en el Anuario Estadístico de Riteve, además, los rendimientos del combustible por kilómetro se tomaron de estudios realizados en diferentes entidades internacionales reconocidas. De acuerdo con los datos del anuario de Riteve, se consideró que el 90.14% de los automóviles son de gasolina, mientras que un 9,7% corresponde a vehículos de diésel. El porcentaje restante corresponde a vehículos duales, híbridos y eléctricos, sin embargo, no serán utilizados para esta caracterización.



Con base en dichas fuentes se construyó el siguiente cuadro de supuestos:

| Vehículo                        | Combustible | Modelo Predominante <sup>7</sup> | Consumo (L/km)    |
|---------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------|
| Bus                             | Diésel      | 2017                             | 0,32 <sup>8</sup> |
| Automóvil (Uber, taxi, privado) | Gasolina    | 2001                             | 0,09 <sup>9</sup> |
|                                 | Diésel      |                                  | 0,07              |
| Motocicleta                     | Gasolina    | 2016                             | * <sup>10</sup>   |

\*En este caso, se utiliza otro tipo de dato que también es útil para la aproximación de las emisiones, que en lugar de ser un consumo de combustible, corresponde a los factores de emisión por la distancia recorrida para una motocicleta del modelo especificado. Se presenta en la siguiente tabla:

| CO <sub>2</sub> (kg/km) | CH <sub>4</sub> (kg/km) | N <sub>2</sub> O (kg/km) |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 0,077                   | 0,000017                | 0,0000020                |

Según el Anuario 2018 de RITEVE, el año modelo predominante para motocicletas es el 2016, donde el 99% utiliza gasolina como combustible. Además, en el Plan Nacional de Seguridad Vial para Motociclistas – Costa Rica 2015-2020, se indica que el 75% de las motocicletas en el país son de cilindraje medio (150, 175, 250 cc). Por tanto, los FE elegidos corresponden a una motocicleta con cilindraje en el rango 170-279 cc y de combustible de gasolina.

Una vez que se aplicaron las encuestas en puntos estratégicos del casco central del cantón, se procedió a digitalizar y filtrar los datos obtenidos, por lo que se pudo extraer la información para los viajes dentro del cantón (alcance 1) y aquellos viajes que inician en el cantón, pero terminan fuera de él (Alcance 1 y 3). Se sintetiza la información recopilada en los siguientes cuadros:

### Emisiones de Alcance 1

| Transporte        | Combustible | Distancia recorrida (km/año) | Consumo (L/km) | Emisiones promedio (tonCO <sub>2</sub> eq/año) |
|-------------------|-------------|------------------------------|----------------|--|
| Bus               | Diésel      | 125 250,00                   | 40 592,69      | 108,13   |
| Automóvil privado | Gasolina    | 196 662,60                   | 18 503,15      | 43,26  |
|                   | Diésel      | 19 666,26                    | 1 387,17       | 3,70   |
| Pirata-Uber       | Gasolina    | 108 580,50                   | 10 215,88      | 23,88  |
|                   | Diésel      | 10 858,05                    | 765,88         | 2,04   |
| Motocicleta       | Gasolina    | 75 589,00                    | NA             | 5,89   |
| Taxi              | Gasolina    | 103 707,00                   | 9 757,35       | 22,81  |
|                   | Diésel      | 10 370,70                    | 731,50         | 1,95   |

El cálculo de las emisiones se realiza de la misma manera que se demostró en el ejemplo anterior, donde primero se obtiene la cantidad de combustible en litros, y posteriormente, se convierte a toneladas de dióxido de carbono equivalente, utilizando los factores de emisión para los tres GEI involucrados. El único caso que se desarrolla diferente es el de la motocicleta, ya que en este caso se utilizaron factores de emisión que están dados por kilómetro recorrido.

7 Tomados de: <https://www.rtv.co.cr/wp-content/uploads/AnuarioRiteve2018.pdf>

8 Tomado de: <https://www.bts.gov/content/bus-fuel-consumption-and-travel>

9 Tomado de: <https://www.fueleconomy.gov/>. En este caso se eligieron los siguientes modelos para gasolina y diésel: un Hyundai Elantra y un Volkswagen Jetta respectivamente.

10 Tomado de: <https://www.epa.gov/compliance-and-fuel-economy-data/annual-certification-data-vehicles-engines-and-equipment>

## Emisiones de Alcance 1 y 3

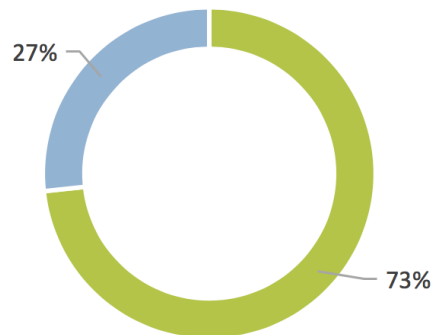
| Transporte        | Combustible | Distancia recorrida (km/año) | Consumo (L/km) | Emisiones promedio (tonCO <sub>2</sub> eq/año) |
|-------------------|-------------|------------------------------|----------------|--|
| Bus               | Diésel      | 165 258,00                   | 53 559,01      | 142,67   |
| Automóvil privado | Gasolina    | 229 962,60                   | 21 636,21      | 50,58  |
|                   | Diésel      | 22 996,26                    | 1 622,05       | 4,32   |
| Pirata-Uber       | Gasolina    | 85 577,40                    | 8 051,62       | 18,82  |
|                   | Diésel      | 8 557,74                     | 603,62         | 1,61   |
| Motocicleta       | Gasolina    | 105 589,00                   | NA             | 8,13   |
| Taxi              | Gasolina    | 67 720,50                    | 6 371,54       | 14,90  |
|                   | Diésel      | 6 772,05                     | 477,67         | 1,27   |

Para analizar la información del segundo cuadro, se eligió la metodología de cuantificación en la cual el 50% de las emisiones de los viajes corresponden al alcance 1, mientras que el otro 50% corresponde a las emisiones de alcance 3. Por tanto, las emisiones finales para cada alcance se presentan en la siguiente tabla:

| Transporte        | Emisiones promedio (tonCO <sub>2</sub> eq/año) |           |         |
|-------------------|--|-----------|---------|
|                   | Alcance 1                                      | Alcance 3 | Totales |
| Bus               | 179,47   | 71,34     | 250,81  |
| Automóvil privado | 74,40  | 27,45     | 101,85  |
| Pirata-Uber       | 36,14  | 10,22     | 46,35   |
| Motocicleta       | 9,96   | 4,07      | 14,03   |
| Taxi              | 32,84  | 8,08      | 40,93   |
| Totales           | 332,81   | 121,15    | 453,97  |

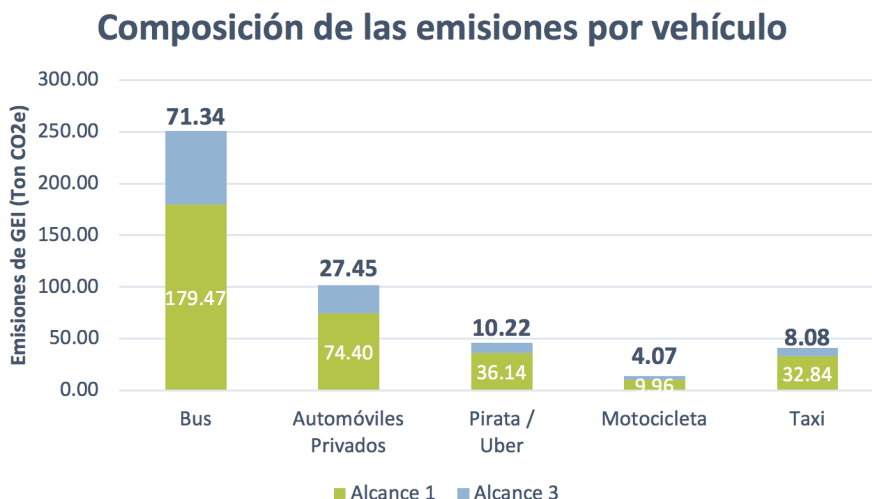
Finalmente, la contribución porcentual de las emisiones para la movilidad ciudadana queda de la siguiente forma:

### Contribución de las emisiones por alcance



■ Alcance 1 ■ Alcance 3

Por otra parte, la composición de los medios de transporte se representa de la siguiente forma:



## BUENAS PRÁCTICAS



Para iniciar la estimación de las emisiones, es necesario establecer supuestos con el fin de homogenizar ciertas características de la movilidad del cantón y poder manejar más fácilmente los datos. En este punto, es vital realizar supuestos con base en estadísticas regionales, para ello se insta a las comisiones de cambio climático de cada municipalidad a realizar las consultas formales a instituciones clave que puedan brindar los datos de la flota vehicular correspondiente al cantón, y lo más segregados de ser posible. Este tipo de consultas deben hacerse con tiempo suficiente, de modo que las instituciones puedan filtrar los datos y compartirlos sin comprometer la sensibilidad individual de estos. El Instituto Nacional de Seguros, el Registro de la Propiedad, así como Riteve puede ser facilitadores de datos para este sector.

Dependiendo de la accesibilidad a los datos, los supuestos pueden afinarse bastante, por ejemplo, se pueden utilizar promedios ponderados de los consumos de combustible para los modelos predominantes en el país o el cantón. La idea es que los supuestos reflejen de la mejor forma posible el comportamiento de la flota vehicular del cantón.

## Cálculo de las emisiones Alcance 3 por el uso de combustible para viajes aéreos transfronterizos

### Opción A

Para el transporte aéreo en primer lugar se deben consultar los factores de emisión publicados por el IMN, y elegir según sea el caso entre los dos tipos de combustible: jet fuel o gasolina de aviación. En el caso que se cuente con un registro confiable de consumo de combustible por las aeronaves, únicamente se hace necesario multiplicar por el factor de emisión:

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned}
 \text{Emisiones de CO}_{2e} &= \frac{30\,000 \text{ L gasolina}}{\text{año}} * \frac{2,227 \text{ kg CO}_2}{\text{L gasolina}} * 1 * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\
 &= 66,81 \text{ ton CO}_{2e}
 \end{aligned}$$

## Opción B

Si no es posible obtener un registro de consumo de combustibles fiable, y en caso de que el cantón cuente con aeródromos para vuelos locales, se recomienda recurrir a los [factores de emisión](#) publicados por el Departamento de Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA). Estos factores son actualizados anualmente, y se recomienda utilizar aquellos que coincidan con el año de reporte, además de revisar cuidadosamente los lineamientos para su uso (tipo de recorrido, clase y forzamiento rodativo). Es importante resaltar que, los factores de emisión del DEFRA pertenecen al Reino Unido, por lo que son una estimación gruesa de la realidad local. Por esta razón, es vital justificar los factores elegidos.

