

# RAGEI 2016

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO  
DEL SECTOR DESECHOS 2016

## CATEGORÍAS:

ELIMINACIÓN DE DESECHOS  
SÓLIDOS E INCINERACIÓN E  
INCINERACIÓN ABIERTA DE  
DESECHOS SÓLIDOS

**Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2016**  
**Categorías: Eliminación de Desechos Sólidos e**  
**Incineración e incineración abierta de Desechos**

Preparado por:

**Ministerio del Ambiente**  
Viceministerio de Gestión Ambiental  
Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos

Lima, 2020

## CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	9
2. SITUACIÓN DEL SECTOR.....	11
3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI .....	13
3.1. Organización para la elaboración del RAGEI .....	13
3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI .....	13
3.3. Control de Calidad y Garantía de la Calidad del RAGEI .....	13
4. METODOLOGÍA APLICADA.....	14
4.1. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI .....	14
4.2. Metodología para el análisis de incertidumbre .....	14
4.3. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal .....	15
5. RESULTADO DE LA CATEGORÍA 4A Y SUBCATEGORÍA 4C2 .....	16
5.1. Categoría 4A: Eliminación de Desechos Sólidos.....	17
5.1.1. Método de cálculo.....	17
5.1.2. Datos de actividad .....	20
5.1.3. Factores de emisión y de conversión .....	24
5.1.4. Análisis de incertidumbre.....	25
5.1.5. Análisis de resultados.....	26
5.1.6. Actualización de la serie temporal .....	27
5.1.7. Análisis de zonas climáticas en el Modelo de desechos del IPCC .....	27
5.2. Categoría 4B: Tratamiento biológico de desechos sólidos .....	29
5.3. Subcategoría 4C2: Incineración abierta de desechos .....	29
5.3.1. Método de cálculo.....	29
5.3.2. Datos de actividad .....	34
5.3.3. Factores de emisión y de conversión .....	38
5.3.4. Análisis de incertidumbre.....	39
5.3.5. Análisis de resultados.....	40
5.3.6. Actualización de la serie temporal .....	40
5.4. Control de Calidad y Garantía de la Calidad.....	41
5.4.1. Control de calidad .....	41
5.4.2. Garantía de calidad .....	43

6.	PLAN DE MEJORA.....	45
7.	ANEXOS.....	48
7.1.	Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI .....	48
7.2.	Anexo 2: Juicio de experto realizado .....	49
7.3.	Anexo 3: Procedimiento de control de calidad.....	50
7.4.	Anexo 4: Procedimiento de garantía de la calidad .....	54

## Lista de Tablas

Tabla N° 1. Acciones de Gestión de Residuos Sólidos Municipales 2016 .....	12
Tabla N° 2. Fuentes de información requerida para el RAGEI .....	13
Tabla N° 3. Gases estimados en el RAGEI 2016.....	14
Tabla N° 4. Emisiones estimadas del Sector Desechos - Categoría 4A y Subcategoría 4C2.....	16
Tabla N° 5. Datos de actividad considerados en la metodología de cálculo 4A – Nivel 1.....	21
Tabla N° 6. Generación per cápita de desechos sólidos municipales .....	22
Tabla N° 7. Composición de residuos sólidos municipales para el año 2016.....	23
Tabla N° 8. Factores de emisión utilizados para estimación de emisiones de la categoría 4A.....	24
Tabla N° 9. Valores de incertidumbre para los datos de actividad .....	25
Tabla N° 10. Valores de incertidumbre para los factores de emisión.....	25
Tabla N° 11. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones de la categoría Eliminación de desechos sólidos .....	26
Tabla N° 12. Valores por defecto para zonas climáticas .....	28
Tabla N° 13. Resultados del modelo utilizando los parámetros específicos para cada tipo de clima .....	28
Tabla N° 14. Resultados para tres modelos diferenciados por regiones .....	28
Tabla N° 15. Datos de actividad considerados en la metodología de cálculo 4C2 – Nivel 1.....	34
Tabla N° 16. GPC promedio rural .....	35
Tabla N° 17. Total de residuos sólidos incinerados (Gg/año) .....	36
Tabla N° 18. Composición de desechos sólidos en zonas rurales .....	37
Tabla N° 19. Fracción de la población que quema residuos .....	37
Tabla N° 20. Factores de emisión utilizados para estimación de emisiones de la subcategoría 4C2.....	38
Tabla N° 21. Valores de incertidumbre para los datos de actividad .....	39
Tabla N° 22. Valores de incertidumbre para los factores de emisión.....	39
Tabla N° 23. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones de la subcategoría Incineración abierta de desechos .....	40
Tabla N° 24. Hallazgos producto del proceso de control de calidad de la Categoría 4A .....	42
Tabla N° 25. Hallazgos producto del proceso de control de calidad de la Subcategoría 4C2.....	43
Tabla N° 26. Hallazgos producto del proceso de garantía de calidad .....	43
Tabla N° 27. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI .....	45
Tabla N° 28. Procedimientos generales de control de calidad .....	50
Tabla N° 29. Procedimientos de específicos de control de calidad .....	52
Tabla N° 30. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4A – Eliminación de Desechos Sólidos.....	54
Tabla N° 31. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4B – Tratamiento biológico de desechos sólidos .....	57
Tabla N° 32. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4C2 – Incineración abierta de desechos .....	58

## Lista de Figuras

Figura N° 1. Emisiones de las sub categorías 4A y Subcategoría 4C2 (Gg CO <sub>2</sub> eq) .....	16
Figura N° 2. Porcentaje de participación de las emisiones de GEI en la gestión de residuos sólidos.....	17
Figura N° 3. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH <sub>4</sub> procedentes de la disposición de desperdicios sólidos en tierra .....	18
Figura N° 4. Evolución de la generación per cápita de desechos sólidos municipales .....	23
Figura N° 5. Emisiones de metano generadas por la categoría 4A .....	26
Figura N° 6. Serie temporal de las emisiones de GEI de la categoría 4A .....	27
Figura N° 7. Árbol de decisión para las emisiones de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O procedentes de la incineración abierta de desechos .....	30
Figura N° 8. Árbol de decisión para las emisiones de CO <sub>2</sub> procedentes de la incineración abierta de desechos .....	32
Figura N° 9. Emisiones de GEI generadas por la categoría 4C2 .....	40
Figura N° 10. Serie temporal de las emisiones de GEI de la categoría 4C2 .....	41

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>Bfrac</b>	Fracción de la cantidad de desechos que se quema respecto de la cantidad total de desechos tratados
<b>CC</b>	Control de calidad
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub>eq</b>	Dióxido de Carbono equivalente
<b>COD</b>	Compuesto orgánico degradable
<b>CODf</b>	Fracción de carbono orgánico disuelto que se descompone bajo condiciones anaeróbicas
<b>CODm</b>	Carbono orgánico disuelto depositado
<b>CODmat</b>	CODm acumulado en los sitios de disposición final al final del año T
<b>CODmat-1</b>	CODm acumulado en los sitios de disposición final al final del año T-1
<b>CODmdt</b>	CODm depositado en los sitios de disposición final durante el año T
<b>COP</b>	Conferencia de las Partes
<b>COVDM</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
<b>DGCCD</b>	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
<b>DGRS</b>	Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos
<b>dm</b>	Contenido total de materia seca en los RSM
<b>dmi</b>	Contenido de materia seca en el componente i
<b>DS</b>	Decreto Supremo
<b>EEA</b>	European Environmental Agency
<b>EMEP</b>	European Monitoring and Evaluation Programme
<b>F</b>	Fracción de metano en gas de vertedero generado
<b>FCM</b>	Factor de corrección de metano
<b>FOD</b>	First order decay (Descomposición de primer orden)
<b>GC</b>	Garantía de la calidad
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>Gg</b>	Giga gramo
<b>GL2006</b>	Diretrizes del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (del inglés <i>2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories</i> )
<b>GPC</b>	Generación per cápita
<b>Hab</b>	Habitantes
<b>INEI</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>INFOCARBONO</b>	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
<b>InfoProc</b>	Información procesada
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (del inglés <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> )
<b>k</b>	Constante de reacción
<b>Kg</b>	Kilogramo

<b>Lo</b>	Potencial de generación de metano
<b>MINAM</b>	Ministerio del Ambiente
<b>mm</b>	Milímetros
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>NA</b>	No aplica
<b>NDC</b>	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
<b>NE</b>	No Estimado
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Nitrógeno
<b>O<sub>Xt</sub></b>	Factor de oxidación durante el año T
<b>PCG</b>	Potencial de Calentamiento Global (GWP en inglés, <i>Global Warming Potential</i> )
<b>Pfrac</b>	Fracción de la población que quema desechos
<b>RAGEI</b>	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
<b>RAGEI 2016</b>	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del año 2016
<b>RSM</b>	Residuos Sólidos Municipales
<b>R<sub>t</sub></b>	Metano recuperado durante el año T
<b>SIGERSOL</b>	Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos
<b>T<sub>n</sub></b>	Tonelada
<b>W</b>	Cantidad de desechos sólidos depositados
<b>W<sub>Fi</sub></b>	Fracción del componente i en los RSM

## RESUMEN EJECUTIVO

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos que involucra la categoría 4A y la subcategoría 4C2 del año 2016 (RAGEI 2016) describe el proceso de estimaciones de GEI del año 2016 y el recálculo de la serie temporal 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994.

El RAGEI 2016 presenta las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) generados por la gestión de desechos sólidos, calculadas siguiendo las “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (Directrices del IPCC de 2006). Los valores de GEI se reportan en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq), utilizando el Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su Segundo Informe de Evaluación.

Las emisiones de GEI del año 2016 se han estimado en 3,979.47 GgCO<sub>2</sub>eq para la categoría 4A y en 85.22 GgCO<sub>2</sub>eq para la subcategoría 4C2. Haciendo un total de 4,064.69 GgCO<sub>2</sub>eq emisiones producto de la gestión de residuos sólidos.

Respecto a la evolución de las emisiones de GEI, se tiene que las emisiones del año 2016 aumentaron en aproximadamente en un 7.53% respecto al 2015 y en un 25.81% respecto al año 1994. Esta tendencia está relacionada al incremento poblacional y a la consecuente generación de desechos sólidos.

El presente RAGEI 2016 constituye un hito importante para el Ministerio del Ambiente (MINAM) dado que presenta estimaciones de emisiones de GEI con las Directrices del IPCC de 2006, el cual contribuye a adelantarnos al cumplimiento del Marco Reforzado de Transparencia<sup>1</sup>, dispuesto en el Acuerdo de París, que serán operativizados a través del INFOCARBONO, herramienta del MRV de mitigación del Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación establecido en el artículo 32 y 51 del Reglamento de la Ley Marco sobre Cambio Climático.

---

<sup>1</sup> Las Modalidades, Procedimientos y Directrices del Marco de Transparencia para la acción y apoyo referido en el Artículo 13 del Acuerdo de París, adoptado en la Decisión 18/CMA.1 de la CMNUCC, establece que las Partes deberán presentar su primer informe bienal de transparencia y su informe del inventario nacional (aplicando las Directrices del IPCC de 2006 y cualquier versión o refinamiento posterior), a más tardar el 31 de diciembre de 2024. Recuperado de: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018\\_3\\_add2\\_new\\_advance.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf)

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Ambiente (MINAM) a través del Decreto Supremo N°013-2014-MINAM aprobó las disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO), cuya finalidad es establecer un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que contribuirá a la formulación de políticas, y planes de desarrollo que reduzcan las emisiones de GEI y al cumplimiento de los compromisos asumidos por el país con la suscripción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Asimismo, a través de la Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM, el MINAM aprobó las guías para la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) y la difusión del inventario nacional de gases de efecto invernadero, definiendo su aplicación según la entidad competente. De acuerdo con esta resolución, el MINAM es la entidad competente encargada de la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Desechos, categorías de Eliminación de Desechos Sólidos (4A) e Incineración e Incineración abierta de Desechos (4C).

La Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS) del MINAM, presenta el RAGEI 2016 del sector Desechos, categoría de Eliminación de desechos sólidos y la subcategoría de Incineración abierta de desechos, resultado del trabajo conjunto con el MINAM, quien ha brindado asistencia técnica a las entidades competentes del INFOCARBONO para la aplicación de la metodología establecida en las Directrices 2006 del IPCC de los RAGEI del sector Desechos.

## 2. SITUACIÓN DEL SECTOR

El sector residuos sólidos viene siendo liderado por el MINAM quien es el ente rector a nivel nacional para la gestión y manejo de los residuos, quien a través de la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS), es el encargado de elaborar los reportes anuales de GEI (RAGEI) así como de monitorear las reducciones de emisiones de GEI por la implementación de medidas de mitigación asumidas en las Contribuciones Determinadas a Nivel nacional (NDC).

Para el año 2016, la población total según el Instituto de Estadística e Informática (INEI) fue de 31,488,625 habitantes, de la cual se estimó una población urbana de 24,152,123 habitantes y una población rural de 7,336,502 habitantes. La generación total del año 2016 es de 9275.13 Gg de residuos sólidos municipales lo cual incluye la generación tanto rural y urbana con una generación por cápita de 0.807 kg/hab/día (294.56 kg/hab/año).