En este caso, se consultaron los factores de emisión para el año 2018 para vuelos domésticos de baja altura, con pasajero promedio y sin forzamiento rodativo (FR), se reportan en el siguiente cuadro:

| Gas              | Factor de emisión (kg GEI/ pasajero.km) |
|------------------|---|
| CO <sub>2</sub>  | 0,15617                                 |
| CH <sub>4</sub>  | 0,00012                                 |
| N <sub>2</sub> O | 0,00148                                 |

Los datos necesarios para poner en práctica los factores de emisión del DEFRA y que se pueden solicitar a los aeródromos son los siguientes:

| Origen      | Destino     | Pasajeros (desde A hacia B) | Distancia A-B (km) | Pasajero.km* |
|-------------|-------------|-----------------------------|--------------------|--------------|
| Aeródromo A | Aeródromo B | 1 500                       | 45                 | 67 500       |

\*Este dato se obtiene de la multiplicación de la cantidad de pasajeros por la distancia de viaje.

Por tanto, la ecuación general a utilizar es:

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{pasajero.km} * \frac{\text{kg GEI}}{\text{pasajero.km}}$$

### Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_{2e} &= 67\,500 \text{ pasajero.km} * \frac{0,15617 \text{ kg CO}_2}{\text{pasajero.km}} * 1 * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 10,54 \text{ ton CO}_{2e} \end{aligned}$$

### Metano (CH<sub>4</sub>)

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_{2e} &= 67\,500 \text{ pasajero.km} * \frac{0,00012 \text{ kg CH}_4}{\text{pasajero.km}} * 21 * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 0,1701 \text{ ton CO}_{2e} \end{aligned}$$

### Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_{2e} &= 67\,500 \text{ pasajero.km} * \frac{0,00148 \text{ kg N}_2\text{O}}{\text{pasajero.km}} * 310 * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 30,969 \text{ ton CO}_{2e} \end{aligned}$$

Finalmente, se suman las emisiones de los tres gases cuantificados:

| Gas de efecto invernadero                    | Total de toneladas de CO <sub>2e</sub> |
|--|--|
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )        | 10,54                                  |
| Metano (CH <sub>4</sub> )                    | 0,17                                   |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)             | 30,96                                  |
| <b>Total de toneladas de CO<sub>2e</sub></b> | <b>41,67</b>                           |

Se considera como buena práctica el reporte de la totalidad de los vuelos de origen y destino en cada aeródromo o aeropuerto ubicado en la ciudad, a pesar de no incluirlos en el inventario como tal.

## SECTOR RESIDUOS

### Cálculo de las emisiones Alcance 1 por la generación de aguas residuales tratadas en tanque séptico

$$\begin{aligned}
 \text{Emisiones de } CO_{2e} &= \frac{2560 \text{ personas}}{\text{año}} * \frac{4,38 \text{ kg } CH_4}{\text{personas}} * 21 * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \\
 &= \frac{235,47 \text{ ton } CO_{2e}}{\text{año}}
 \end{aligned}$$

### Cálculo de las emisiones Alcance 1 por la generación de Aguas Residuales industriales tratadas en plantas de tratamiento

Para este ejemplo, se va a utilizar el caso de una empresa dedicada a la manufactura de alimentos preparados, la cual posee una planta de tratamiento de tipo lodos activados. En el siguiente cuadro se muestran los valores de interés de obtenidos de sus reportes operacionales:

| Reporte I                  |            | Reporte II                 |            | Reporte III                |            | Reporte IV                 |            |
|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|
| Caudal (m <sup>3</sup> /d) | DQO (mg/L) | Caudal (m <sup>3</sup> /d) | DQO (mg/L) | Caudal (m <sup>3</sup> /d) | DQO (mg/L) | Caudal (m <sup>3</sup> /d) | DQO (mg/L) |
| 20                         | 250        | 15                         | 280        | 35                         | 275        | 30                         | 290        |

En este caso, lo primero que se debe obtener es el valor de dato de actividad, es decir, la carga orgánica anual. Para lograrlo, es necesario el siguiente procedimiento:

#### Obtener el promedio anual de caudal y DQO.

$$\text{Caudal promedio } \left( \frac{m^3}{d} \right) = \frac{20 + 15 + 35 + 30}{4} = \frac{25 \text{ m}^3}{d}$$

$$\text{DQO promedio } \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{250 + 280 + 275 + 290}{4} = \frac{273,75 \text{ mg}}{L}$$

Obtener la masa anual de DQO generada. Se multiplica el caudal promedio en (L/año) por el promedio de DQO (kg/L) para obtener los kg de DQO por año.

$$DQO \text{ anual} = \frac{25 \text{ m}^3}{d} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * 365 \text{ d} * \frac{273,75 \text{ mg}}{L} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ 000 mg}} = 2497,96 \text{ kg DQO}$$

Para la elección del factor de emisión, es importante identificar el tipo de tratamiento, que en este caso, es una planta de tipo aeróbica. Al revisar los FE de emisión nacional, no hay ninguno que se adecúe a este caso por lo que es necesario consultar la metodología del IPCC para calcular el FE. Se calcula con la siguiente ecuación:

### Ecuación 6.5, Capítulo 6, Volumen 5, IPCC.

#### Donde:

- FE<sub>j</sub>**: factor de emisión para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación, (kg de CH<sub>4</sub>/ kg DQO)
- j**: cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación
- Bo**: capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>, (kg de CH<sub>4</sub>/ kg DQO)
- MFC<sub>j</sub>**: factor de corrección para el metano (fracción) (Ver Cuadro 6.8, IPCC)

El valor para Bo es de 0,25 CH<sub>4</sub>/kg COD, obtenido de este capítulo. El valor de MCF se obtiene del cuadro 6.8. en el que se presentan dos valores, uno para PTARs bien gestionadas y otro para PTARs sobrecargadas. Por lo que se hace necesario revisar los valores reportados contra el límite máximo permitido por el reglamento de vertido y reuso de aguas residuales. Por tanto, el valor elegido en esta ocasión es "0,3" que corresponde a: "Planta de tratamiento aeróbico, Mal operara. Sobrecargada". Por tanto, el FE:

$$FE = \frac{0,25 \text{ kg CH}_4}{\text{kg DQO}} * 0,3 = \frac{0,075 \text{ kg CH}_4}{\text{kg DQO}}$$

Finalmente, el cálculo de las emisiones asociadas al tratamiento es:

#### Emisiones de CH<sub>4</sub>

$$\text{Emisiones de CH}_4 = 2497,96 \text{ kg DQO} * \frac{0,075 \text{ kg CH}_4}{\text{kg DQO}} * 21 * \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

## BUENAS PRÁCTICAS



En el caso de la contabilización de emisiones de PTARs, lo correcto es hacer el cálculo con los datos de carga orgánica del afluente de la planta, es decir, al inicio del tratamiento. Esto se debe a que las emisiones que deben ser contabilizadas, son aquellas producidas durante el tratamiento de las aguas. Por tanto, en el caso que una industria maneje análisis de laboratorio con muestreos a la entrada de la planta de tratamiento, es preferible utilizar estos valores antes que los del reporte operacional. Si es posible adoptar esta práctica, se aconseja también realizar la contabilización de las emisiones una vez que las aguas residuales pasan al cuerpo receptor, en el cual continúan con su proceso de degradación.

En caso de no obtener valores del afluente, la estimación se puede realizar con los valores del reporte operacional como se ejemplificó en el ejercicio anterior.

Por otra parte, si la PTAR no presenta vertido, se debe analizar un peor escenario, en el cual, se puede tomar en cuenta el caudal de entrada y se asume el límite máximo admisible por el reglamento de vertido según el tipo de industria.

Es importante que todas las decisiones tomadas durante el proceso de cuantificación de las emisiones estén debidamente documentadas.

## Cálculo de las emisiones Alcance 3 por la generación de residuos sólidos enviados a relleno sanitario

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de } CH_4 &= \frac{1\,000\,000 \text{ kg residuos}}{\text{año}} * \frac{0,0581 \text{ kg } CH_4}{\text{kg residuos}} * 21 * \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} \\ &= 1220 \text{ ton } CO_{2e} \end{aligned}$$

El total de emisiones de GEI generadas por los residuos sólidos es 1 220,1 ton CO<sub>2e</sub>

## Cálculo de las emisiones Alcance 1 por la generación residuos sólidos enterrados o dispuestos en lotes.

Al no existir un FE específico para este manejo de los residuos, es necesario acudir a las metodologías sugeridas por el IPCC en el capítulo 3 del volumen 5.