Para dicho año, el sector residuos sólidos contó con 26<sup>2</sup> rellenos sanitarios, los cuales atendieron la demanda de 83 distritos a nivel nacional (11'094,490 habitantes), lo que demuestra que existe un déficit de infraestructuras de disposición final adecuada de residuos sólidos, es por ello por lo que existen 1,585<sup>3</sup> áreas degradadas por residuos sólidos, conocidos como “botaderos”.

La descomposición anaerobia de los residuos sólidos orgánicos en la disposición final provoca la emisión de metano (CH<sub>4</sub>), gas de efecto invernadero que tiene un potencial de calentamiento global 21<sup>4</sup> veces mayor que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). De otro lado la incineración abierta genera gases como CO<sub>2</sub> producto de la combustión, CH<sub>4</sub> dado que durante la incineración gran parte de los residuos no se oxida para convertirse en CO<sub>2</sub> y emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), las cuales se dan en procesos de combustión a temperaturas relativamente bajas, entre 500 y 950 °C.

A excepción de dos rellenos sanitarios<sup>5</sup> a nivel nacional, los rellenos sanitarios existentes no cuentan con un sistema de captura centralizada de gases para su quema o uso, por lo que las emisiones generadas son venteadas a la atmósfera causando un gran impacto.

Sin embargo, a partir de la publicación del reglamento de la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos, DS 014-2017-MINAM (21 de diciembre de 2017), se precisa que para el caso de rellenos sanitarios que manejen más de 200 toneladas de residuos sólidos diarios, éstos deberán implementar progresivamente la captura y quema centralizada de gases, a efectos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; esto permitirá reducir las emisiones de GEI producto de la gestión de residuos sólidos municipales.

Es así como la gestión de los residuos sólidos para el año 2016 se resume en las siguientes acciones:

---

<sup>2</sup> Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM. Archivo de sustento MINAM (2018). Disposición final 2016.xls

<sup>3</sup> Inventario de áreas degradadas por residuos sólidos – OEFA

<sup>4</sup> Segundo Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático – IPCC

<sup>5</sup> Relleno Sanitario Modelo Callao y Relleno Sanitario Huayacoloro

**Tabla N° 1. Acciones de Gestión de Residuos Sólidos Municipales 2016**

Acción	Actividades	2016
Generación total de residuos sólidos 2016	GPC Municipal kg/hab/día <sup>6</sup>	0.807
	GPC Municipal kg/hab/año	294.555
	Población total	31488625
	<b>Generación RSM Total tn/año</b>	<b>9'275,131.937</b>
Acción 1	A relleno sanitario tn/año <sup>7</sup>	3,900,659.99
% de RRSS generados involucrado	% Gestionado	42.06%
Acción 2	Recuperación de RSM reportada tn/año <sup>8</sup>	23,475.41
% de RRSS generados involucrado	% RSM inorgánicos recuperados	0.25%
Acción 3	RSM aprovechados en zona rural (orgánico y follaje) tn/año <sup>9</sup>	196,991.50
% de RRSS generados involucrado	% RSM orgánicos recuperados	2.12%
Acción 4	RSM incinerados tn/año <sup>10</sup>	150,744.05
% de RRSS generados involucrado	% RSM incinerados	1.63%
Acción 5	RSM dispuestos en áreas degradadas (botaderos) No Categorizado tn/año	5,003,261.00
% de RRSS generados involucrado	% No categorizado	53.94%
<b>Suma total de actividades de gestión de residuos sólidos municipales</b>		<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia - Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Como se puede observar en la tabla anterior, se han identificado todas las acciones relacionadas a la gestión de residuos sólidos implementadas en el país para el año 2016. La categoría 4A aborda las emisiones de GEI de acciones 1 y 5 y la subcategoría 4C2 involucra las emisiones de la acción 4.

Las acciones 2 y 3 no han consideradas en el presente RAGEI debido a que no generan emisiones.

Es importante mencionar que el MINAM cuenta con un Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL) en el cual los municipios a nivel nacional reportan los resultados de su gestión en residuos sólidos municipales. Este SIGERSOL ha sido fortalecido con espacios para el llenado de información tanto sobre la gestión de residuos sólidos, así como el monitoreo de los parámetros y datos requeridos para el cálculo de emisiones y reducciones de GEI de manera automática, permitiendo desarrollar estrategias adecuadas para la mejora de la gestión de residuos sólidos y la gestión de GEI.

Finalmente, mencionar que el MINAM no cuenta con información detallada sobre la cantidad de residuos sólidos NO municipales generados a nivel nacional, para el año del presente reporte. Sin embargo, es importante señalar que, con la implementación de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, esta información no municipal está siendo reportada de manera obligatoria al MINAM, por lo que, los futuros reportes contarán con dicha información.

<sup>6</sup> MINAM, 2020 - Generación de RRSS Municipales 2010-2018.rar

<sup>7</sup> MINAM, 2020 - Disposición final 2014 al 2017.xls

<sup>8</sup> MINAM, 2020 - Valorización de RS Municipales 2014 -2018.rar

<sup>9</sup> MINAM, 2020 - Categoría 4C incineración abierta. Hojas de cálculo InfoProc RRSS Incinerados 2010 - 2016

### 3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

#### 3.1. Organización para la elaboración del RAGEI

La elaboración del RAGEI 2016 está a cargo de la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos (DGRS) del MINAM.

#### 3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

La información que se requiere para la elaboración del RAGEI es recolectada por la DGRS, a través de las siguientes fuentes:

**Tabla N° 2. Fuentes de información requerida para el RAGEI**

Información	Fuente
Población total, urbana y rural	INEI
Generación per cápita de residuos sólidos municipales.	DGRS – MINAM
Composición de residuos sólidos municipales.	DGRS – MINAM
Cantidad de residuos sólidos aprovechados	DGRS – MINAM
Cantidad de residuos sólidos incinerados	DGRS – MINAM
Sitios de disposición final de residuos sólidos.	DGRS – MINAM
Cantidad de residuos sólidos no municipales generados	DGRS – MINAM
Reducciones de emisiones de GEI en infraestructuras de disposición final de residuos sólidos.	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático <sup>10</sup>

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

La DGRS del MINAM es la encargada de recopilar, sistematizar y archivar la información utilizada para la elaboración de los RAGEI en el marco del INFOCARBONO. Una vez recopilada y procesada, la información se archiva en archivos digitales la misma que se encuentra ordenada bajo la siguiente estructura: i) Informe, ii) Planilla de cálculo, y iii) Documentos de soporte, a fin de facilitar la carga de la información disponible en la página web del INFOCARBONO.

#### 3.3. Control de Calidad y Garantía de la Calidad del RAGEI

Para la elaboración del RAGEI 2016, la DGRS ha tomado en consideración los procedimientos generales de control de calidad dispuestos en el Capítulo 6 de las Directrices del IPCC de 2006, que incluyen chequeos generales relativos a los cálculos, procesamiento de la data y documentación que son aplicables a todas las categorías de un inventario de GEI. De este proceso se resalta la implementación de acciones de revisión de la información de entrada utilizada (consistencia, referencia apropiada, entre otros). Los procedimientos específicos aplicados se presentan en la sección 5.4 del presente reporte.

Asimismo, el RAGEI 2016 fue sometido al control y garantía de la calidad por expertos internacionales, quienes formularon hallazgos y recomendaciones. La resolución de los hallazgos y las recomendaciones se describen en la sección 5.4 del presente reporte.

<sup>10</sup> Una vez que el SIGERSOL fortalecido entre en funcionamiento, las reducciones de emisiones de GEI producto de la implementación de medidas de mitigación del sector residuos sólidos, se tomarán del SIGERSOL.

## 4. METODOLOGÍA APLICADA

### 4.1. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

Las emisiones generadas por la eliminación de desechos sólidos, así como por la incineración abierta de desechos han sido estimadas aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

A continuación, se muestra las categorías del sector desechos consideradas en el RAGEI 2016 y el tipo de gases estimados:

**Tabla N° 3. Gases estimados en el RAGEI 2016**

Codificación	Descripción	Categoría IPCC (Directrices del IPCC de 2006)	Gases GEI y precursores	GEI estimados en el RAGEI 2016	
4	<b>Sector</b>	<b>Desechos</b>			
	4A	Categoría	Eliminación de desechos sólidos	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CO, COVDM	CH <sub>4</sub>
	4B	Categoría	Tratamiento biológico de desechos sólidos		NE
	4C	Categoría	Incineración e incineración abierta de desechos		
	4C1	Sub-Categoría	Incineración		NE
	4C2	Sub-Categoría	Incineración abierta de desechos	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CO, COVDM	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Nota: Las Directrices del IPCC de 2006 solo brindan metodologías para la estimación de los gases que se han reportan en el presentan RAGEI.

En el RAGEI 2016 se han abarcado las emisiones de gas metano (CH<sub>4</sub>) de la categoría 4A, las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, óxido nitroso N<sub>2</sub>O y metano CH<sub>4</sub> de la subcategoría 4C2. Las emisiones de la categoría 4B no se han estimado debido a que no se cuenta con información de actividades que demuestren el tratamiento biológico de los desechos sólidos como compostaje, biodigestión, entre otros. De la misma manera, las emisiones de la subcategoría 4C1 no fueron estimados debido a que la actividad de incineración controlada de desechos sólidos no es una práctica a nivel nacional por la normativa actual<sup>11</sup>.

### 4.2. Metodología para el análisis de incertidumbre

Las estimaciones de la incertidumbre facilitan la priorización de los esfuerzos y asignación de los recursos en el proceso de mejorar la calidad (exactitud) de los RAGEI en el futuro y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología. Asimismo, permiten que los usuarios estimen los rangos de emisiones asociados a la presente subcategoría, y comprendan la fiabilidad de la estimación total y de sus componentes.

El análisis de incertidumbre se ha realizado aplicando el método 1 descrito en las Directrices del IPCC de 2006. Este método consiste en la estimación de las incertidumbres usando la ecuación de propagación de errores mediante reglas de combinación. Se obtiene una estimación del nivel de

<sup>11</sup> MINAM (2016). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

incertidumbre combinada (factores de emisión y datos de actividad) para la subcategoría y la incertidumbre de la tendencia entre el año de análisis y el año base, que en el presente caso son el 2016 y el 2000<sup>12</sup>, respectivamente.

Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y de los datos de actividad se utilizaron los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de la 4A categoría Eliminación de Desechos Sólidos en el año 2016 es igual a  $\pm 100.12\%$ , mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones es igual a  $\pm 101.98\%$ . En la sección 5.1.4 se describe con mayor detalle el análisis de incertidumbre realizado y sus resultados para esta categoría.

Asimismo, los resultados obtenidos de la subcategoría 4C2 Incineración abierta de desechos, indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en el año 2016 es igual a  $\pm 118.85\%$ ,  $\pm 150.08\%$  y  $\pm 150.08\%$ , respectivamente, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de esta subcategoría es igual a  $\pm 140.24\%$ . En la sección 5.3.4 se describe con mayor detalle el análisis de incertidumbre realizado y sus resultados para esta subcategoría.

#### **4.3. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal**

Para la estimación de las emisiones de GEI del año 2016 y el recálculo de la serie temporal 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994 se ha aplicado la misma metodología y fuente de información.

Para lograr la consistencia de las estimaciones y completar los datos faltantes en la serie temporal se ha aplicado la técnica de empalme de las Directrices del IPCC de 2006, denominada **interpolación**<sup>13</sup>, la cual se utiliza siempre que se vea que existe una tendencia estable en la serie y cuando se prevé que los datos a estimar tendrán un comportamiento similar.

---

<sup>12</sup> El año base ha sido establecido en el marco del INGEI 2016 para todos los sectores

<sup>13</sup> Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.3 Pág. 5.11. Disponible en [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1\\_Volume1/V1\\_5\\_Ch5\\_Timeseries.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf)

## 5. RESULTADO DE LA CATEGORÍA 4A Y SUBCATEGORÍA 4C2

Las emisiones de GEI del año 2016 del Sector Desechos, Categoría 4A – Eliminación de desechos sólidos y la Subcategoría 4C2 – Incineración abierta de desechos, se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla N° 4. Emisiones estimadas del Sector Desechos - Categoría 4A y Subcategoría 4C2**

Categorías	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>	(*) Gg CO <sub>2</sub> eq
	(Gg)							
4 DESECHOS								
4A Eliminación de Desechos Sólidos	NA	189.50	NA	NA	NA	NA	NA	3,979.47
4B Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA/NE
4C Incineración e Incineración abierta de desechos	61.67	0.87	0.02	NA	NA	NA	NA	85.22
4C1 Incineración	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA/NE
4C2 Incineración abierta de desechos	61.67	0.87	0.02	NA	NA	NA	NA	85.22

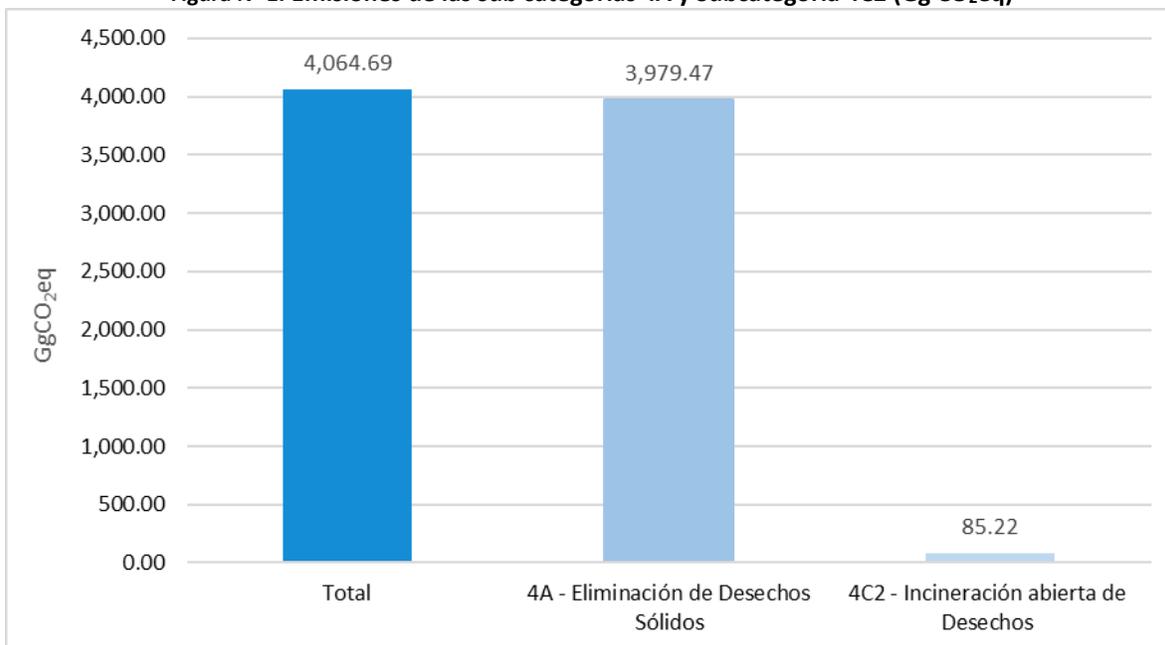
Fuente de formato: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1, Capítulo 8, Anexo 8.A2. Tabla 4. Pág. T52

(\*) Columna adicional al formato de reporte de las Directrices del IPCC de 2006 con fines de comparabilidad con el INGEI.

NE: Gases No Estimados por falta de información.

NA: No aplica, ya que las Directrices del IPCC de 2006 no proporcionan metodología para su estimación.

**Figura N° 1. Emisiones de las sub categorías 4A y Subcategoría 4C2 (Gg CO<sub>2</sub>eq)**

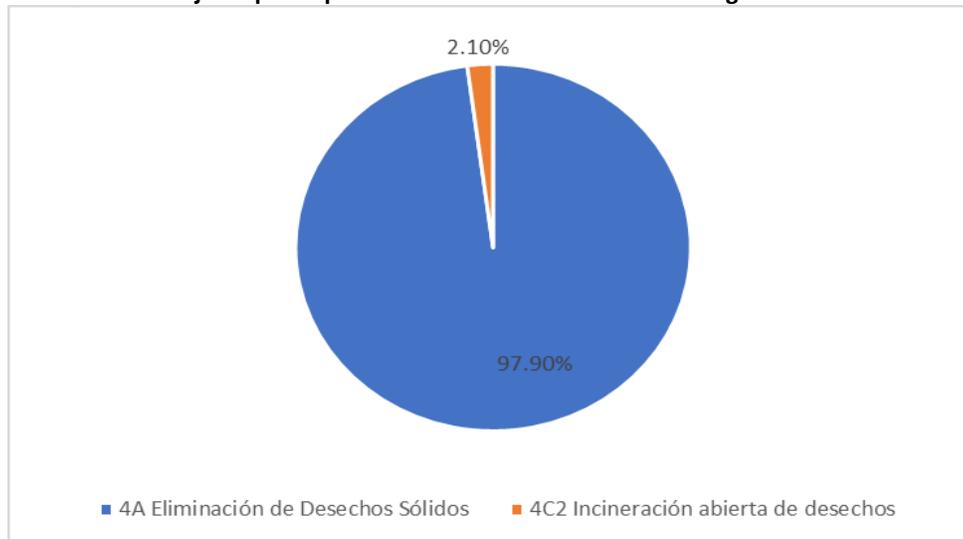


Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

De la gráfica anterior, se puede observar que las emisiones de GEI predominantes en la gestión de residuos sólidos provienen de la eliminación de desechos sólidos en rellenos sanitarios o áreas

degradadas por residuos sólidos (97.90%) y una cantidad mínima proveniente de la incineración abierta de desechos (2.10%).

**Figura N° 2. Porcentaje de participación de las emisiones de GEI en la gestión de residuos sólidos**



Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

## 5.1. Categoría 4A: Eliminación de Desechos Sólidos

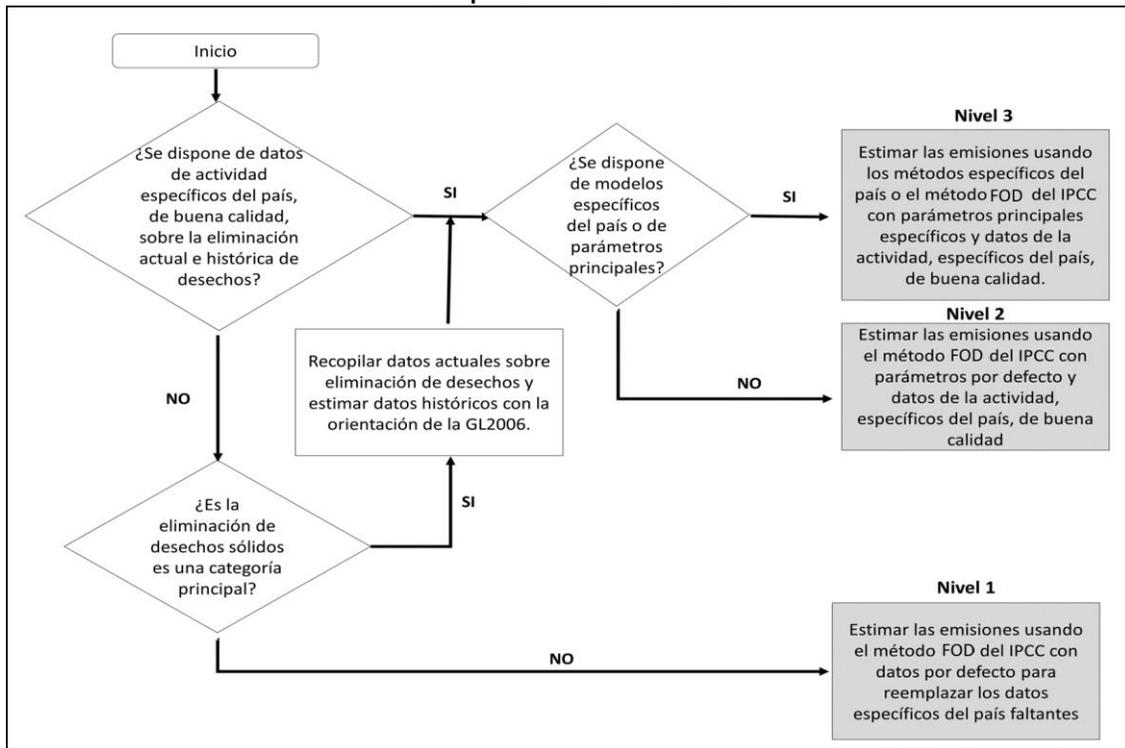
### 5.1.1. Método de cálculo

Según la Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para la categoría 4A, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1 – Estima las emisiones aplicando el método de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés) del IPCC con datos por defecto para reemplazar los datos específicos del país.
- Nivel 2 – Estima las emisiones usando el método FOD del IPCC con parámetros por defecto y datos de actividad, específicos del país de buena calidad.
- Nivel 3 – Estima las emisiones usando los métodos específicos del país o el método FOD del IPCC con parámetros principales y datos de actividad específicos del país de buena calidad.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de sitios de eliminación de desechos sólidos de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub>.

**Figura N° 3. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la disposición de desperdicios sólidos en tierra**



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Figura 3.1. Pág. 3.7

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- A nivel nacional existe información sobre la disposición de residuos sólidos para el año actual del reporte y datos históricos.
- No se cuenta con modelos específicos ni con parámetros requeridos del país.

Por lo anterior, el árbol de decisiones sugiere estimar las emisiones de metano aplicando el método del Nivel 1, es decir el método de FOD del IPCC de las Directrices del IPCC de 2006.

El IPCC ha desarrollado un modelo o software denominado **“Modelo de desechos del IPCC”** a fin de facilitar la aplicación de las ecuaciones del método FOD del IPCC.

El modelo mantiene un total actualizado de la cantidad de Compuesto Orgánico Degradable (COD) descompuesto en el sitio de eliminación que da cuenta de la cantidad depositada cada año y de la cantidad restante de los años anteriores. Con esto último, se calcula la cantidad de COD que se descompone en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> cada año. En dicho modelo, se debe incluir información generada en el país sobre datos de actividad y parámetros específicos. Sin embargo, en caso no se posea dicha información, como es el caso de Perú, el modelo permite escoger los valores por defecto dados por las Directrices del IPCC de 2006. Finalmente, con todos los datos ingresados al modelo, éste calcula la cantidad de CH<sub>4</sub> generada a partir del carbono orgánico disuelto depositado (CODm) y resta el CH<sub>4</sub> recuperado y el CH<sub>4</sub> oxidado en el material de cobertura y produce como resultado la cantidad de CH<sub>4</sub> emitido.

Las ecuaciones de las Directrices del IPCC de 2006, que el modelo aplica para el método FOD son las siguientes:

▪ **Emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de los sitios de disposición final de desechos sólidos**

**Ecuación 3.1. Emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de los sitios de disposición final de desechos sólidos**

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum CH_4\ generado_{x,T} - R_T \cdot (1 - OX_T)$$

Donde:

- Emisiones de CH<sub>4</sub> = CH<sub>4</sub> emitido durante el año T (Gg/año)
- x = categoría o tipo de desecho y/o material
- R<sub>T</sub> = CH<sub>4</sub> recuperado durante el año T (Gg/año)
- OX<sub>T</sub> = factor de oxidación durante el año T (fracción)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Ecuación 3.1, Pág. 3.8

▪ **Carbono Orgánico Disuelto**

El Carbono Orgánico Disuelto (COD) es la parte del carbono orgánico que se degrada en condiciones anaeróbicas en los sitios de disposición final de desechos sólidos.

**Ecuación 3.2. Carbono orgánico disuelto**

$$CODm = W \cdot COD \cdot COD_f \cdot FCM$$

Donde:

- CODm = cantidad de carbono orgánico disuelto depositado (Gg)
- W = cantidad de desechos sólidos depositados, Gg
- COD = fracción de carbono orgánico disuelto contenido en los desechos sólidos depositados (Gg de C/Gg de desechos)
- CODf = fracción de carbono orgánico disuelto que se descompone bajo condiciones anaeróbicas (fracción)
- FCM = factor de corrección de metano para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Ecuación 3.2, Pág. 3.9.

▪ **Potencial de generación de metano (Lo)**

**Ecuación 3.3. Potencial de generación de CH<sub>4</sub>**

$$L_o = DDOCm \cdot F \cdot 16 / 12$$

Donde:

- Lo = potencial de generación de CH<sub>4</sub>, Gg de CH<sub>4</sub>
- CODm = cantidad de carbono orgánico disuelto depositado (Gg)
- F = fracción de CH<sub>4</sub> en el gas de vertedero generado (fracción de volumen)
- 16/12 = cociente de pesos moleculares CH<sub>4</sub>/C (cociente)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Ecuación 3.3, Pág. 3.9

▪ **CODm acumulado en los sitios de disposición final al término del año T**

Este valor compone un elemento de la composición de primer orden para el cálculo de este valor se utilizan las ecuaciones 3.4 y 3.5 de las Directrices del IPCC de 2006:

**Ecuación 3.4. Potencial de generación de CH<sub>4</sub>**

$$CODma_T = CODmd_T + (CODma_{T-1} \cdot e^{-k})$$

**Ecuación 3.5. Potencial de generación de CH<sub>4</sub>**

$$CODm_{descomp_T} = CODma_{T-1} \cdot (1 - e^{-k})$$

Donde:

T = año del inventario

CODmat = CODm acumulado en los sitios de disposición final al final del año T (Gg)

CODmat-1 = CODm acumulado en los sitios de disposición final al final del año T-1 (Gg)

CODmdt = CODm depositado en los sitios de disposición final durante el año T (Gg)

CODm descompt (Gg) = CODm descompuesto en los sitios de disposición final durante el año T

K = constante de reacción,  $k = \ln(2)/t_{1/2}$  (años<sup>-1</sup>)

t<sub>1/2</sub> = vida media (años)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Ecuaciones 3.4 y 3.5, Pág. 3.9

**▪ CH<sub>4</sub> generado a partir del CODm disuelto**

Con el fin de determinar la cantidad CH<sub>4</sub> que se forma a partir del material que puede descomponerse se aplica la ecuación 3.6 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 3.6. Potencial de generación de CH<sub>4</sub>**

$$CH_4_{generado_T} = DDOCm_{descomp_T} \cdot F \cdot 16 / 12$$

Donde:

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

CODm descompt (Gg) = CODm descompuesto en los sitios de disposición final durante el año T

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 (cociente)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Ecuación 3.6, Pág. 3.10.

**5.1.2. Datos de actividad**

La siguiente tabla presenta la información utilizada para estimar las emisiones de metano generadas por la disposición final de desechos sólidos.