### Metano (CH<sub>4</sub>)

#### Paso 1

Se debe estimar la cantidad de materia orgánica degradable, para lo cual, es necesario acudir a la siguiente ecuación:

$$DOC = \sum (DOC_i * X W_i)$$

**Ecuación 3.2, Capítulo 3, Volumen 5, IPCC.**

Donde:

**DOC:** fracción de carbono orgánico degradable en los desechos brutos (Gg de C/Gg de desechos)

**DOC<sub>i</sub>:** fracción de carbono orgánico degradable en los desechos de tipo i

**E<sub>j</sub>:** el valor defecto para el papel es 0.4 (sobre la base del peso húmedo)

**W<sub>i</sub>:** fracción de tipo de desecho i por la categoría de desecho

**E<sub>j</sub>:** el valor por defecto para el papel en los DSM de Asia Oriental es de 0.188 (sobre la base del peso húmedo)

Como se aprecia en la ecuación, para realizar esta estimación, se debe consultar la composición de los residuos generados en el cantón (se puede obtener a través de estudios de composición específicos), De igual manera, es necesario utilizar algunos valores por defecto indicados por el IPCC. En la siguiente tabla, se aprecian dichos datos.

| Tipo de residuo | Composición de los RS en el cantón (W <sub>i</sub> ) | Contenido de DOC <sub>i</sub> en los residuos* |
|-----------------|--|--|
| Orgánicos       | 0,55   | 0,15   |
| Papel y cartón  | 0,21   | 0,4  |
| Plástico        | 0,11   | NA   |
| Metal           | 0,03   | NA   |
| Vidrio          | 0,02   | NA   |
| No valorizable  | 0,08   | 0,24   |

\*Fuente: Volumen 5, Capítulo 2, Cuadro 2.4

Por tanto, el cálculo para el DOC se realiza de la siguiente forma:

$$DOC=(0,58*0,15)+(0,21*0,4)+(0,07*0,24)=0,1857$$

## **Paso 2**

Es necesario calcular el carbono orgánico degradable disuelto (DDOC) a partir de los datos sobre eliminación de desechos.

$$DDOC_m = W * DOC * DOC_f * MFC$$

### **Ecuación 3.2, Capítulo 3, Volumen 5, IPCC.**

Donde:

**DDOC<sub>m</sub>**: masa del DDOC depositado (Gg)

**W**: masa de los desechos depositados (Gg)

**DOC**: carbono orgánico degradable durante el año de descomposición (fracción: Gg de C/Gg desechos)

**DOC<sub>f</sub>**: fracción del DDOC que puede descomponerse (fracción)

**MCF**: Factor de corrección de CH<sub>4</sub> para la descomposición aeróbica durante el año de descomposición (fracción)

En este caso, se hace necesario conocer la generación de residuos que ha sido enterrados para el año de reporte, así como valores por defecto especificados por el IPCC.

| VALOR            | RESULTADO | UNIDADES | REFERENCIA  |
|------------------|-----------|----------|---|
| W                | 1.85      | Gg       | Se recomienda utilizar datos propios del cantón (ej: encuestas)                                 |
| DOC <sub>f</sub> | 0.5       | Fracción | Vol 5, Cap 3 Pág 14-15 (valor recomendado)  |
| MCF              | 0.4       | Fracción | Vol 5, Cap 3 Cuadro 3.1 (valor recomendado para este caso: "sitio no gestionado poco profundo") |
| DOC              | 0.1857    | Fracción | Calculada en el paso 1  |

**Por tanto, el cálculo para el DDOC<sub>m</sub> se realiza de la siguiente forma:**

$$DDOC_m = 1,85 * 0,1857 * 0,5 * 0,4 = 0,0687 (Gg)$$

## **Paso 3**

Finalmente, se debe calcular el metano generado por el entierro de los residuos. Para ello, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CH_4 \text{ generado}_T = DDOC_m \text{ descomp}_T * F * \frac{16}{12}$$

### **Ecuación 3.6, Capítulo 3, Volumen 5, IPCC.**

Donde:

**CH<sub>4</sub> generado<sub>T</sub>** = cantidad CH<sub>4</sub> generado a partir del material en descomposición

**DDOC<sub>m</sub> descomp<sub>T</sub>** = CH<sub>4</sub> descompuesto durante el año T, Gg

**F** = fracción volumétrica de CH<sub>4</sub> en el gas de vertedero generado (fracción)

**16/12** = cociente de pesos moleculares CH<sub>4</sub>/C



En esta ecuación es necesario asumir DDOcm *descompt* como DDOcm (calculada en el paso 2), debido a que la estimación se realiza sobre el año de reporte únicamente. Por otra parte, el valor de F es 0.5 y está indicado en el IPCC (Vol 5, Cap 6, pág 16). El cálculo del metano generado se realiza de la siguiente forma:

$$CH_4\text{generado}_T = 0,0687 * 0,5 * \frac{16}{12} = 0,0458 \text{ Gg}$$

## Estimación de emisiones a partir de la quema a cielo abierto de los RS

### Emisiones de CO<sub>2</sub>

Se deben estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la incineración a cielo abierto de los RSM, para ello, es necesario acudir a 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:

**CO<sub>2</sub>**: emisiones de CO<sub>2</sub> durante el año del inventario (Gg de CO<sub>2</sub>/año)

**SW<sub>i</sub>**: cantidad total de desechos sólidos tipo *i* (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta (Gg/año)

**dm<sub>i</sub>**: contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)

**CF<sub>i</sub>**: fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)

**FCF<sub>i</sub>**: fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)

**OF<sub>i</sub>**: factor de oxidación, (fracción)

**44/12**: factor de conversión de C a CO<sub>2</sub>

**i**: tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre

Para poder aplicar la ecuación anterior, es necesario realizar una serie de estimaciones previas para los valores de "dm", "CF" y "FCF", y, al igual que se hizo con los residuos enterrados, se debe consultar el estudio de composición<sup>1</sup> de los residuos generados en el cantón. En la siguiente tabla, se aprecian los datos necesarios para la estimación de los valores mencionados.

| Tipo de residuo | Composición de los RS en el cantón = WF | Contenido de materia seca DOC <sub>i</sub> en los residuos húmedos (dm <sub>i</sub> )* | Contenido de DOC en los residuos secos (CF) | Fracción de carbono fósil del total de carbono (FCF) |
|-----------------|---|--|---|--|
| Orgánicos       | 0,55                                    | 0,15   | 0,38  | NA   |
| Papel y cartón  | 0,21                                    | 0,4  | 0,44  | 0,01   |
| Plástico        | 0,11                                    | NA   | NA  | 1  |
| Metal           | 0,03                                    | NA   | NA  | ND   |
| Vidrio          | 0,02                                    | NA   | NA  | ND   |
| No valorizable  | 0,08                                    | 0,24   | 0,1   | 0,1  |

\*Fuente: Volumen 5, Capítulo 2, Cuadro 2.4

### a) Estimación del contenido de materia seca en los DSM (dm)

$$dm = \sum_i (WF_i * dm_i)$$

Ecuación 5.8, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.

Donde:

**dm:** contenido total de materia seca en los DSM

**WF<sub>i</sub>:** fracción del componente *i* en los DSM

**dm<sub>i</sub>:** contenido de materia seca en el componente *i*

Por tanto,

$$dm = (WF_{orgánicos} * dm_{orgánicos}) + (WF_{papel y cartón} * dm_{papel y cartón}) + (WF_{no valorizable} * dm_{no valorizable})$$

Entonces:

$$dm = (0,55 * 0,15) + (0,21 * 0,4) + (0,24 * 0,24) = 0,1857$$

### b) Estimación del contenido de carbono total en los DSM (CF)

$$CF = \sum_i (WF_i * CF_i)$$

Ecuación 5.9, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.

Donde:

**CF:** contenido de carbono total de los DSM

**WF<sub>i</sub>:** fracción del componente *i* en los DSM

**CF<sub>i</sub>:** contenido de carbono de los desechos de tipo/material en los DSM

Por tanto,

$$CF = (WF_{orgánicos} * CF_{orgánicos}) + (WF_{papel y cartón} * CF_{papel y cartón}) + (WF_{no valorizable} * CF_{no valorizable})$$

Entonces:

$$CF = (0,55 * 0,38) + (0,21 * 0,44) + (0,08 * 0,1) = 0,3094$$

**c) Estimación de la fracción de carbono fósil en el tipo de desecho  $i$  de los DSM (FCF)**

$$FCF = \sum_i (WF_i * FCF_i)$$

**Ecuación 5.10, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.**

**Donde:**

**FCF:** carbono fósil total de los DSM

**$WF_i$ :** fracción del tipo de desecho  $i$  en los DSM

**$FCF_i$ :** fracción de carbono fósil en el tipo de desecho  $i$  de los DSM

**Por tanto,**

$$FCF = (WF_{orgánicos} * FCF_{orgánicos}) + (WF_{papel y cartón} * FCF_{papel y cartón}) + (WF_{no valorizable} * FCF_{no valorizable})$$

**Entonces:**

$$CF = (0,21 * 0,01) + (0,11 * 1) + (0,08 * 0,1) = 0,1201$$

Una vez calculados estos valores, es necesario regresar a la ecuación 5.1 del primer paso indicado en esta metodología, de forma que ya se pueden calcular las emisiones para la actividad de quema de residuos a cielo abierto. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum (SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i) * \frac{44}{12}$$

El valor del OF<sub>i</sub> o factor de oxidación en este caso corresponde a 0,58, que es el valor recomendado (Cuadro 5.2 Capítulo 5, Volumen 5, IPCC).

$$Emisiones\ de\ CO_2 = 2,3 * 0,1857 * 0,3094 * 0,1201 * 0,58 * \frac{44}{12} = 0,03\ GgCO_2$$

Es importante prestar atención a las unidades en las que están definidas las ecuaciones, de forma que una vez realizado el cálculo se proceda con la conversión a las unidades de reporte del inventario. En este caso, las unidades están dadas en Gg CO<sub>2</sub>, y es necesario llevarlas a ton CO<sub>2</sub> para la contabilización final como se presenta seguidamente:

$$Emisiones\ de\ CO_2 = 0,03\ GgCO_2 * \frac{1000\ ton\ CO_2}{1\ Gg\ CO_2} = 33,75\ tonCO_{2e}$$

## Emisiones de CH<sub>4</sub>

Durante la combustión de los residuos a cielo abierto, se generan también emisiones de metano no despreciables, por lo que se deben calcular de la siguiente forma:

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

**Ecuación 5.4, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.**

### Donde:

**IW<sub>i</sub>**: cantidad de desechos sólidos de tipo i incinerados o quemados por incineración abierta (Gg/año)

**EF<sub>i</sub>**: factor de emisión de CH<sub>4</sub> agregado (kg de CH<sub>4</sub>/Gg de desechos)

**10<sup>-6</sup>**: factor de conversión de kilogramos en gigagramos

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

El dato IW se toma de los resultados de encuestas o estadísticas correspondientes al cantón, y el factor de emisión (EF) es 6500 kg CH<sub>4</sub>/Gg de residuos (Recomendación por defecto en Página 22, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC).