**Tabla N° 5. Datos de actividad considerados en la metodología de cálculo 4A – Nivel 1**

Clasificación	Fuente de emisión	Definición IPCC. Directrices del IPCC de 2006	Dato de actividad IPCC GL 2006	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información		
4	4A	Eliminación de desechos sólidos  El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de metano (CH <sub>4</sub> ). Además del CH <sub>4</sub> , los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) producen también dióxido de carbono biogénico (CO <sub>2</sub> ) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O), óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) y monóxido de carbono (CO).	Generación de residuos sólidos totales	Proyección de Población total, urbana y rural	Personas	Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (1) INEI 2001, Perú: Estimaciones y proyecciones de población - Urbana y Rural 1950 - 2050 (2) INEI - Series Nacionales. Disponible en <a href="http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/">http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/</a> (3) INEI - 2001). Perú: Estimaciones y proyecciones de población Urbana y Rural 1950 - 2050.or sexo y edades Quinquenales, Según Departamento, 2000 - 2015 - Boletín Especial N°19. Disponible en <a href="http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm">http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm</a>	Permite conocer la cantidad de residuos sólidos generados a nivel nacional.		
						Distribución de cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo a su gestión	-	MINAM, 2020 - GPC 2010 - 2016 DGRS MINAM MINAM, 2020 - Disposición final 2014 al 2017.xls MINAM, 2020 - Segregación 2014 - 2018.xls MINAM, 2020 - Categoría 4C incineración a cielo abierto. Hojas de cálculo InfoProc RRSS Incinerados 2010 - 2016	Permite conocer que se está abordando el 100% de residuos sólidos en las diferentes gestiones.
						Generación per cápita anual	kg/hab/año	MINAM, 2020 - GPC 2010 - 2016 DGRS MINAM	Determina la cantidad anual de RSU generados junto con la población urbana determinada para el año RAGEI.
						Composición de desechos	% según tipo de residuo	NAMA Residuos Sólidos, 2014 - NAMA RS GHG_BAU_Peru_final_GWP_25.xls Ministerio del Ambiente - Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos - Resumen composición 2010 - 2016.xls	Determina la cantidad de carbono presente en cada tipo de residuos.
						Reducción de emisiones de GEI en rellenos sanitarios del Perú	GgCO <sub>2</sub> eq	PETRAMAS (2018), Monitoring Report of Huaycoloro landfill gas capture and combustion (Version 06.0), p.39 recuperado de <a href="https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SGS-UKL1160995060.18/view">https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SGS-UKL1160995060.18/view</a> PETRAMAS (2018), Monitoring Report of Modelo del Callao Landfill Gas Capture and Flaring System, (Version 06.0), p.30 recuperado de <a href="https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1324997610.63/view">https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1324997610.63/view</a>	Las emisiones reducidas se restan del total calculado.

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

A continuación, se describe las consideraciones de la información mencionada en la tabla anterior:

**a) Población total de 1950 – 2016**

Las estimaciones del RAGEI 2016 se basan en la generación total de residuos sólidos a nivel nacional, es decir abarcan tanto zonas urbanas como rurales. Es por ello, que el dato utilizado es la población total.

De acuerdo con el método FOD del IPCC se requiere información de población total desde el año 1950. Esta información se ha tomado de las proyecciones y estimaciones de población realizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) quien posee datos de población desde el año 1960 e información quinquenal sobre población rural y urbana.

La información de la población total de los años 1950 a 1959 fue estimada aplicando la técnica de empalme de las Directrices del IPCC de 2006 denominada “Extrapolación”.

**b) Distribución de la cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión**

La distribución de la cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión permite asegurar que el 100% de los residuos sólidos generados hayan sido considerados en las categorías que comprenden el presente RAGEI. Ver Tabla N°1.

**c) Generación per cápita de desechos sólidos municipales**

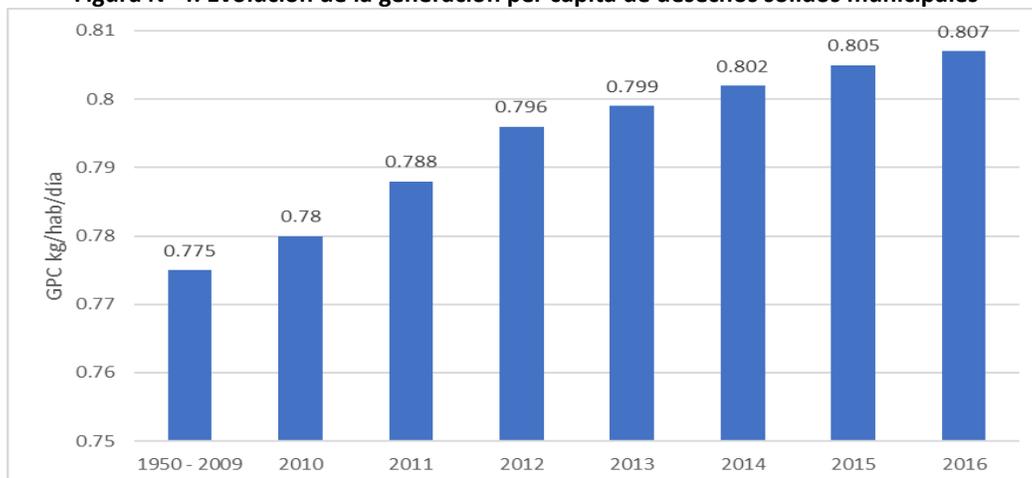
La generación per cápita de residuos sólidos municipales fue proporcionado por la DGRS. En la Tabla N° 6 y Figura N° 4, se puede apreciar la evolución para el periodo 1950 – 2016.

**Tabla N° 6. Generación per cápita de desechos sólidos municipales**

Año	GPC kg/hab/día
1950 - 2009	0.775
2010	0.78
2011	0.788
2012	0.796
2013	0.799
2014	0.802
2015	0.805
2016	0.807

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

**Figura N° 4. Evolución de la generación per cápita de desechos sólidos municipales**



Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Como se puede observar en el gráfico anterior, la GPC se ha incrementado con el paso de los años, esto debido al nivel de consumo de los habitantes.

Cabe mencionar que la DGRS - MINAM posee información de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional desde el año 2010 y a partir del año 2014 esta información se considera completa, respecto a los datos anteriores, debido a la cantidad de reportes recibidos en el SIGERSOL.

Para el periodo de los años 1950 – 2009, se mantuvo constante el valor de la generación per cápita de desechos sólidos municipales del año 2009, por ser el último año con información disponible.

#### **d) Composición de desechos:**

La DGRS posee una base de datos sobre la composición de desechos a nivel nacional desde el año 2010 en adelante, siendo los datos de mejor calidad a partir del año 2014 por lo siguiente: i) la cantidad de reportes presentado por los municipios al SIGERSOL, ii) los procedimientos de control de calidad para corregir la información errada; y iii) la aplicación de una metodología que permite completar la información faltante.

La información de la composición de desechos sólidos para el periodo 1950 al 2009 ha sido tomada de la herramienta de cálculo de emisiones de GEI del tratamiento de residuos sólidos municipales en Perú, desarrollada en el marco de la NAMA de Residuos Sólidos en el año 2014.

En la siguiente tabla se muestra la composición de desechos sólidos municipales para el año 2016. Cabe resaltar que la composición de desechos sólidos varía de acuerdo con la información que se registra anualmente en el SIGERSOL.

**Tabla N° 7. Composición de residuos sólidos municipales para el año 2016**

Año	Alimentos	Jardín	Papel	Madera	Textiles	Residuos Sanitarios	Plásticos y otros inertes	Total
	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)
2016	58%	3%	6%	0%	1%	6%	27%	100%

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### e) Reducción de emisiones de GEI en rellenos sanitarios del Perú<sup>14</sup>:

En cuanto a las reducciones de emisiones de GEI logradas por rellenos sanitarios, en el país se tienen dos casos exitosos que desde el año 2007 reciben los beneficios del mercado de carbono y se encuentran operativos.

Los dos proyectos, registrados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto son: El Relleno Sanitario de Huaycoloro y el Relleno Sanitario Modelo del Callao. Ambos rellenos sanitarios cuentan con reportes de monitoreo que han sido verificados por una Entidad Operacional Designada (entidades aprobadas por la CMNUCC) con el fin de certificar sus reducciones de emisiones de GEI.

Esta información se encuentra disponible en la web de la CMNUCC:

- Huaycoloro:  
<https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SGS-UKL1160995060.18/view?cp=1>
- Modelo Callao:  
<https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1324997610.63/view>

La información de la reducción de emisiones de GEI se encuentra disponible desde el año 2007 al 2016.

#### 5.1.3. Factores de emisión y de conversión

Los factores de emisión y de conversión aplicados corresponden a los valores por defecto del IPCC que se listan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 8. Factores de emisión utilizados para estimación de emisiones de la categoría 4A**

Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
4A	<b>Desechos</b>			
	Eliminación de desechos sólidos	Factor de Corrección de Metano	varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.15
		Fracción de Carbono Orgánico Degradable (COD)	varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.14
		Fracción del Carbono Orgánico Degradable que se descompone (CODf)	0.5	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.14
		Fracción de CH <sub>4</sub> en el gas de vertedero	0.5	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.16
	Factor de oxidación (OX)	0	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.17	

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

<sup>14</sup> Adicional a los dos rellenos sanitarios que se consideran en el presente RAGEI, existe un relleno sanitario Ancón que se encuentra registrado en la CMNUCC en el marco del MDL, sin embargo, no cuenta con reducciones verificadas para el año 2016 pues este relleno ya fue clausurado de manera definitiva el año 2011.

Todos estos valores por defecto dados por las Directrices del IPCC de 2006 han sido aplicados en el “Modelo de desechos del IPCC” y se mantuvieron constantes para la serie 1994 – 2016.

#### 5.1.4. Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la categoría 4A se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesto por las Directrices del IPCC de 2006.

Tanto para los datos de actividad y factores de emisión, se han utilizado valores de incertidumbre por defecto, dado que no se ha implementado un procedimiento de juicio de expertos para determinar valores nacionales.

A continuación, se presenta los valores por defecto utilizados:

**Tabla N° 9. Valores de incertidumbre para los datos de actividad**

Código	Subcategoría	Dato de Actividad	Incertidumbre	Fuente
4A	Eliminación de desechos sólidos	Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)	30%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
		Fracción del MSWT enviado a los SEDS (MSWF)	30%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
		Incertidumbre total de la composición de los desechos	30%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
		Recuperación de metano (R)	50%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
<b>Incertidumbre combinada</b>			<b>72.11%</b>	

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

La incertidumbre de los datos sobre el nivel de actividad está asociada a las incertidumbres del total de desechos sólidos municipales, la fracción de los mismos, la incertidumbre total de la composición de los desechos y la recuperación de metano. Se realizó la combinación de incertidumbre aplicando la Ecuación 3.1 de las Directrices del IPCC de 2006, y se obtuvo un valor de 72.11% para la incertidumbre del dato de actividad de esta categoría.

**Tabla N° 10. Valores de incertidumbre para los factores de emisión**

Código	Fuente	Factor de Emisión	Incertidumbre	Fuente
4A	Eliminación de desechos sólidos	Carbono orgánico degradable (DOC)	20%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
		Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)	20%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
		Factor de corrección para el metano (MCF): 0.5 / 0.6	20% / 60%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
		Fracción de CH4 en el gas de vertedero generado (F) = 0,5	5%	Cuadro 3.5 IPCC 2006
<b>Incertidumbre combinada</b>			<b>69.46%</b>	

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Asimismo, la incertidumbre del factor de emisión se obtuvo de la combinación de las incertidumbres del carbono orgánico degradable, fracción del carbono orgánico que se descompone, el factor de corrección para el metano y la fracción de metano en el gas de

vertedero generado. Se realizó la combinación de incertidumbre y se obtuvo un valor de 69.46% para la incertidumbre combinada del factor de emisión de esta categoría.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de la categoría 4A Eliminación de desechos sólidos en el año 2016 es igual a  $\pm 100.12\%$ , mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de esta fuente es igual a  $\pm 101.98\%$ , tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 11. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones de la categoría Eliminación de desechos sólidos**

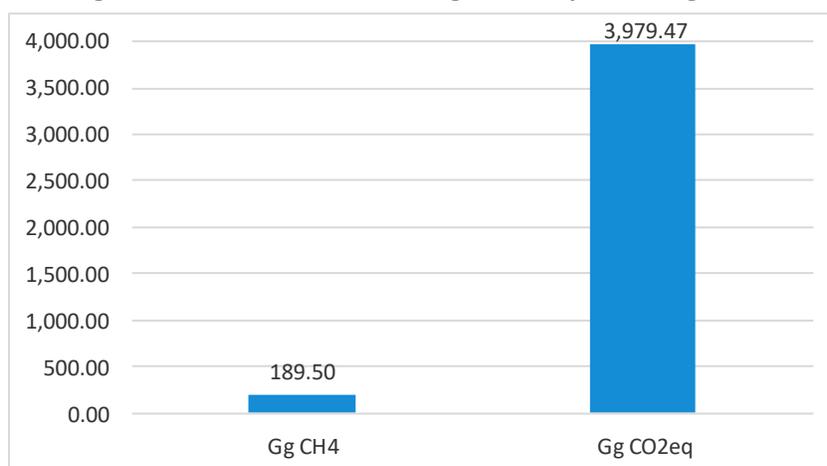
Código de sector y categorías de fuentes	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2 + F^2}$	$\sqrt{K^2 + L^2}$
			%	%	%	%
4	Desechos					
4A	Emisiones de metano	CH <sub>4</sub>	72.11%	69.46%	$\pm 100.12\%$	$\pm 101.98\%$

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### 5.1.5. Análisis de resultados

Aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, en el año 2016 las emisiones de metano generadas por la categoría 4A: Eliminación de desechos sólidos fueron 189.50 Gg de CH<sub>4</sub>, que equivale a 3,979.47 GgCO<sub>2</sub>eq.