6500

$$Emisiones\ de\ CH_4 = 2,3\ Gg\ residuos * \frac{6500\ kg\ CH_4}{Gg\ de\ residuos} = 0,01495\ kg\ CH_4$$

$$Emisiones\ de\ CH_4 = 0,01495\ kg\ CH_4 * \frac{1000\ ton\ CH_4}{1\ ton\ CH_4} = 14,95\ ton\ CH_4$$

Al obtener las emisiones en toneladas de metano, es necesario realizar su conversión hacia toneladas de dióxido de carbono equivalente:

$$Emisiones\ de\ CO_{2e} = 14,95\ tonCH_4 * 21 = 313,95\ tonCO_{2e}$$

## Emisiones de N<sub>2</sub>O

Durante la combustión de los residuos a cielo abierto, se generan también emisiones de óxido nitroso no despreciables, por lo que se deben calcular de la siguiente forma:

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

**Ecuación 5.5, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC.**

### Donde:

**IW<sub>i</sub>**: cantidad de desechos sólidos de tipo i incinerados o quemados por incineración abierta (Gg/año)

**EF<sub>i</sub>**: factor de emisión de N<sub>2</sub>O agregado (kg de N<sub>2</sub>O/Gg de desechos)

**10<sup>-6</sup>**: factor de conversión de kilogramos en gigagramos

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

El dato IW se toma de los resultados de encuestas o estadísticas correspondientes al cantón, y el factor de emisión (EF) es 150 kg N<sub>2</sub>O/Gg de residuos peso en seco (Cuadro 5.6, Capítulo 5, Volumen 5, IPCC). Por tanto, el cálculo correspondiente a las emisiones de óxido nitroso es:

$$\text{Emisiones de } N_2O = 2,3 \text{ Gg residuos} * \frac{150 \text{ kg } N_2O}{\text{Gg de residuos}} = 0,000345 \text{ kg } N_2O$$

$$\text{Emisiones de } N_2O = 0,000345 \text{ kg } N_2O * \frac{1000 \text{ kg } N_2O}{1 \text{ ton } N_2O} = 0,345 \text{ ton } N_2O$$

$$\text{Emisiones de } CO_{2e} = 0,345 \text{ ton } N_2O * 310 = 106,95 \text{ ton } CO_{2e}$$

Finalmente, se obtienen la masa de  $CO_{2e}$  emitido debido a la quema a cielo abierto de residuos.

| Gas de efecto invernadero       | Total de toneladas de $CO_{2e}$ |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Dióxido de carbono ( $CO_2$ )   | 33,75                           |
| Metano ( $CH_4$ )               | 313,95                          |
| Óxido nitroso ( $N_2O$ )        | 106,95                          |
| Total de toneladas de $CO_{2e}$ | 454,65                          |

## BUENAS PRÁCTICAS



Con respecto a las aguas residuales, en Costa Rica se exige que los reportes operacionales de las plantas de tratamiento indiquen únicamente los parámetros de salida del agua tratada, dejando de lado los parámetros de entrada. Esto representa una barrera para la adecuada cuantificación de emisiones en la actividad, por lo que una estrategia para disminuir un poco este error, es el cálculo de las emisiones tanto en el sistema de tratamiento como las correspondientes al disponer las aguas ya tratadas en un cuerpo receptor. En ambos casos, se puede utilizar el dato de carga orgánica disponible (del Reporte Operacional). Si bien no se corrige la falencia de datos reales, al menos se inicia el reporte de ese segundo "tratamiento" que no es comúnmente considerado en los inventarios.

## SECTOR GANADERÍA

### Cálculo de las emisiones Alcance 1 por el proceso digestivo del ganado vacuno lechero

#### Para hembras adultas

$$\frac{650 \text{ cabezas}}{\text{año}} \times \frac{85 \text{ kg } CH_4}{\text{cabeza por año}} = \frac{55\,250 \text{ kg } CH_4}{\text{año}}$$

$$\frac{55\,250 \text{ kg } CH_4}{\text{año}} \times 21 \times \frac{1 \text{ ton } CO_{2e}}{1000 \text{ kg } CO_{2e}} = \frac{1160,25 \text{ ton } CO_{2e}}{\text{año}}$$

## Para machos adultos

$$\frac{350 \text{ cabezas}}{\text{año}} \times \frac{111,7 \text{ kg CH}_4}{\text{cabeza por año}} = \frac{39\,095 \text{ kg CH}_4}{\text{año}}$$

$$\frac{39\,095 \text{ kg CH}_4}{\text{año}} \times 21 \times \frac{1 \text{ ton CO}_{2e}}{1000 \text{ kg CO}_{2e}} = \frac{820,995 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}}$$

En total por la digestión de ganado vacuno se generan 1981,2 ton CO<sub>2e</sub>

## Cálculo de las emisiones Alcance 1 por el manejo del estiércol

$$\frac{1000 \text{ cabezas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ kg CH}_4}{\text{cabeza por año}} = \frac{1000 \text{ kg CH}_4}{\text{año}}$$

$$\frac{1000 \text{ kg CH}_4}{\text{año}} \times 21 \times \frac{1 \text{ ton CO}_{2e}}{1000 \text{ kg CO}_{2e}} = \frac{21 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}}$$

Por el manejo del estiércol se generan 21 ton CO<sub>2e</sub>

En total sumando ambas fuentes por el sector ganadería se generan 1982,2 ton CO<sub>2e</sub>.

| Gas de efecto invernadero                    | Total de toneladas de CO <sub>2e</sub> |
|--|--|
| Proceso digestivo de ganado vacuno lechero   | 1981,2                                 |
| Manejo de estiércol                          | 21                                     |
| <b>Total de toneladas de CO<sub>2e</sub></b> | <b>1982,2</b>                          |

## Cálculo de las emisiones Alcance 1 por la aplicación de fertilizantes

Se cuenta con cultivos de papa en una extensión de 550 hectáreas. El factor de emisión en la aplicación de fertilizantes está dado para el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), por lo que se debe multiplicar por su PCG (310) para obtener las emisiones en dióxido de carbono equivalente. Por lo tanto, el cálculo de las emisiones anuales correspondería a:

$$550 \text{ ha} * 7,86 \frac{\text{kg N}_2\text{O}}{\text{ha} \cdot \text{año}} * 310 = 1340,13 \text{ kg} \frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{año}}$$

$$1340,13 \text{ kg} \frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 1,34 \frac{\text{ton CO}_{2e}}{\text{año}}$$

En total, se emiten 1,34 ton CO<sub>2e</sub> por la aplicación de fertilizantes en cultivos de papa.

## Ejemplo de cálculo de las emisiones por cambio de uso de la tierra

Este sector se basa en el cálculo de cambios en el uso de la tierra detallado en el volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra del IPCC (2006) (<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>). Este volumen cuenta con un capítulo para cada uno de los usos de la tierra. Referirse a este documento para las definiciones, cuadros y ecuaciones mencionadas en este ejemplo. El número inicial de cada uno de los cuadros y ecuaciones se refieren al número del capítulo. Por ejemplo, la ecuación 2.7 se encuentra en el capítulo 2 y el cuadro 4.5 se encuentra en el capítulo 4.



### PARA RECORDAR:

#### Nota 1

El volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra del IPCC (2006) cuenta con un Anexo 1 en donde se indican paso a paso los cálculos para Nivel 1 ([https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_13\\_An1\\_Worksheets.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_13_An1_Worksheets.pdf))

#### Nota 2

El sistema REDD+ Costa Rica, cuenta con una herramienta "FREL TOOL CR v1" para el cálculo de emisiones y absorciones en este sector.

Se recomienda contar con la ayuda de un experto en el sector, como por ejemplo, un ingeniero forestal, para contar con datos más exactos y completos. Este ejemplo pretende funcionar como una guía básica basada en las realidades encontradas en los pilotos cantonales.

Se deben seguir los pasos indicados en el Volumen 4 AFOLU del IPCC (2006) para la preparación de estimación del inventario de GEI del sector. A continuación, se indica el esquema general de los pasos a seguir:

### 1. Dividir todas las tierras en gestionadas y no gestionadas (Capítulo 3).



### PARA RECORDAR:

#### Nota 3

Es esencial, primeramente, identificar las áreas forestales dentro del cantón que se encuentren bajo el sistema de pagos por servicios ambientales (PSA) bajo la modalidad de compensación. Estas áreas no deben ser contabilizadas dentro de los cálculos de uso de la tierra de los cantones, debido las remociones de estas áreas le pertenecen a un tercero que no es la municipalidad.

El IPCC (2006) habla de tierra gestionada cuando ha habido una intervención humana en la cual se han realizado intervenciones para la ejecución de actividades de producción, sociales o ecológicas. Para este caso, se consideran todas las tierras de parques nacionales y reservas como gestionadas, debido a que existe intención humana en su preservación.

### 2. Desarrollar un sistema nacional de clasificación de tierras aplicable a las seis categorías de uso de la tierra, subdividiéndolas después por regiones según el clima, tipo de suelo y/o parámetros ecológicos apropiadas para el país (Capítulo 3)

Existen 6 tipos de uso de la tierra clasificados en el volumen 4 del IPCC (2006): forestales, pastizales, cultivos, asentamientos, humedales y otros usos. Para el caso de los cálculos cantonales, se decidió que por facilidad se calcularían los usos de tierra principales: cultivos, forestales, pastizales y asentamientos. Por lo tanto, el ejemplo de caso se va a enfocar en estos cuatro usos.

Los depósitos de carbono utilizados en AFOLU para calcular las emisiones del sector son las siguientes:

| Depósito de carbono     |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Biomasa                 | Biomasa aérea              |
|                         | Biomasa subterránea        |
| Materia orgánica muerta | Madera muerta              |
|                         | Hojarasca                  |
| Suelos                  | Materia orgánica del suelo |

En este ejemplo se van a calcular los cambios en los depósitos de carbono en biomasa y materia orgánica muerta. Debido a la complejidad encontrada en la práctica para la obtención de esta información, en este ejemplo no se incluirá el cálculo del depósito en suelos al considerarse que los datos para los cálculos de depósitos de biomasa y materia orgánica muerta era información más disponible y pertinente. Para el cálculo de los depósitos de suelos, se recomienda la contratación de un experto en el tema para obtener datos más completos y exactos. Sin embargo, se realizará el cálculo ejemplo para las tierras forestales que permanecen como tales.

### 3. Compilar datos sobre el área de tierras y el cambio de área de tierras en cada categoría de uso de la tierra. Categorizar el área de tierra por sistemas de gestión específicos definidos para cada categoría de uso de la tierra (Capítulo 3).