**Figura N° 5. Emisiones de metano generadas por la categoría 4A**

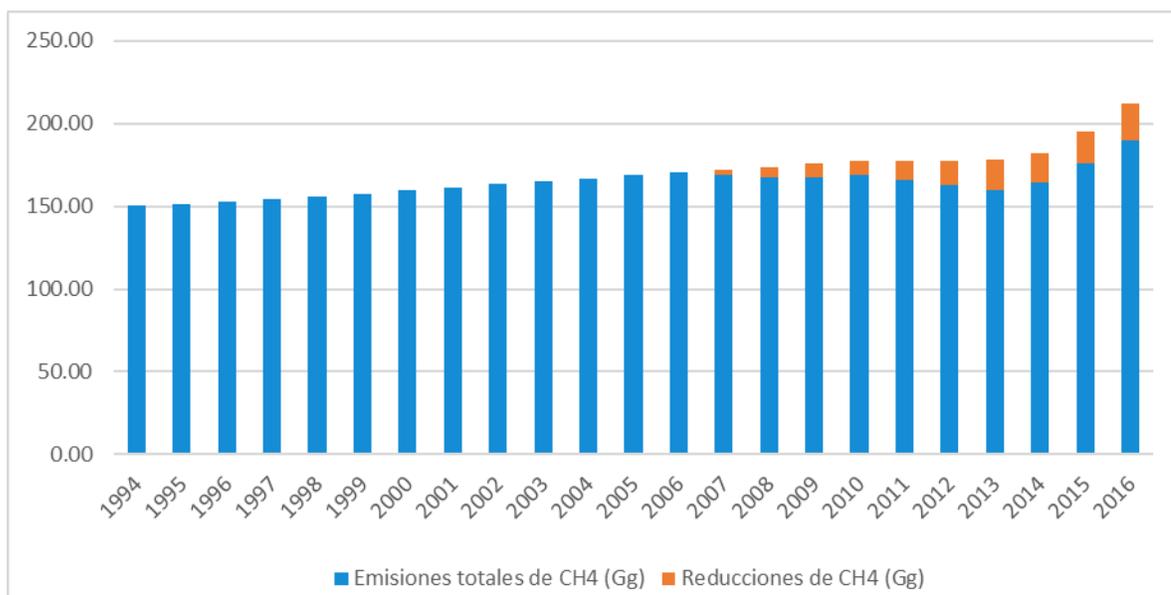


Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### 5.1.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2016 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI desde el año 1994 al 2016, estimadas con la misma metodología y fuentes de información, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 6. Serie temporal de las emisiones de GEI de la categoría 4A



Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

De la figura anterior, se observa que las emisiones de GEI tienen una tendencia creciente en línea con el crecimiento de la población del país, sin embargo, a partir del año 2007 se refleja el impacto de las reducciones de emisiones logradas por la operación de los rellenos sanitarios Huaycoloro y Modelo Callao.

Asimismo, se aprecia que las emisiones del año 2016 aumentaron en aproximadamente un 7.61% respecto al 2015 y en un 26.02% respecto al año 1994. Esta tendencia está relacionada al incremento poblacional y a la consecuente generación de desechos sólidos.

El incremento de las emisiones entre los años 1994-2016 es de 26.02%, mientras que la población creció un 34.44% en el mismo periodo. Las diferencias entre la tasa de crecimiento se deben al transcurso de tiempo requerido para la degradación de los desechos, que no refleja incrementos proporcionales.

### 5.1.7. Análisis de zonas climáticas en el Modelo de desechos del IPCC

Durante la elaboración del presente RAGEI, se realizó un ejercicio de calidad para analizar las diferencias obtenidas al utilizar diferentes zonas climáticas en el Modelo de desechos del IPCC, como se describe a continuación.

Debido a la sensibilidad de las condiciones de temperatura de los parámetros del Modelo de desechos del IPCC, para el cálculo de las emisiones de metano en la categoría 4A Eliminación de

desechos sólidos, la selección de área climática es clave para la estimación apropiada. En Perú existen diferentes zonas climáticas, que son generalmente agrupadas en tres zonas: Costa, Sierra y Selva.

Los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 para el Tier 1/Tier 2 del Modelo de desechos del IPCC establecen las siguientes zonas climáticas:

**Tabla N° 12. Valores por defecto para zonas climáticas**

Variable	Templado seco	Templado húmedo	Tropical seco	Tropical húmedo
Temperatura media (°C)	<20	<20	>20	>20
Precipitación (mm)	<1000	>1000	<1000	>1000

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 3, Cuadro 3.3.

Nota – Para las zonas climáticas templadas, la referencia de precipitación, en las Directrices del IPCC de 2006 se proporciona el ratio de temperatura media anual entre precipitación media anual.

El Modelo de desechos del IPCC realizado, para el presente RAGEI, está utilizando el clima templado húmedo ya que la mayoría de la población vive en la zona de la costa. Se valoró el posible cambio de templado húmedo a tropical seco, sin embargo, se consideró que las características del clima templado húmedo se adaptan mejor al clima de costa en general, y a Lima en particular. Así, se decide seguir utilizando el clima templado húmedo. Estos son los resultados del Modelo de desechos del IPCC utilizando los parámetros específicos para cada tipo de clima:

**Tabla N° 13. Resultados del modelo utilizando los parámetros específicos para cada tipo de clima**

Emisiones	Templado seco	Templado húmedo	Tropical seco	Tropical húmedo
Emisiones CH <sub>4</sub> (Gg)	148	189.5	158	183

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Si se realiza modelos diferenciados para las regiones de costa, sierra y selva, utilizando en el modelo la población atribuible a cada región, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla N° 14. Resultados para tres modelos diferenciados por regiones**

Emisiones	Sierra –	Costa –	Costa –	Selva –	Total
	Templado seco	Templado húmedo	Tropical seco	Tropical húmedo	
Opción 1 –Emisiones CH <sub>4</sub> (Gg)	52.16	87.03	-	26.58	165.67
Opción 2 - Emisiones CH <sub>4</sub> (Gg)	52.16	-	79.30	26.58	158.04

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Nota opción 1 - Considerando: 56% población a templado húmedo – Costa; 31% población a Templado seco – Sierra; 13% población a Tropical húmedo – Selva. La recuperación de metano se le atribuye a la zona de la costa.

Nota opción 2- Considerando: 56% población a Tropical seco – Costa; 31% población a Templado seco – Sierra; 13% población a Tropical húmedo – Selva. La recuperación de metano se le atribuye a la zona de la costa.

Así, se comprueba que no existen diferencias significativas entre utilizar un modelo único a nivel nacional considerando un clima templado húmedo (189.5 Gg CH<sub>4</sub>) o realizar tres modelos distintos con tres zonas climáticas distintas específicas para las regiones sierra, costa y selva (165 Gg CH<sub>4</sub>).

## **5.2. Categoría 4B: Tratamiento biológico de desechos sólidos**

La información requerida para la estimación de emisiones de GEI de esta categoría se encuentra disponible en el SIGERSOL, a partir del 2018 en adelante. En este sentido, el presente RAGEI no presenta estimaciones de GEI para esta categoría.

## **5.3. Subcategoría 4C2: Incineración abierta de desechos**

### **5.3.1. Método de cálculo**

De acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006, la categoría Incineración e Incineración abierta de desechos se divide en dos subcategorías: 4C1 Incineración y 4C2 Incineración abierta de desechos.

El presente RAGEI solo reporta la estimación de emisiones de la subcategoría 4C2 debido a que no se cuenta con información relacionada a la incineración controlada de desechos a nivel nacional.

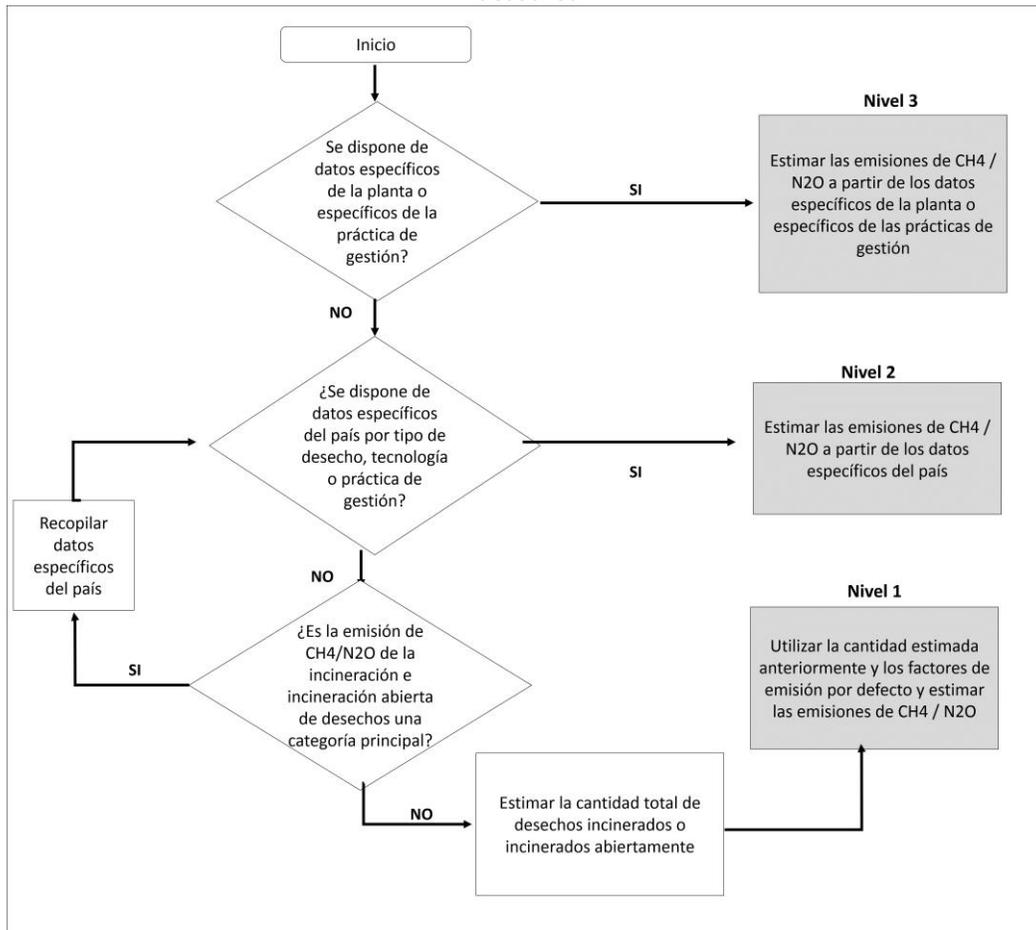
La metodología para estimar las emisiones de la subcategoría 4C2 establece tres niveles de cálculo, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1 – Estima las emisiones a partir de cantidades de desechos incinerados y utiliza los valores por defecto de la metodología.
- Nivel 2 – Estima las emisiones a partir de cantidades de desechos incinerados y datos específicos del país.
- Nivel 3 – Estima las emisiones a partir de datos específicos por fuente de incineración.

### **Estimación de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O**

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de la quema a cielo abierto de desechos de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar estas emisiones.

**Figura N° 7. Árbol de decisión para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de la incineración abierta de desechos**



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 5, Figura 5.2, Pág. 5.12.

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- A nivel nacional se cuenta con información sobre la cantidad total de residuos sólidos incinerados
- No se cuenta con información específica del país, por tipo de desechos, tecnología o práctica de gestión.

Por lo anterior, el árbol de decisiones sugiere estimar las emisiones de metano y óxido nítrico aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Las ecuaciones de las Directrices del IPCC de 2006 aplicadas, son las siguientes:

**a) Emisiones de CH<sub>4</sub> basada en la entrada de desechos a la incineración**

**Ecuación 5.4. Estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> basada en la cantidad total de desechos incinerados.**

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

Donde:

$IW_i$  = cantidad de desechos sólidos de tipo  $i$  incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año

$EF_i$  = factor de emisión de CH<sub>4</sub> agregado, kg. de CH<sub>4</sub>/Gg de desechos

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

$i$  = categoría o tipo de desecho incinerado

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 5, Ecuación 5.4, Pág.5.12.