Primeramente, se debe realizar una clasificación de las categorías de uso de la tierra en conjunto con la identificación del estado de dichos usos. Con esto, se refiere a identificar si estos usos se encuentran como tierras permanentes o como tierras en conversión. Tierras permanentes son aquellas que han estado bajo el mismo uso de la tierra por más de 20 años, mientras que las tierras en conversión son aquellas para las que, por el contrario, han transcurrido 20 años o menos desde su conversión. Por ejemplo, una tierra con uso inicial de cultivo inicia su conversión a pastizal en el año 2010, esta tierra se encontraría en tierra en conversión a pastizal hasta el 2020 si se mantiene en esa conversión por 20 años. Al año 2021, ingresaría a tierra permanente bajo la categoría de pastizal. Esta información es importante para conocer en qué estado se encuentra la tierra para el año de reporte y poder realizar los cálculos bajo los supuestos y datos más apropiados.

Para poder identificar estos estados de conversión o permanencia, se deben comparar los usos de suelo en varios tiempos de referencia. Idealmente, se cuenta con varios mapas de uso de la tierra que comprenden desde el año de reporte a 20 o más años atrás para poder determinar los cambios acontecidos en cada uno de los años. Sin embargo, esta información no está siempre disponible, por lo que se puede hacer uso del año de reporte y una referencia de mínimo 20 años atrás. Se puede hacer uso de los mapas cantonales, o, en caso de que la municipalidad no tenga la información, hacer un levantamiento propio. También, se puede hacer uso de las capas de uso de la tierra generadas por el Inventario Forestal Nacional. Se debe realizar el análisis en los cambios mediante un sistema de información geográfica, por lo que se recomienda trabajarlo con un experto en el manejo de estos programas.

Una vez identificadas las áreas, en uso permanente y en transición (o convertidas en), se debe hacer una equivalencia entre las clasificaciones utilizadas. Por ejemplo, las clasificaciones de los inventarios de 1992 difieren de las utilizadas en años más recientes. Además, se debe equiparar con las clasificaciones del IPCC para poder utilizar los valores estándar de esta metodología. Se recomienda trabajar en conjunto con un experto en el área con conocimiento en sistemas de información geográfica (SIG) para realizar una clasificación adecuada.

Para este ejemplo, se tiene que el cantón de Santa Rita tiene los siguientes cambios en el uso de la tierra para el año de reporte 20XX.



| Áreas en hectáreas             |               |           |            |               |    |
|--------------------------------|---------------|-----------|------------|---------------|----|
| Uso de la tierra<br>FORESTALES |               | Uso final |            |               |    |
|                                |               | CULTIVOS  | PASTIZALES | ASENTAMIENTOS |    |
| Uso inicial                    | FORESTALES    | 387       | 2          | 5             | 2  |
|                                | CULTIVOS      | 36        | 2          | 3             | 0  |
|                                | PASTIZALES    | 45        | 3          | 50            | 3  |
|                                | ASENTAMIENTOS | 0         | 0          | 0             | 40 |

#### 4. Estimar las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> en el nivel apropiado en respaldo de un análisis de categorías principales.

Para el caso de los pilotos de categorías cantonales se estableció que se utilizaría un Nivel 1 de cálculo. Esto debido a que usualmente no se cuenta con información propia en cada uno de los cantones, y, a que, de esta manera, se facilita el cálculo al poder utilizar los valores estándar indicados en el Volumen 4: AFOLU del IPCC (2006).

A continuación se indican las ecuaciones utilizadas para cada uso de la tierra y sus depósitos de carbono.

### TIERRAS FORESTALES

Permanecen como tales

#### Biomasa

Tomando en cuenta que el tipo de tierra forestal permanente que existe en el cantón de Santa Rita es un bosque natural tropical lluvioso,

**Ecuación 2.9: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen dentro de la misma categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_G = \sum A * G_{TOTAL} * CF$$

Donde,

$\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra (ton C/año)

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (ha)

CF = fracción de carbono de materia seca (ton C/ton dm) (valor por defecto 0,47)

$G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa (ton dm/ha-año)

Por lo que,

$$\Delta C_G = 387 * G_{TOTAL} * 0,47$$

**Ecuación 2.10: Incrementos anuales promedio de la biomasa (Nivel 1)**

$$G_{TOTAL} = G_w * (1 + R)$$

Donde,

$G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa (ton dm/ha-año)

$G_w$  = promedio de crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa (ton d.m./ha-año) (Cuadro 4.9.)

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación de biomasa subterránea. (para Nivel 1, se le asigna un valor de 0 ya que se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea)

Por lo que,

$$G_{TOTAL} = 7 * (1 + 0) = 7$$

Por lo tanto,

$$\Delta C_G = 387 * 7 * 0,47 = 1273,23 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Para este ejemplo, se asume que la única pérdida de carbono en biomasa en el cantón de Santa Rita, ocurre a causa de perturbaciones por insectos, debido a que no ocurren remociones por cosecha o remoción de madera combustible ya que son bosques naturales. Esta afectación ocurrió en un área de 0,3 hectáreas.

$$L_{\text{perturbación}} = A_{\text{perturbación}} * B_w * (1 + R) * CF * fd$$

#### Ecuación 2.14: Pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones

##### Donde:

$L_{\text{perturbación}}$  = otras pérdidas anuales de carbono, ton C año<sup>-1</sup> (Nótese que se trata de la cantidad de biomasa que se pierde del total de la biomasa)

$A_{\text{perturbación}}$  = superficie afectada por perturbaciones, ha año<sup>-1</sup>

$B_w$  = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, ton d.m. ha<sup>-1</sup> (cuadro 4.7)

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>. R debe configurarse en cero si se supone que no hubo cambios en la biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup>

fd = fracción de biomasa perdida por perturbaciones (*proporción de biomasa que se pierde del depósito de biomasa, fd = 1 representaría una perturbación que reemplace todo el bosque del área afectada, fd = 0,3 una perturbación por insectos*).

Por lo tanto,

$$L_{\text{perturbación}} = 0,3 * 300 * (1 + 0) * 0,47 * 0,3 = 12,69 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## Materia orgánica muerta

Para Nivel 1, el valor por defecto es 0, debido a que se asume que las emisiones son 0 o están en equilibrio.

## Carbono en suelo

### • Suelos minerales

Para Nivel 1 se asume que no hay cambios en las existencias de carbono del suelo mineral por lo que no se realiza este cálculo.

### • Suelos orgánicos

El IPCC (2006) indica que se debe estimar la superficie de suelos orgánicos drenados bajo bosques gestionados del cantón para cada año o para el último año de cada período de inventario (si sólo se tienen dos años comparativos, por ejemplo, 1992 y 2017, el cálculo sería con el año 2017).

El cantón de Santa Rita tiene un área de suelos orgánicos drenados de 30 hectáreas bajo una región climática tropical.

$$L_{organicos} = \sum_c (A * EF)_c$$

**Ecuación 2.26: Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados**

**Donde:**

$L_{organicos}$  = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, (ton C/año)  
 $A$  = superficie de los suelos orgánicos drenados en el tipo de clima  $c$ , (ha)  
 $EF$  = factor de emisión para el tipo de clima  $c$  (ton C/ ha-año) (cuadro 4.6)

En el caso del cantón de Santa Rita se trata solamente de clima tropical, por lo que,

$$L_{organicos} = 30 \text{ ha} * 1,36 = 40,8 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

### Biomasa

Se tiene que 36 hectáreas de tierra cuyo uso inicial era tierra de cultivo y 45 hectáreas cuyo uso inicial era pastizal, fueron convertidas a tierra forestal de bosque tropical lluvioso, Se vuelve a utilizar la misma **ecuación 2.9**:

$$\Delta C_G = \sum A * G_{TOTAL} * CF$$

$$\Delta C_G = (36 * G_{TOTAL} * 0,47)_{cultivo} + (45 * G_{TOTAL} * 0,47)_{pastizal}$$

$$G_{TOTAL} = G_w * (1 + R)$$

Seguidamente, se hace uso de la **ecuación 2.10**:

$$G_{TOTAL} = 7 * (1 + 0) = 7$$

Por lo tanto, se tiene que,

$$\Delta C_G = (36 * 7 * 0,47)_{cultivo} + (45 * 7 * 0,47)_{pastizal} = 266,49 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Se trabaja bajo el supuesto de que estas tierras en conversión, no sufren pérdidas en el depósito de carbono de biomasa durante el año del reporte.

## Materia orgánica muerta

Cuando se trabaja bajo el Nivel 1, sólo se requiere estimar este depósito para tierras convertidas de tierras forestales a cualquiera de las demás categorías de uso de la tierra y para tierras convertidas a tierras forestales. Esto debido a que, se supone que los depósitos de materia orgánica muerta equivalen a cero en todas las categorías no forestales, por lo que el cambio de uso de la tierra entre estas categorías no implica cambios en las existencias de carbono en este depósito.

En este caso, se calculan los cambios en el depósito de carbono de materia orgánica muerta para la tierra que era inicialmente de cultivo y fueron convertidas a tierras forestales.

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_0) * A_{on}}{T_{on}}$$

### Ecuación 2.23: Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra

**Donde:**

$\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca (ton C/año)

$C_n$  = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de uso (ton C/ha) (tabla 2.2)

$C_0$  = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de uso de la tierra (ton C/ha)  
(valor por defecto es 0 para todos los usos iniciales de suelo)

$A_{on}$  = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra (ha)

$T_{on}$  = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra (año)  
(valor por defecto para los incrementos es de 20 años)

Por lo tanto,

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(2,1 - 0) * 36}{20} = 3,78 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Por lo que se tiene que para las tierras forestales, el cambio en los depósitos de carbono es de,

$$\Delta C_{FL} = 1273,23 - 12,69 - 40,8 + 266,49 + 3,78 = 1409,01 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## TIERRAS DE CULTIVO

Permanecen como tales

### Biomasa

El cambio en el depósito de biomasa se estima solamente para cultivos leñosos perennes. Consultar con el cuadro 5.4 ejemplos de cultivos que entrarían dentro de esta clasificación.

El cantón de Santa Rica posee 2 hectáreas de tierra que permanece como tierra de cultivo debido a un cultivo perenne de café.

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

### Ecuación 2.7: Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra (método de pérdidas y ganancias)

**Donde:**

$\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa para la subcategoría de tierra (ton C/año)

$\Delta C_G$  = aumento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa (ton C/año)  
(cuadro 5.1)

$\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de carbono debido a la pérdida de biomasa (ton C/año)  
(cuadro 5.1)

Por lo tanto,

$$\Delta C_B = (2,5 - 21) \frac{\text{ton C}}{\text{ha} * \text{año}} * 2 \text{ ha} = -37,0 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## Materia orgánica muerta

En el método de Nivel 1 no se calculan los cambios en este depósito ya que se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca no existen en las tierras de cultivo o están en equilibrio.

Convertidas en tierras de Cultivo

## Biomasa

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{conversión}} - \Delta C_L$$

**Ecuación 2.15: Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra**

**Donde:**

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (ton C/año)
- $\Delta C_G$  = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (ton C/año) (cuadro 5.9)
- $\Delta C_{\text{conversión}}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (ton C/año)
- $\Delta C_L$  = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a pérdidas producidas por cosechas en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (ton C/año) (cuadro 5.1)

$$\Delta C_{\text{conversión}} = \sum_i \{ (B_{\text{después}_i} - B_{\text{antes}_i}) * \Delta A_{A_{\text{otras}_i}} \} * CF$$

**Ecuación 2.16: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra**

**Donde:**

- $\Delta C_{\text{conversión}}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (ton C/año)
- $B_{\text{después}_i}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra inmediatamente después de la conversión (ton dm/ha)
- $B_{\text{antes}_i}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra antes de la conversión (ton dm/ha) (cuadro 4.4 y 4.7 para tierras forestales, y cuadro 6.4 para pastizales)
- $\Delta A_{A_{\text{otras}_i}}$  = superficie de uso de la tierra convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado (ha/año)
- CF= fracción de carbono de materia seca (ton C/ton dm)

En el Nivel 1, se trabaja con el supuesto de que las existencias de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión equivalen a cero. Mientras que las existencias de carbono en la biomasa para las categorías de uso de la tierra iniciales pueden verse en el Cuadro 5.8.

Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión pueden encontrarse en los capítulos respectivos a cada uso de la tierra. Los valores por defecto de la biomasa pueden encontrarse en: Capítulo 4 para tierras forestales, el capítulo 5 para tierras de cultivo y el capítulo 6 para pastizales.

Para obtener el  $B_{antes}$  de las tierras forestales convertidas a asentamientos, es necesario multiplicar el valor indicado en el cuadro 4.7 (biomasa aérea) por la R, relación biomasa subterránea/biomasa aérea, y luego sumar ambas biomásas para obtener la biomasa total forestal.

Para este ejemplo, se trata de tierras forestales de bosque tropical lluvioso, por lo tanto, se toma el valor de 300 ton dm/ha de biomasa aérea del cuadro 4.7. El valor de R del cuadro 4.4 correspondería a 0,37 ton raíz dm/ton dm para bosque tropical lluvioso.

$$R \left( \frac{\text{biomasa subterránea}}{\text{biomasa aérea}} \right) = 0,37$$

$$\text{biomasa}_{sub} = 0,37 * 300 \frac{\text{ton biomasa}_{aérea}}{\text{ha}} = 111 \frac{\text{ton biomasa}_{sub}}{\text{ha}}$$

$$\text{Biomasa total} = 111 \frac{\text{ton biomasa}_{sub}}{\text{ha}} + 300 \frac{\text{ton biomasa}_{aérea}}{\text{ha}}$$

$$\text{Biomasa total}_{forestal} = \frac{411 \text{ ton biomasa}}{\text{ha}}$$

Seguidamente, se procede a introducir los valores para las tierras convertidas desde un uso inicial de pastizal y forestal, a un uso de la tierra final de cultivo.

$$\Delta C_{conversión} = [(0 - 16,1) * 3] * 0,47]_{pastizal} + [(0 - 411) * 2] * 0,47]_{forestal}$$

$$\Delta C_{conversión} = -409,04 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

$$\Delta C_B = 5,0 * (3 \text{ ha} + 2 \text{ ha}) + \Delta C_{conversión} - 21 * (3 \text{ ha} + 2 \text{ ha})$$

$$\Delta C_B = -489,04 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## Materia orgánica muerta

Se vuelve a hacer uso de la **ecuación 2.23** con los siguientes valores:  $C_n$  valor por defecto es 0);  $C_0$ , buscar valor en la tabla 2.2; y  $T_{on}$  con un valor por defecto de 1 año. Con lo que se obtiene que:

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(0 - 2,1) * 2}{1} = -4,2 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Este cálculo se basa en el supuesto de que el cambio en este depósito ocurre durante el cambio inicial por la conversión en el uso de la tierra. Las tierras de cultivo contienen poco o nada de materia orgánica muerta, por lo que se supone que los depósitos se aproximan a cero después de la conversión.

Por lo que se tiene que para las tierras de cultivo, el cambio en los depósitos de carbono es de:

$$\Delta C_{CL} = -37,0 - 489,04 - 4,2 = -530,24 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## PASTIZALES

### Permanecen como tales

#### Biomasa

Para nivel 1, el valor por defecto es 0 debido a que se asume que las emisiones son 0 o están en equilibrio.

### Materia orgánica muerta

Para nivel 1, el valor por defecto es 0 debido a que se asume que las emisiones son 0 o están en equilibrio.

### Convertidas en pastizales

Cuando se trabaja con un Nivel 1, sólo se calculan los cambios abruptos bajo el supuesto de que los cambios de existencia se producen en el año de la conversión.

Para los pastizales, se considera que el año de la conversión se contabiliza bajo una Fase 1, mientras que los restantes 19 años de transición se manejan bajo una Fase 2. Al concluir estos 20 años, se transfiere la contabilización de esta área a pastizales que permanecen como tales. Bajo este esquema de fases en el nivel 1, el depósito de biomasa de los pastizales alcanza un régimen constante al iniciar la Fase 2, por lo que el valor de los cambios en este depósito en esta fase es cero.

Por lo tanto, en este ejemplo se va a calcular bajo el supuesto de que son áreas que sufrieron la conversión en el año de reporte. Se trata de tierras de cultivos que eran inicialmente cultivos perennes de café y tierras forestales que eran inicialmente bosque tropical lluvioso.

#### Biomasa

Se hace uso de la **ecuación 2.15** con los siguientes valores: el incremento anual ( $\Delta C_L$ ) y la reducción anual ( $\Delta C_G$ ) en las existencias de carbono de la biomasa se asumen como 0 debido a que se está calculando el cambio abrupto dado por la conversión del uso de la tierra en pastizal durante el año de reporte.

Seguidamente, se hace uso de la **ecuación 2.16** donde:  $B_{\text{despues}}$  es 0 como valor por defecto; CF es 0,47 por defecto; y las  $B_{\text{antes}}$  se encuentran en el cuadro 4.7 para forestal y cuadro 5.1 para cultivos perennes.

Nótese que en la **ecuación 2.16** se multiplica por la fracción de carbono (CF) para convertir las toneladas por hectárea de materia seca en toneladas de carbono por hectárea. En el caso de los datos de las tierras que inicialmente eran tierras de cultivo, el dato de existencias de biomasa antes de la conversión encontrado en el cuadro 5.1 ya se encuentran en unidades de ton C/ha, por lo que no se multiplica por la fracción de carbono de 0,47.

$$\Delta C_{\text{conversión}} = [ \{ (0 - 21) * 3 \} ]_{\text{cultivo}} + [ \{ (0 - 411) * 2 \} * 0,47 ]_{\text{forestal}}$$

$$\Delta C_{\text{conversión}} = -449,34 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## Materia orgánica muerta

Para el Nivel 1, sólo es necesario calcular el cambio abrupto, y esto se lleva a cabo utilizando la **ecuación 2.23**, en la que  $C_n$  es igual a cero,  $T_{on}$  es igual a 1 y se encuentra en la tabla 2.2

Por lo tanto,

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(0 - 2,1) * 2}{1} = -4,2 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Por lo que se tiene que para los pastizales, el cambio en los depósitos de carbono es de,

$$\Delta C_{GL} = -449,34 - 4,2 = -453,54 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## ASENTAMIENTOS

### Permanecen como tales

#### Biomasa

Para nivel 1, el valor por defecto es 0 debido a que se asume que las emisiones son 0 o están en equilibrio.

### Materia orgánica muerta

Para nivel 1, el valor por defecto es 0 debido a que se asume que las emisiones son 0 o están en equilibrio.

### Convertidas en asentamientos

En este ejemplo se van a calcular bajo el supuesto de que son áreas que sufrieron la conversión en el año de reporte. Se trata de tierras que eran inicialmente pastizales y tierras forestales que eran inicialmente bosque tropical lluvioso.

#### Biomasa

Se hace uso de la **ecuación 2.15**, asumiendo que el incremento ( $\Delta C_G$ ) y la reducción ( $\Delta C_L$ ) anual en las existencias de carbono de la biomasa están en equilibrio (0) después del cambio abrupto.

Posteriormente, se hace uso de la **ecuación 2.16** con los siguientes valores: CF con un valor por defecto de 0,47;  $B_{despues}$  con un valor por defecto de 0; y  $B_{antes}$  se encuentra en el cuadro 6.4 para pastizales y cuadro 4.7 y 4.4 para forestal.

Por lo tanto,

$$\Delta C_{conversión} = [ \{ (0 - 16,1) * 3 \} * 0,47 ]_{pastizal} + [ \{ (0 - 411) * 2 \} * 0,47 ]_{forestal}$$

$$\Delta C_{conversión} = -409,04 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Por lo que,

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L + (-409,04) = -409,04 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$



## Materia orgánica muerta

Para el cálculo de la materia orgánica muerta, se hace uso de la ecuación 2.23 haciendo uso de un valor por defecto de 0 para  $C_n$ , un valor de  $C_0$  encontrado en el cuadro 2.2 para tierra forestal y un valor por defecto de 1 año para  $T_{on}$ .

Por lo que,

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(0 - 2,1) * 2}{1} = -4,2 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Por lo que se tiene que para los asentamientos, el cambio en los depósitos de carbono es de,

$$\Delta C_{SL} = -409,04 - 4,2 = -413,24 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

## 5. Sumar las emisiones y absorciones de $CO_2$ producidas durante el período del inventario para cada categoría de fuente por uso de la tierra y estrato.