**b) Emisiones de N<sub>2</sub>O basada en la entrada de desechos a la incineración**

Los cálculos de las emisiones de N<sub>2</sub>O se basan en la entrada de desechos a los incineradores o en la cantidad de desechos quemados por incineración abierta y en un factor de emisión por defecto:

**Ecuación 5.5. Estimación de emisiones de N<sub>2</sub>O**

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

Donde:

Emisiones de N<sub>2</sub>O = emisiones de N<sub>2</sub>O durante el año del inventario, Gg/año de N<sub>2</sub>O

$IW_i$  = cantidad de desechos de tipo  $i$  incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año

$EF_i$  = factor de emisión de N<sub>2</sub>O (kg. de N<sub>2</sub>O/Gg de desechos) para desechos de tipo  $i$

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

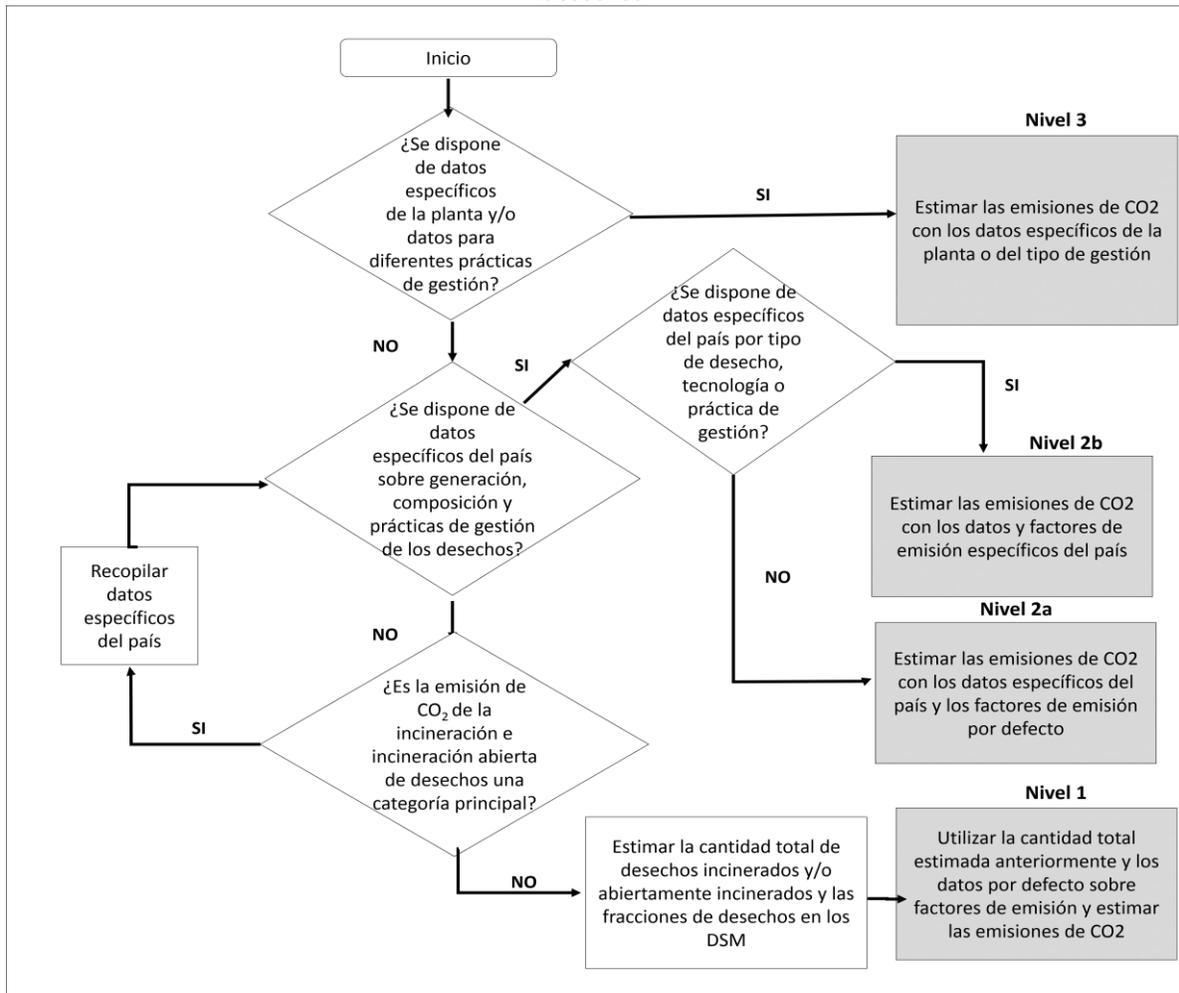
$i$  = categoría o tipo de desecho incinerado

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 5, Ecuación 5.5. Pág. 5.14.

**Estimación de CO<sub>2</sub>**

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema a cielo abierto de desechos de las Directrices del IPCC de 2006 el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar estas emisiones.

**Figura N° 8. Árbol de decisión para las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la incineración abierta de desechos**



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 5, Figura 5.1, Pág. 5.9.

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- A nivel nacional se cuenta con información sobre la cantidad total de residuos sólidos incinerados
- No se cuenta con información específica del país, por tipo de desechos, tecnología o práctica de gestión.

Por lo anterior, el árbol de decisiones sugiere estimar las emisiones de dióxido de carbono aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Las ecuaciones de las Directrices del IPCC de 2006 aplicadas, son las siguientes:

## a) Emisiones de CO<sub>2</sub> basada en la entrada de desechos a la incineración

**Ecuación 5.3. Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> basada en la cantidad total de desechos incinerados.**

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum (AL_i \cdot CL_i \cdot OF_i) \cdot 44 / 12$$

Donde:

Emisiones = Emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la incineración de desechos fósiles líquidos, Gg de CO<sub>2</sub>

AL<sub>i</sub> = cantidad de desechos fósiles líquidos de tipo i incinerados, Gg

CL<sub>i</sub> = contenido de carbono de los desechos fósiles líquidos de tipo i incinerados, (fracción)

OF<sub>i</sub> = factor de oxidación para los desechos fósiles líquidos de tipo i, (fracción)

44/12 = factor de conversión de C en CO<sub>2</sub>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 5, Ecuación 5.3, Pág. 5.10.

Es importante señalar que para la contabilización de las emisiones de CO<sub>2</sub> solo se están considerando fuentes fósiles y no biogénicas. Este detalle se puede observar en la planilla de cálculo en la hoja "InfoProc Total de RRSS Incinerados".

## b) Ecuaciones para datos de actividad

### Cantidad de desechos incinerados abiertamente

La cantidad de desechos quemados por incineración abierta es el dato más importante de la actividad para estimar las emisiones provenientes de la incineración abierta de desechos y se estima mediante la ecuación 5.7 de las Directrices del IPCC de 2006:

**Ecuación 5.7. Cantidad total de desechos sólidos municipales incinerados abiertamente**

$$DSM_B = P \cdot P_{frac} \cdot DSM_p \cdot B_{frac} \cdot 365 \cdot 10^{-6}$$

Donde:

DSM<sub>B</sub> = cantidad total de desechos sólidos municipales quemados por incineración abierta, Gg/año

P = población

P<sub>frac</sub> = fracción de la población que quema desechos, (fracción)

DSM<sub>p</sub> = generación de desechos per cápita, kg. de desechos/cápita/día

B<sub>frac</sub> = fracción de la cantidad de desechos que se quema respecto de la cantidad total de desechos tratados, (fracción)

365 = cantidad de días en el año

10<sup>-6</sup> = factor de conversión de kilogramos en giga gramos

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 5, p. 5.16. Ecuación 5.7

### Contenido de materia seca

Es necesario hacer una importante distinción entre el peso en seco y el peso húmedo de los desechos, pues el contenido de agua en los desechos puede ser sustancial. Por lo tanto, el contenido de materia seca de los desechos o la fracción de desechos es un parámetro importante que hay que determinar. Se utiliza la ecuación 5.8 de las Directrices del IPCC de 2006:

**Ecuación 5.8. Contenido de materia seca en los residuos**

$$dm = \sum (WF_i \cdot dm_i)$$

Donde:

dm = contenido total de materia seca en los RSM

WF<sub>i</sub> = fracción del componente *i* en los RSM

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

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

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 5, p. 5.19. Ecuación 5.8

**5.3.2. Datos de actividad**

La siguiente tabla presenta la información utilizada para estimar las emisiones de metano generadas por la disposición final de desechos sólidos.

**Tabla N° 15. Datos de actividad considerados en la metodología de cálculo 4C2 – Nivel 1**

Clasificación	Fuente de emisión	Definición IPCC Directrices del IPCC de 2006	Dato de actividad IPCC GL 2006	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información
<b>Desechos</b>						
4C2	Incineración abierta de desechos	Combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna.	Cantidad total de desechos sólidos de tipo <i>i</i> (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta	Cantidad de Residuos Sólidos Incinerados a Cielo Abierto 2010, 2012, 2014, 2015 y 2016	Gg/año	Información procesada en base a la GPC rural de fuente MINAM (2020). GPC rural.2010 y 2012.xls, GPCrural 2014.xls, GPC rural 2015.xls, GPC rural 2016.xls
				'Población total, urbana y rural	Habitantes	INEI - Series Nacionales. Disponible en <a href="http://webapp.inei.gov.pe:8080/sirtod-series/">http://webapp.inei.gov.pe:8080/sirtod-series/</a> (INEI - 2001). Perú: Estimaciones y proyecciones de población Urbana y Rural 1950 - 2050.or sexo y edades Quinquenales, Según Departamento, 2000 - 2015 - Boletín Especial N°19. Disponible en <a href="http://proyectos.inei.gov.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm">http://proyectos.inei.gov.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm</a>
				Generación per cápita rural según distrito y región geográfica	kg/hab/día	Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020) GPC RURAL 2010-2016.rar
				Composición de desechos	% según tipo de residuo	
				Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos	-	Ministerio del Ambiente (MINAM, 2018). Base integrada gestión 2018.xls
				Fracción de la población que quema desechos	-	Valor calculado en base a la Base de datos proporcionada por MINAM. (MINAM, 2020) GPC rural 2010 - 2016.rar

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

A continuación, se describe las consideraciones de la información mencionada en la tabla anterior:

#### a) Población

La generación de residuos sólidos rural está directamente relacionada con la población. Para el caso de incineración abierta, se asume que la incineración de los residuos sólidos es una práctica común de la población rural, debido a que no cuentan con un servicio de recolección eficiente. Por lo tanto, para esta subcategoría, la población rural es el dato de actividad utilizado en las estimaciones.

El INEI reporta información sobre población rural para la serie 1994 – 2016.

#### b) Cantidad de residuos sólidos incinerados a cielo abierto

La DGRS del MINAM registra información sobre la generación per cápita rural a partir del año 2010, en adelante. En base a esta información y a la población rural, se estimó la generación de desechos sólidos en zonas rurales, sin servicio de recolección.

Las tasas de generación per cápita (GPC) promedio de las zonas rurales se muestran en la siguiente tabla:

Año	GPC promedio (kg/hab/día)
2010	0.45
2012	0.46
2014	0.47
2015	0.44
2016	0.42

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

La tasa de generación utilizada es específica para el área rural, y existen por tanto diferencias entre los valores utilizados en las categorías 4A (total nacional) y 4C (exclusivamente rural).

A las cantidades de desechos generadas por la población rural se le descontó el porcentaje de desechos reutilizados<sup>15</sup>, también proporcionado por la DGRS del MINAM. El total generado sustrayendo las cantidades reutilizadas nos permite obtener las cantidades de desechos quemadas a cielo abierto. Utilizando información sobre la composición de desechos (véase tabla más abajo), se obtiene el total incinerado por tipo de desecho.

Esta información fue proporcionada para los años 2010, 2012, 2014, 2015 y 2016. La información de los años 2011 y 2013 fue estimada mediante la técnica de interpolación y para la información de los años 1994 al 2009 se fijó constante el valor más reciente disponible de la serie, es decir del año 2010. Esto último debido a que la cantidad de residuos quemados no suele relacionarse bien con ninguna variable para utilizar datos sustitutos o proxis.

---

<sup>15</sup> Se considera que los residuos sólidos orgánicos son destinados a los animales como alimento y los restos de follaje y madera son aprovechados como leña. Ello debido a que es una práctica común en las zonas rurales del Perú

**Tabla N° 17. Total de residuos sólidos incinerados (Gg/año)**

Año	Total de residuos incinerados considerados en el cálculo (Gg)
1994	130.34
1995	130.34
1996	130.34
1997	130.34
1998	130.34
1999	130.34
2000	130.34
2001	130.34
2002	130.34
2003	130.34
2004	130.34
2005	130.34
2006	130.34
2007	130.34
2008	130.34
2009	130.34
2010	130.34
2011	138.69
2012	147.41
2013	142.58
2014	137.75
2015	130.37
2016	134.40

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### **c) Composición de desechos**

La DGRS posee una base de datos sobre la composición de desechos a nivel nacional desde el año 2010 en adelante, siendo los datos de mejor calidad a partir del año 2014 por lo siguiente: i) la cantidad de reportes presentado por los municipios al SIGERSOL, ii) los procedimientos de control de calidad para corregir la información errada; y iii) la aplicación de una metodología que permite completar la información faltante.

En la siguiente tabla se muestra la composición de desechos sólidos municipales para zonas rurales del año 2016. Cabe resaltar que la composición de desechos sólidos varía de acuerdo con la información que se registra anualmente en el SIGERSOL.

**Tabla N° 18. Composición de desechos sólidos en zonas rurales**

Año	Materia Orgánica	Madera follaje	Papel	Textiles	Pañales	Botellas y vidrio	Metales	Plásticos	Otros inertes	Total
2016	53%	3%	6.41%	1.29%	7.03%	2.53%	2.23%	10.32%	14.10%	100%

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Esta información fue proporcionada para los años 2010, 2012, 2014, 2015 y 2016. La información de los años 2011 y 2013 fue estimada mediante la técnica de interpolación y para la información de los años 1994 al 2009 se fijó constante el valor más reciente disponible de la serie, es decir del año 2010. Esto último debido a que la cantidad de residuos quemados no suele relacionarse bien con ninguna variable para utilizar datos sustitutos o proxis.

Cabe resaltar que esta composición de desechos sólidos en zonas rurales permitió conocer la cantidad de materia orgánica generada y la cantidad de madera y follaje generado. Al respecto, se asumió que la materia orgánica generada era utilizada como alimento a los animales mientras que la madera y follaje generado eran quemadas como leña, dado que se considera que es una práctica común a nivel nacional en zonas rurales.

#### **d) Sitios de disposición final de residuos sólidos**

Para aquellos distritos que no se tenía certeza de la existencia de un sitio de disposición final (relleno sanitario o botadero), se asumió que estos incineraban sus desechos sólidos.

La DGRS – MINAM sólo cuenta con información de los sitios de disposición final de residuos sólidos para el año 2018, por lo que se asumió que esta información se mantiene constante para toda la serie 1994 - 2016.

#### **e) Fracción de la población que quema residuos (P-Frac)**

Esta información fue estimada para toda la serie utilizando la población total rural y la población que incinera residuos sólidos, la cual se estimó mediante la información proporcionada por la DGRS del MINAM.

**Tabla N° 19. Fracción de la población que quema residuos**

Año	Población rural	Población que quema residuos	Fracción de población que quema residuos (P-Frac)
1994	7,260,639	2,218,433	0.31
1995	6,912,691	2,218,433	0.32
1996	7,034,725	2,218,433	0.32
1997	7,157,503	2,218,433	0.31
1998	7,280,240	2,218,433	0.30
1999	7,402,138	2,218,433	0.30
2000	8,296,469	2,218,433	0.27
2001	8,253,618	2,218,433	0.27
2002	8,204,677	2,218,433	0.27
2003	8,150,348	2,218,433	0.27
2004	8,091,291	2,218,433	0.27

Año	Población rural	Población que quema residuos	Fracción de población que quema residuos (P-Frac)
2005	8,028,132	2,218,433	0.28
2006	7,960,125	2,218,433	0.28
2007	7,887,301	2,218,433	0.28
2008	7,811,335	2,218,433	0.28
2009	7,733,791	2,218,433	0.29
2010	7,656,096	2,220,709	0.29
2011	7,578,493	2,211,366	0.29
2012	7,500,133	2,202,023	0.29
2013	7,420,750	2,202,741	0.30
2014	7,340,106	2,203,458	0.30
2015	7,257,989	2,232,983	0.31
2016	7,336,502	2,255,754	0.31

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### 5.3.3. Factores de emisión y de conversión

Los factores de emisión y de conversión aplicados corresponden a los valores por defecto del IPCC que se listan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 20. Factores de emisión utilizados para estimación de emisiones de la subcategoría 4C2**

Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	Calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
4C	<b>Desechos</b>			
	Incineración abierta de desechos	Contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág. 2.15
		Fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág.2.15
		Fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág.2.15
		Factor de oxidación, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos Cuadro 5.2 Pág. 5.20
		Factor de emisión de CH <sub>4</sub> agregado, kg. de CH <sub>4</sub> /Gg de desechos	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Factores de emisión de CH <sub>4</sub> – Pág. 5.22
Factor de emisión de N <sub>2</sub> O (kg. de N <sub>2</sub> O/Gg de desechos)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Cuadro 5.6- Pág. 5.24		

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Estos datos se mantienen constantes para la serie 1994 – 2016.

### 5.3.4. Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la subcategoría 4C2 Incineración abierta de desechos se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesto por las Directrices del IPCC de 2006.

Tanto para los datos de actividad y factores de emisión, se han utilizado valores de incertidumbre por defecto, dado que no se ha implementado un procedimiento de juicio de expertos para determinar valores nacionales. A continuación, se presenta los valores por defecto utilizados:

**Tabla N° 21. Valores de incertidumbre para los datos de actividad**

Clasificación	Fuente	Dato de Actividad	Incertidumbre	Fuente
4C2	Incineración abierta de desechos	Población Humana	5%	Cuadro 6.11, Directrices del IPCC de 2006
		Incertidumbre contenida en materia seca	50%	Sección 5.7.2 Directrices del IPCC de 2006
		Incertidumbre de población que quema residuos	100%	Supuesto
<b>Incertidumbre combinada</b>			<b>111.92%</b>	

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

La incertidumbre de los datos sobre el nivel de actividad está asociada a las incertidumbres de la población, incertidumbre del contenido de materia seca y la incertidumbre de población que quema residuos. Se realizó la combinación de incertidumbre aplicando la Ecuación 3.1 de las Directrices del IPCC de 2006, y se obtuvo un valor de 111.92% para la incertidumbre del dato de actividad de esta subcategoría.

**Tabla N° 22. Valores de incertidumbre para los factores de emisión**

Clasificación	Fuente	Factor de Emisión	Incertidumbre	Fuente
4C2	Incineración abierta de desechos	CO <sub>2</sub>	40%	Sección 5.7.1 Directrices del IPCC de 2006
		N <sub>2</sub> O	100%	Sección 5.7.1 Directrices del IPCC de 2006
		CH <sub>4</sub>	100%	Sección 5.7.1 Directrices del IPCC de 2006

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

Asimismo, para la incertidumbre del factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso se tomaron los valores de 40%, 100% y 100%, respectivamente, valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Los resultados obtenidos de la subcategoría 4C2 Incineración abierta de desechos, indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en el año 2016 es igual a  $\pm 118.85\%$ ,  $\pm 150.08\%$  y  $\pm 150.08\%$ , respectivamente, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de esta subcategoría es igual a  $\pm 140.24\%$ , tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 23. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones de la subcategoría Incineración abierta de desechos**

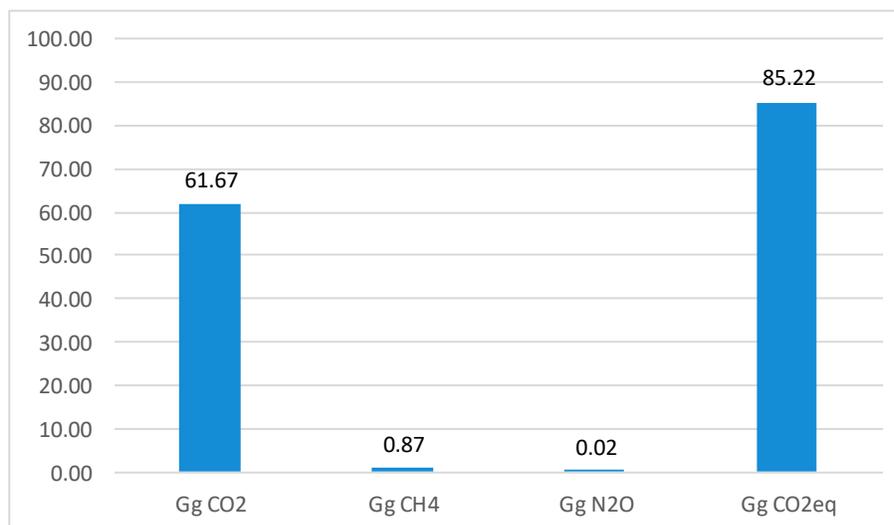
Código de sector y categorías de fuentes	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %
4	Desechos					
4C	Incineración e incineración abierta de desechos					
4C2	Incineración abierta de desechos	CO <sub>2</sub>	111.92%	40.00%	± 118.85%	179.52%
		CH <sub>4</sub>	111.92%	100.00%	± 150.08%	15.89%
		N <sub>2</sub> O	111.92%	100.00%	± 150.08%	77.30%
						± 140.24

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### 5.3.5. Análisis de resultados

Aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, en el año 2016 las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso fueron de 61.67 GgCO<sub>2</sub>, 0.87 GgCH<sub>4</sub> y 0.02Gg N<sub>2</sub>O, que equivalen a 85.22 GgCO<sub>2</sub>eq. De la siguiente figura, se aprecia que la principal fuente de emisión proviene del CO<sub>2</sub>.

**Figura N° 9. Emisiones de GEI generadas por la subcategoría 4C2**

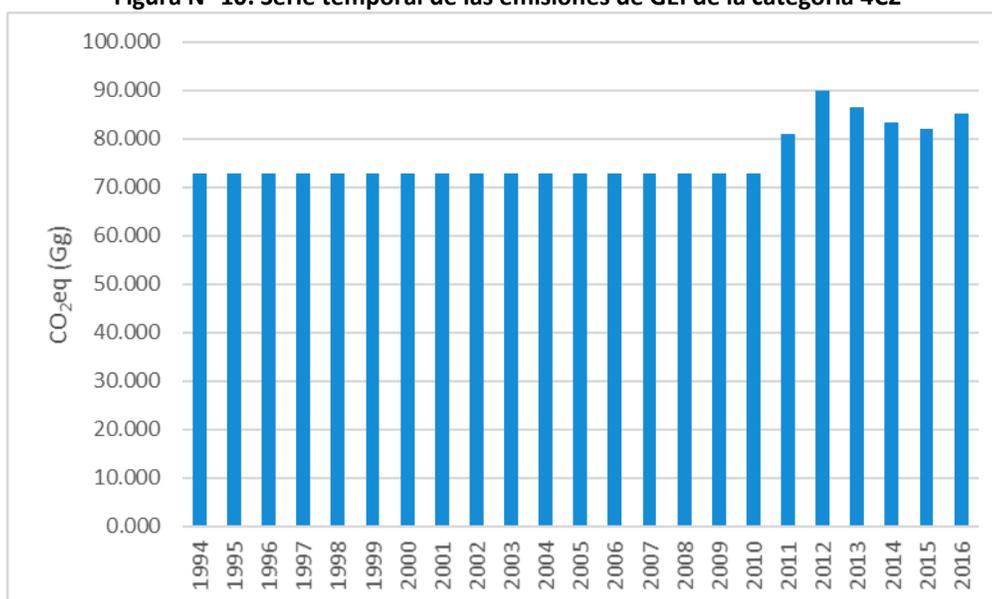


Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

### 5.3.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2016 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI desde el año 1994 al 2016, estimadas con la misma metodología y fuentes de información, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura N° 10. Serie temporal de las emisiones de GEI de la categoría 4C2**



Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

De la figura anterior, se aprecia que la tendencia de emisiones resultantes es plana, sin embargo, para el periodo 2010 al 2013, esta tendencia varía, debido principalmente a lo siguiente:

- Del año 1994 al 2007 no existen registros relacionados a la gestión de residuos sólidos en el país. Por este motivo, las cantidades de desechos incinerados a cielo abierto se mantuvieron constantes para dicho periodo.
- El SIGERSOL comenzó a recopilar información a partir del año 2008, sin embargo, un porcentaje muy bajo de municipios reportaron información en dicha plataforma. A partir del 2014, los registros del SIGERSOL se incrementaron, llegando a un promedio de 750 reportes anuales. Asimismo, el MINAM definió la metodología para la estimación del GPC y composición de residuos sólidos.

## 5.4. Control de Calidad y Garantía de la Calidad

### 5.4.1. Control de calidad

El país, posee un procedimiento de control de calidad (CC) el cual es un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del inventario a medida que se compila y lo realiza el personal encargado de compilar el inventario.

El procedimiento de CC está diseñado para lo siguiente:

- hacer controles rutinarios y coherentes que garanticen la integridad de los datos, su corrección y su exhaustividad;
- detectar y subsanar errores y omisiones;
- documentar y archivar el material de los inventarios y registrar todas las actividades de CC.

Las actividades de CC comprenden métodos generales como los controles de exactitud aplicados a la adquisición de los datos y a los cálculos, y la utilización de procedimientos normalizados aprobados para los cálculos de las emisiones y absorciones, las mediciones, la estimación de las incertidumbres, el archivo de la información y su reporte. Las actividades de CC comprenden también las revisiones técnicas de las categorías, los datos de la actividad, los factores de emisión, otros parámetros y métodos de estimación.

Así, se pueden diferenciar dos grandes grupos de procedimientos de control de calidad:

- Procedimientos Generales de CC, que son actividades genéricas aplicables a todas las categorías y enfoques metodológicos.
- Procedimientos de Categoría Específica, que son actividades de control de calidad más específicas a las categorías analizadas.

El presente RAGEI fue sometido al proceso de control de calidad con el procedimiento descrito en el Anexo 3. Este procedimiento de control de calidad lo realizó el experto Juan Martín Ortega, revisor de inventarios nacionales para el sector Desechos.

A continuación, se proporcionan los principales hallazgos encontrados y cómo han sido abordados.