Seguidamente, se suman los tipos de biomasa por categoría de uso de la tierra y se obtiene el total de emisiones por cambio en el uso de la tierra en el año de reporte.

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{SL}$$

**Ecuación 2.1: Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector AFOLU estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra**

$\Delta C$  = cambio en las existencias de carbono  
FL = tierras forestales  
CL = tierras de cultivo  
GL = pastizales  
SL = asentamientos

$$\Delta C_{AFOLU} = 11,49 \frac{\text{ton C}}{\text{año}} * \frac{44 \text{ unidades de } CO_2}{12 \text{ unidades de C}} = 43,96 \frac{\text{ton } CO_2}{\text{año}}$$

## 6. Convertir los cambios en las existencias de C a emisiones y absorciones de $CO_2$

$$\Delta C_{AFOLU} = 1409,01_{\Delta FL} - 530,24_{\Delta CL} - 453,54_{\Delta GL} - 413,24_{\Delta SL} = 11,99 \frac{\text{ton C}}{\text{año}}$$

Se obtiene que para el año 20XX, el cantón de Santa Rita obtuvo una absorción de 43,96 toneladas de  $CO_2$  por cambio en el uso de la tierra.

$$\Delta C_{AFOLU} = 11,49 \frac{\text{ton C}}{\text{año}} * \frac{44 \text{ unidades de } CO_2}{12 \text{ unidades de C}} = 43,96 \frac{\text{ton } CO_2}{\text{año}}$$

## ANEXO 8. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LAS EMISIONES EVITADAS POR LOS PLANES DE MITIGACIÓN

### Caso: Sector transporte – Subsector transporte público

Una vez finalizado el inventario del cantón de San Rafael, la Comisión Intersectorial identificó que el sector que más emisiones aportaba al inventario era el de transportes. Dentro de este, y gracias a la aplicación de las encuestas origen – destino, se logra evidenciar que el transporte público tiene un gran protagonismo. Esto se debe a que una gran parte de su población viaja diariamente hacia un cantón vecino para sus actividades laborales.

Teniendo claro el panorama, la municipalidad ha establecido una estrategia de trabajo conjunto a una de las principales empresas autobuseras que dan el servicio en el cantón. Para ello, han creado un plan de modernización de la flotilla autobusera, en el que sustituirán 10 autobuses de combustión que realizan 15 carreras diarias de 15 kilómetros.

Las características de ambas tecnologías son:

| Características | Escenario Base (Actual)  | Escenario de Reducción (Propuesta) |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|
| Tecnología      | Combustión diésel        | Eléctrico                          |
| Modelo          | 2013                     | 2020                               |
| Autonomía*      | 0,06 (L/km) <sup>2</sup> | 2,5 (kWh/km) <sup>3</sup>          |

\*Los datos de autonomía indicados para este ejemplo son tomados a partir de estudios y estadísticas internacionales. Los datos de autonomía dependen de muchas variables, por lo que para el planteamiento de un plan de reducción, es necesario utilizar la mayor cantidad de datos primarios o locales para evaluar la eficiencia del plan.

Para determinar las emisiones que serán evitadas con este proyecto, es necesario cuantificar la cantidad de combustible y energía eléctrica que son necesarias para realizar el recorrido. La estimación de las emisiones se realiza de la siguiente manera:

#### Distancia total diaria

$$Distancia = 10 \text{ autobuses} * \frac{15 \text{ carreras}}{\text{autobus. día}} * \frac{15 \text{ km}}{\text{carrera}} * 365 \text{ días} = \frac{821\,250 \text{ km}}{\text{año}}$$

#### Emisiones del escenario base

$$Consumo \text{ de diesel (L)} = \frac{0,06 \text{ L diesel}}{\text{km}} * \frac{821\,250 \text{ km}}{\text{año}} = \frac{49\,275 \text{ L diesel}}{\text{año}}$$

$$Emisiones \text{ de } CO_2 = \frac{49\,275 \text{ L}}{\text{año}} * \frac{2,613 \text{ kg } CO_2}{\text{L}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 128,7556 \text{ ton } CO_2$$

$$Emisiones \text{ de } CH_4 = \frac{49\,275 \text{ L}}{\text{año}} * \frac{0,000149 \text{ kg } CO_2}{\text{L}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} =$$

$$Emisiones \text{ de } N_2O = \frac{49\,275 \text{ L}}{\text{año}} * \frac{0,000154 \text{ kg } CO_2}{\text{L}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 0,0076 \text{ ton } N_2$$

$$Emisiones \text{ de } CO_{2e} = 128,7556 \text{ ton } CO_2 * 1 + 0,0073 \text{ ton } CH_4 * 21 + 0,0076 \text{ ton } N_2O * 310 \\ = \frac{131,26 \text{ ton } CO_{2e}}{\text{año}}$$

2 Fuente: <https://www.bts.gov/content/bus-fuel-consumption-and-travel>

3 Fuente: [https://www.changing-transport.org/wp-content/uploads/TCC-Week\\_Stefan-Baguette-Electric-Buses.pdf](https://www.changing-transport.org/wp-content/uploads/TCC-Week_Stefan-Baguette-Electric-Buses.pdf) El consumo indicado corresponde a un autobús que opera con alguno de los sistemas de climatización activo (AC/calefacción), de forma que se considera un peor escenario de consumo.

## Emisiones del escenario con reducción

$$\text{Consumo de energía (kWh)} = \frac{2,5 \text{ kWh}}{\text{km}} * \frac{821\,250 \text{ km}}{\text{año}} = \frac{2\,053\,125 \text{ kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Emisiones de CO}_{2e} = \frac{2\,053\,125 \text{ kWh}}{\text{año}} * \frac{0,0395 \text{ kg}}{\text{kWh}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = \frac{81,09 \text{ ton CO}_{2e}}{\text{año}}$$

## Estimación de la reducción prevista

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ reducidas} = 131,26 - 81,09 = 50,17 \text{ ton CO}_{2e}$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ reducidas} = 38,22 \%$$

A continuación, se muestra el ejemplo de llenado del formato de la ficha de acciones de mitigación:

| ÍTEM  | A COMPLETAR POR LA ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACCIÓN DE MITIGACIÓN   |
|---|---|
| Programa, estrategia o iniciativa                         | Programa de transición a una movilidad sostenible en el cantón de Santa Cecilia.  |
| Nombre de la acción de mitigación                         | Sustitución de 10 unidades de autobús diésel por autobuses eléctricos.  |
| Objetivo de la acción de mitigación                       | Reducir las emisiones causadas por el transporte urbano intercantonal.  |
| Entidad responsable de la acción de mitigación            | Municipalidad en alianza con empresa autobusera   |
| Persona contacto  | Juan Pérez<br>Departamento de Planificación Urbana  |
| Sector y sub sector al que aplica la medida de mitigación | Transporte<br>Transporte por carretera  |
| Ubicación de la acción                                    | Ruta AB San Rafael – La Estrella.<br>Origen: Estación Cinco Esquinas<br>Destino: Estación Central La Estrella                     |
| Gases de efecto invernadero cubiertos                     | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O  |
| Descripción de la acción de mitigación                    | Se sustituirán 10 unidades de autobús para la ruta especificada, los cuales realizan 150 carreras diarias hacia un cantón vecino. |
| Emisiones de GEI reducidas (ton CO <sub>2e</sub> )        | 50,17 ton CO <sub>2e</sub>  |
| Año de inicio y final de la implementación                | 2020  |
| Fuentes de financiamiento                                 | Alianza público-privada entre municipalidad y empresa autobusera  |

Algunas secciones de la ficha tales como la descripción de la acción de mitigación y las fuentes de financiamiento, deben estar bien desarrolladas y justificadas.

## BUENAS PRÁCTICAS



Es importante tener en cuenta, para el planteamiento de las acciones de reducción, se busca utilizar la mayor cantidad de datos primarios y/locales para obtener estimaciones más cercanas a la reducción real esperada. En este sentido, para un ejemplo de transporte urbano, lo ideal sería contar con el registro de consumo de diésel de la empresa autobusera, o bien, realizar una aproximación del consumo con base en el registro de las carreras realizadas y considerando otros factores clave como el consumo en las horas pico y valle del tránsito. Los anuarios de RITEVE, así como estadísticas del INS, pueden ser insumos a considerar en el planteamiento de las acciones de mitigación que no es comúnmente considerado en los inventarios.

De igual manera, al presentar el reporte de los planes de reducción completados, es importante que los datos de actividad, en este caso, hayan sido documentados a lo largo del período de implementación, para así, obtener las reducciones reales y que estas puedan ser verificadas por el tercero. En este caso, un dato de actividad real corresponde a la energía suministrada por los cargadores de uso exclusivo de la empresa.

### Caso: Sector residuos – Subsector transporte público

La municipalidad de Santa Rita identificó que el sector de residuos es una de las fuentes de emisiones de GEI más importantes dentro del cantón. Para el año 2020, se enviaron 1550 toneladas de residuos al relleno sanitario, y con base a un estudio de caracterización de los residuos municipales, se identificó que de esas toneladas el 83% son residuos orgánicos (*este valor es para fines del ejercicio, no debe ser tomado como un valor promedio nacional*).

Por lo tanto, el Plan de Acciones de Mitigación Cantonal establece como meta que, para un periodo de 5 años, se reducirá en un 100% la cantidad de residuos orgánicos enviados a relleno sanitario mediante su tratamiento en una planta de compostaje municipal, además del impulso de composteras en hogares. Las emisiones evitadas calculadas para esta acción de mitigación serían las siguientes:

#### 1) Calcular la cantidad de residuos orgánicos totales que actualmente se envían a relleno sanitario anualmente:

$$\text{Masa de residuos} = \frac{1550 \text{ ton}}{\text{año}} * 83\% = \frac{1286,5 \text{ ton residuos orgánicos}}{\text{año}}$$

#### 2) Emisiones del escenario base: tratamiento con relleno sanitario.

Para este cálculo, es necesario multiplicar las toneladas de residuos orgánicos por el FE de relleno sanitario nacional proporcionado por el IMN. Al año 2020, el FE tiene un valor de 0,0581 kg CH<sub>4</sub>/kg de residuos sólidos. (*Se debe consultar la actualización anual de los FE del IMN por cualquier cambio que pueda acontecer en los valores*).

Como se mencionó en esta guía, los GEI deben multiplicarse por su valor de potencial de calentamiento para obtener el valor total en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Por lo tanto, también se debe multiplicar por el valor de potencial de calentamiento del metano (CH<sub>4</sub>), 21.

$$\text{Emisiones de CO}_{2e} = 1286,5 \text{ ton RO} * 0,0581 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{kg residuo}} * \frac{1 \text{ ton CH}_4}{1000 \text{ kg CH}_4} * \frac{1000 \text{ kg residuo}}{1 \text{ ton residuo}} * 21$$

RO = residuos orgánicos

Se obtiene que se produce un aproximado de 1569,66 ton de CO<sub>2</sub>e al tratar los residuos orgánicos en un relleno sanitario.

### 3) Emisiones del escenario con reducción: planta de compostaje

Se considera la misma cantidad de residuos orgánicos tratados por compostaje, debido a que la meta de la municipalidad indica que se planea reducir el 100% de los residuos orgánicos enviados anualmente al relleno sanitario.

El tratamiento de los residuos por compostaje posee dos FE según lo indicado por el IMN. Estos son 4 g CH<sub>4</sub>/kg residuos sólidos y 0,3 g N<sub>2</sub>O/kg residuos sólidos. *Recuerde que se debe multiplicar cada gas por el potencial de calentamiento correspondiente, 21 para CH<sub>4</sub> y 310 para N<sub>2</sub>O.*

$$1286,5 \text{ ton RO} * 4 \frac{\text{g CH}_4}{\text{kg residuo}} * \frac{1 \text{ ton CH}_4}{1000000 \text{ g CH}_4} * \frac{1000 \text{ kg residuo}}{1 \text{ ton residuo}} * 21$$
$$= 108,07 \text{ ton CO}_2\text{e (CH}_4\text{)}$$

$$1286,5 \text{ ton RO} * 0,3 \frac{\text{g N}_2\text{O}}{\text{kg residuo}} * \frac{1 \text{ ton N}_2\text{O}}{1000000 \text{ g N}_2\text{O}} * \frac{1000 \text{ kg residuo}}{1 \text{ ton residuo}} * 310$$
$$= 119,64 \text{ ton CO}_2\text{e (N}_2\text{O)}$$

Seguidamente, se debe realizar la sumatoria de las toneladas de CO<sub>2</sub>e resultantes del tratamiento por compostaje para obtener las toneladas totales.

$$108,07 \text{ ton CO}_2\text{e (CH}_4\text{)} + 119,64 \text{ ton CO}_2\text{e (N}_2\text{O)} = 227,71 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

El total de toneladas de CO<sub>2</sub>e producidas por tratamiento de los residuos orgánicos por compostaje es de 227,71.

### 7) Estimación de la reducción prevista

Por lo tanto, se restan las emisiones por compostaje de las emisiones por tratamiento por relleno sanitario:

$$1569,66 \frac{\text{ton CO}_2\text{e}}{\text{relleno sanitario}} - 227,71 \frac{\text{ton CO}_2\text{e}}{\text{compostaje}} = 1341,95 \text{ ton CO}_2\text{e evitadas}$$

Por lo tanto, con la implementación de esta acción de mitigación, se estima que se logran evitar 1341,95 toneladas de CO<sub>2</sub>e al cambiar el tipo de tratamiento de los residuos orgánicos de su disposición final en un relleno sanitario, a un manejo por compostaje.

A continuación, se muestra el ejemplo de llenado del formato de la ficha de acciones de mitigación:

| Ítem  | A completar por la entidad responsable de la acción de mitigación  |
|---|--|
| Programa, estrategia o iniciativa                         | Estrategia de promoción de compostaje en el cantón de Santa Rita   |
| Nombre de la acción de mitigación                         | Propuesta de reducción de emisiones del sector residuos mediante la implementación de una estrategia compostaje en el cantón de Santa Rita   |
| Objetivo de la acción de mitigación                       | Implementar una estrategia de compostaje cantonal integral para reducir las emisiones causadas por el actual tratamiento de los residuos orgánicos en el relleno sanitario Los Campos.   |
| Entidad responsable de la acción de mitigación            | Municipalidad de Santa Rita  |
| Persona contacto  | Violeta Talamantes<br>Encargada Unidad de Gestión Ambiental<br>Municipalidad de Santa Rita<br>correo: vtalamantes@munisantarita.go.cr<br>Teléfono: 2543-2321   |
| Sector y sub sector al que aplica la medida de mitigación | Sector: Residuos<br>Subsector: Residuos Sólidos  |
| Ubicación de la acción                                    | Cantón de Santa Rita   |
| Gases de efecto invernadero cubiertos                     | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O   |
| Descripción de la acción de mitigación                    | 1. Alianza con empresa privada de compostaje para la donación de equipos y personal de capacitación.<br>2. Expansión del complejo de compostaje cantonal y de recolección de residuos.<br>3. Campaña integral de educación. Incluye población residente y comercios.<br>4. Trabajo de acompañamiento a residentes y comercios que hagan uso de compostaje in situ. En conjunto con un sistema de incentivos. |
| Emisiones de GEI reducidas (ton CO <sub>2</sub> eq)       | 1341,95 ton CO <sub>2</sub> e  |
| Año de inicio y final de la implementación                | 2020 - 2024  |
| Fuentes de financiamiento                                 | Fondos municipales<br>Alianza con empresa privada de equipos de compostaje   |

## ANEXO 9. GUÍA DE CONTENIDO PARA EL INFORME DE REPORTE DEL INVENTARIO DE EMISIONES

|                                   |   |                  |
|-----------------------------------|---|------------------|
| <b>LOGO del cantón o distrito</b> | Municipalidad de (Indicar Cantón)<br>XX-XX-XX-2018 (Código del informe)<br>Título: Informe de Inventario de Emisión de GEI del cantón de (Indicar Cantón) | Revisión XX-20XX |
|                                   |   | Página 1 de 9    |

### Contenidos

1. Descripción del cantón
2. Alcance del Inventario de Gases de Efecto Invernadero
3. Fuentes y sectores por reportar según su alcance
4. Año base
5. Año del reporte
6. Metodologías de cálculo empleados para cada fuente
7. Factores de emisión o remoción de GEI.
8. Información sobre la calidad de datos
9. Emisiones por sector
10. Descripción de las acciones de mitigación
11. Compensación de emisiones
12. Resultados y conclusiones

### 1. Descripción del cantón

*Una descripción general de la ciudad, incluyendo el área geográfica total, informaciones socio-económicas de cantón o distrito, tales como la cantidad de población, la indicación del número de personas no residentes que entran al cantón o distrito a realizar distintas actividades, la composición de la economía, el clima y las actividades del uso de la tierra (acompañado de un mapa de uso de la tierra).*

### 2. Alcance del Inventario de Gases de Efecto Invernadero

*Descripción del límite geográfico que abarca el inventario, incluir un mapa de área geográfica cubierta en el inventario.*

### 3. Fuentes y sectores por reportar según su alcance

*Descripción de las fuentes por sector que se incluyen en el inventario.*

### 4. Año base

*Descripción del año base usado para reporta y la justificación de su elección.*

### 5. Año del reporte

*Descripción del año del reporte usado para reporta y la justificación de su elección.*

### 6. Metodologías de cálculo empleados para cada fuente

*Describir las metodologías usadas para la recopilación por cada fuente, así como los métodos de cálculo de emisiones usados para cada fuente.*

## 7. Factores de emisión o remoción de GEI

Describir los factores de emisión usados para cada fuente.

## 8. Información sobre la calidad de datos

Aportar la evaluación de la calidad de datos del inventario según el siguiente cuadro.

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

## 9. Emisiones por sector

Indicar la cantidad de toneladas de CO2 equivalente contabilizadas para cada fuente por sector como se indica a continuación.

| SECTOR                          | SUBSECTOR  | ALCANCE 1 | ALCANCE 2 | ALCANCE 3 |
|---------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|
| <b>ENERGÍA<br/>ESTACIONARIA</b> | 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 |           |           |           |



| SECTOR  | SUBSECTOR   | ALCANCE 1 | ALCANCE 2 | ALCANCE 3 |
|---|---|-----------|-----------|-----------|
| <b>TRANSPORTE</b>                                       | Por carretera   |           |           |           |
|   | Ferroviario   |           |           |           |
|   | Navegación marítima, fluvial y lacustre   |           |           |           |
|   | Aviación  |           |           |           |
|   | Fuera de carretera  |           |           |           |
| <b>RESIDUOS</b>   | 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   |           |           |           |
| <b>PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS</b>         | Procesos industriales   |           |           |           |
|   | Uso de productos  |           |           |           |
| <b>AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO</b> | Ganadería   |           |           |           |
|   | Uso de suelos   |           |           |           |
|   | Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO <sub>2</sub> |           |           |           |

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

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

## 10. Descripción de las acciones de mitigación

Describir las acciones de mitigación implementadas, evidenciar la implementación de éstas y completar el siguiente cuadro por cada una de las acciones.

| Ítem  | Descripción |
|---|-------------|
| Programa, estrategia o iniciativa                         |             |
| Nombre de la acción de mitigación                         |             |
| Objetivo de la acción de mitigación                       |             |
| Entidad responsable de la acción de mitigación            |             |
| Persona contacto  |             |
| Sector y sub sector al que aplica la medida de mitigación |             |
| Ubicación de la acción                                    |             |
| Gases de efecto invernadero cubiertos                     |             |
| Descripción de la acción de mitigación                    |             |
| Emisiones de GEI reducidas (ton CO <sub>2</sub> eq)       |             |
| Año de inicio y final de la implementación                |             |
| Fuentes de financiamiento                                 |             |

## 11. Compensación de emisiones

Descripción del proceso de compensación.

## 12. Resultados y conclusiones

Descripción de los principales resultados y conclusiones de la aplicación al Programa País Carbono Neutralidad Cantonal.



## 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

programapais.dcc@minae.go.cr

**Apartado Postal:** 10104-1000 San José, Costa Rica

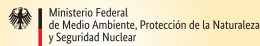
www.minae.go.cr • www.cambioclimatico.go.cr  /dccCostaRica



Con el apoyo de:



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