**Tabla N° 24. Hallazgos producto del proceso de control de calidad de la Categoría 4A**

Hallazgos	Acciones implementadas
Vincular las celdas de la planilla de cálculo con la información base.	Todos los cálculos realizados en la planilla de cálculo han sido vinculados con la información base.
Incorporar los datos de actividad recopilados en la misma planilla de cálculo dado por el software del IPCC.	Se agregaron pestañas a la planilla de cálculo con la información de los datos de actividad recopilados.
Incorporar las fuentes de información.	La información completa sobre las fuentes de datos ha sido referenciada debidamente en la planilla de cálculo.
Incluir cantidad de desechos industriales en la estimación de las emisiones de GEI.	A la fecha de elaboración del presente reporte, no se contaba con información sobre la cantidad de residuos no municipales generados y dispuestos. Sin embargo, se ha considerado su recopilación como una acción de mejora.
Incluir en el reporte, el ejercicio realizado sobre las emisiones de GEI considerando zonas climáticas.	La información ha sido incluida en el presente reporte.
Incluir en el reporte el efecto causado por la recuperación de metano hallado en los rellenos sanitarios.	Se ha incluido la descripción de dicha información.
Asegurar que el total de los desechos sólidos generados se consideren en una categoría u otra del inventario.	Se ha descrito dicha información en la Tabla N°1 del presente reporte.
Utilizar el potencial de calentamiento global de 21 para el metano.	Se ha utilizado dicho valor.
Utilizar las tablas de reporte y claves de notación.	Se han utilizado dichas tablas de reporte y las claves de notación para mostrar los resultados.
Es recomendable abordar la obtención de información a nivel de vertedero, composición y degradación de los desechos para	Se ha considerado dicha actividad como una acción de mejora

Hallazgos	Acciones implementadas
subir de nivel de cálculo.	

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

**Tabla N° 25. Hallazgos producto del proceso de control de calidad de la Subcategoría 4C2**

Hallazgos	Acciones implementadas
Vincular las celdas de la planilla de cálculo con la información base.	Todos los cálculos realizados en la planilla de cálculo han sido vinculados con la información base.
Incorporar las fuentes de información.	La información completa sobre las fuentes de datos ha sido referenciada debidamente en la planilla de cálculo.
Asegurar que el total de los desechos sólidos generados se consideren en una categoría u otra del inventario.	Se ha descrito dicha información en la Tabla N°1 del presente reporte.
Actualizar la variable de actividad utilizada para estimar las emisiones de CH <sub>4</sub> y de N <sub>2</sub> O a la base húmeda y base seca realmente quemada.	La variable de actividad fue actualizada.
Aclarar si las cantidades incineradas de la pestaña “InfoProc Total RRSS Incinerados” son realmente cantidades incineradas y si incluyen o no la parte biogénica de los residuos.	Se clarificó que las cantidades incineradas no incluyen residuos biogénicos.
Utilizar las tablas de reporte y claves de notación.	Se han utilizado dichas tablas de reporte y las claves de notación para mostrar los resultados.

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

#### 5.4.2. Garantía de calidad

La Garantía de calidad (GC) es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de compilación/elaboración del inventario. Las revisiones, efectuadas preferiblemente por terceros independientes, se llevan a cabo sobre un inventario terminado, tras la puesta en práctica de los procedimientos de CC.

El presente RAGEI fue sometido al proceso de garantía de calidad con el procedimiento descrito en el Anexo 4. Este procedimiento de garantía de la calidad lo realizó la experta María José López, revisora de inventarios nacionales para el sector Desechos.

A continuación, se proporcionan los principales hallazgos encontrados y cómo han sido abordados:

**Tabla N° 26. Hallazgos producto del proceso de garantía de calidad**

Hallazgo	Acciones implementadas
Se recomienda describir en el informe de inventario las diferentes tasas de generación y composiciones de desechos utilizadas en las estimaciones.	Se ha realizado la descripción recomendada.
Se recomienda obtener información sobre desechos industriales y sobre los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas que son transportados a vertederos.	A la fecha de elaboración del presente reporte, no se contaba con información sobre la cantidad de residuos no municipales generados y dispuestos. Sin embargo, se ha considerado su recopilación como una acción de mejora.

Asegurar que la reducción de emisiones consideradas en el RAGEI no incluya algunas que pertenecen al sector energía.	Se aseguró que las reducciones de emisiones de los rellenos sanitarios únicamente pertenecen al sector desechos sólidos.
Se recomienda conocer la cantidad de lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se depositan en los vertederos.	Se ha colocado como una acción de mejora.
Se recomienda estimar la cantidad de desechos con son incinerados en los vertederos para mejorar las estimaciones de las categorías 4A y 4C.	Se ha colocado como una acción de mejora.
Se debe documentar los juicios de experto realizados.	Los juicios de experto realizados para fines del presente reporte se detallan en el Anexo 2.
Se recomienda abordar el levantamiento de información sobre tratamiento biológico de desechos sólidos para estimar las emisiones de la categoría 4B.	Se ha colocado como una acción de mejora.

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

## 6. PLAN DE MEJORA

La siguiente tabla presenta las acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI:

**Tabla N° 27. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI**

N°	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO <sub>2</sub> eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación <sup>16</sup>
1	Recabar información sobre la generación de residuos sólidos no municipales con el fin de incluirlos en la estimación de las emisiones de la categoría 4A. Por lo pronto, estas emisiones no son consideradas en este reporte dado que no se cuenta con dicha información.	Mejorar la exactitud de los cálculos	A partir del año 2017 entró en vigor la nueva Ley De Gestión Integral de Residuos sólidos donde se insta a las empresas reportar las actividades relacionadas a la gestión de los residuos no municipales. Por otro lado, el MINAM a través de la DGRS debe administrar el Sistema de Información sobre la Gestión de los Residuos Sólidos - SIGERSOL No Municipal, en el que se sistematizará la información sobre los residuos no municipales. En ese sentido, se contará con esta información para futuros RAGEI.	Mediano plazo
2	Realizar las gestiones pertinentes para incluir preguntas específicas sobre gestión de residuos sólidos requeridas para el RAGEI en la encuesta nacional de hogares que realiza el INEI. Para ello, se retomará contacto con dicha entidad y se mostrará la importancia de la información requerida.	Mejorar la exactitud de los cálculos	La DGRS ha coordinado con el INEI para incluir información sobre la gestión de residuos sólidos municipales, pero se debe revisar que dicha información sirva también para los fines del RAGEI.	Mediano plazo
3	Iniciar las coordinaciones con el INEI para incluir preguntas específicas relacionadas a gestión de residuos sólidos no municipales que contribuyan a la elaboración del RAGEI en la encuesta nacional de empresas.	Mejorar la exactitud de los cálculos	Aún no se han realizado acciones.	Mediano plazo
4	Establecer un mecanismo de verificación de la información reportada en el SIGERSOL para garantizar la sostenibilidad y calidad del RAGEI.	Mejorar la exactitud de los cálculos	El SIGERSOL ha sido fortalecido por lo cual se contará con información robusta para la estimación de los siguientes RAGEI	Mediano plazo

<sup>16</sup> Es recomendable que las entidades realicen un plan de trabajo interno más detallado, y que luego de ser validado se inserte en el siguiente RAGEI.

N°	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO <sub>2</sub> eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación <sup>16</sup>
5	Evitar la asignación de valores de GPC y de composición de residuos sólidos para años donde no se cuenta la información.	Mejorar la exactitud de los cálculos	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
6	Abordar el levantamiento de información sobre tratamiento biológico para cuantificar las emisiones de la categoría 4B. Coordinando, además, con el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento para obtener datos sobre compostaje en zona rural y con el Ministerio de la Producción para obtener información sobre producción de biogás producto de la digestión anaeróbica como tratamiento de efluentes industriales in situ.	Mejorar la exactitud y exhaustividad de los cálculos.	Con el fortalecimiento del SIGERSOL esta información será recabada para futuros RAGEI.	Mediano plazo.
7	Recopilar información sobre la incineración controlada de desechos sólidos a nivel nacional. Esta información puede ser conseguida en coordinación con el Ministerio de Salud quienes podrían llevar el control de los residuos sólidos hospitalarios y peligrosos que se incineran por seguridad, además de otras fuentes de incineración.	Mejorar la exactitud y exhaustividad de los cálculos.	Dada la entrada en vigor de la nueva Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, esta información será recabada y considerada en los futuros RAGEI.	Mediano plazo.
8	Obtener información detallada sobre volúmenes recibidos/tratados por vertedero e información sobre la composición de los residuos, para avanzar a enfoques metodológicos superiores. Esta información permitirá diferenciar más fácilmente por zonas climáticas, y/o estimar los parámetros de degradación del método FOD del IPCC para cada zona climática/vertedero.	Mejorar la exactitud de los cálculos	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
9	Identificar las cantidades de lodos generados en PTAR y depositados en vertedero. Estas cantidades orgánicas se deben sustraer de la estimación de las categorías 4D1 y	Mejorar la exactitud y exhaustividad de los cálculos.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo

N°	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO <sub>2</sub> eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación <sup>16</sup>
	4D2 y considerar en la categoría 4A. Identificar las cantidades de desechos quemados en vertedero. Esto permitirá mejorar las estimaciones de la categoría 4A y 4C.			
10	Estimar las emisiones de gases precursores (NMVOC, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> ) utilizando las guías EMEP/EEA 2019, disponibles en <a href="https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019">https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019</a> Con las variables de actividad reproducidas, identificando los factores de emisión correspondientes en las guías EMEP/EEA.	Mejora la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Verónica Mendoza Díaz
Cargo	Especialista en Información Ambiental
Correo Electrónico	<a href="mailto:vmendoza@minam.gob.pe">vmendoza@minam.gob.pe</a>
Teléfono - Anexo	+51 1 611 6000 – Anexo 1572
Dirección de Línea	Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos
Institución	Ministerio del Ambiente

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

## 7.2. Anexo 2: Juicio de experto realizado

### Gestión de residuos sólidos de los años 1950 al 2009:

Juicio de experto de la Ing. Verónica Mendoza. Especialista en Información Ambiental de la DGRS – MINAM, [vmendoza@minam.gob.pe](mailto:vmendoza@minam.gob.pe). Quien indicó que, dado que para dicha serie no se cuenta con información sobre gestión de residuos sólidos, los siguientes supuestos se pueden asumir:

- La generación per cápita de residuos sólidos municipales es de 0.775 kg/hab/día
- La única forma de gestión de residuos sólidos municipales conocida es la eliminación de residuos sólidos en sitios de disposición final (botaderos o rellenos sanitarios), no se puede comprobar un porcentaje de éstos que haya sido gestionado mediante valorización de residuos orgánicos e inorgánicos.
- Esta disposición final no es categorizada ya que se desconoce los tipos de lugares donde fueron depositados los residuos sólidos.
- De igual modo, la gestión de residuos sólidos no municipales se ha clasificado como dispuesta en sitios de disposición final no categorizados al 100%.

### Población rural que incinera residuos sólidos a cielo abierto:

Juicio de experto de la Ing. Verónica Mendoza. Especialista en Información Ambiental de la DGRS – MINAM, [vmendoza@minam.gob.pe](mailto:vmendoza@minam.gob.pe). Indicó que los siguientes supuestos pueden ser utilizados para hallar la cantidad de residuos sólidos que son incinerados a cielo abierto:

- Pequeñas ciudades con menos de 10,000 habitantes son las que incineran los desechos sólidos a cielo abierto por la falta del servicio de recolección de residuos sólidos.
- Pequeñas ciudades con menos de 10,000 habitantes que no presentan registro de sitio de disposición final ya sea botadero o relleno sanitario, es probable que al no contar con un sitio de disposición final incineren sus desechos sólidos.
- Esta población hallada con los dos supuestos anteriores se asume que el porcentaje de residuos sólidos clasificado como materia orgánica es destinado a los animales como alimento y el porcentaje de residuos sólidos clasificado como madera y follaje es utilizado por esta población como leña. Estas actividades son práctica común en la zona rural.

### 7.3. Anexo 3: Procedimiento de control de calidad

**Tabla N° 28. Procedimientos generales de control de calidad**

Actividad de CC	Procedimientos
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	<p>Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.</p> <p>Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.</p> <p>Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.</p> <p>Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar la programación de factores como fórmulas.</li> <li>Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.</li> <li>Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.</li> </ul> <p>Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.</p>
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	<p>Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.</p> <p>En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.</p>
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	<p>Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.</p> <p>Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.</p> <p>Verificar que los factores de conversión sean correctos.</p> <p>Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.</p>
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	<p>Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.</p> <p>Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.</p> <p>Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.</p> <p>Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.</p>
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.

Actividad de CC	Procedimientos
	Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.
Revisar el archivo y la documentación interna.	<p>Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos. Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).</p> <p>Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.</p> <p>Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.</p> <p>Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.</p>
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	<p>Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.</p> <p>Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.</p> <p>Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.</p>
Verificar la coherencia de la serie temporal.	<p>Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.</p> <p>Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.</p> <p>Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.</p> <p>Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.</p>
Verificar la exhaustividad.	<p>Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el período del inventario actual.</p> <p>En relación con las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.</p> <p>Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.</p> <p>Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación con el total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').</p>
Revisiones de tendencias	<p>Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.</p> <p>Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado</p>

Actividad de CC	Procedimientos
	<p>cambios en las emisiones o remociones?</p> <p>Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.</p>

Fuente: Adaptación de las Directrices del IPCC de 2006

**Tabla N° 29. Procedimientos de específicos de control de calidad**

Actividad de CC	Procedimientos
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	<p>Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.</p> <p>Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.</p> <p>Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.</p> <p>Documentar los resultados de esta evaluación.</p>
Revisar los factores específicos del país.	<p>Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.</p> <p>Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.</p> <p>Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.</p> <p>Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.</p> <p>Comparar los factores de los otros países (utilizando la Base de datos de factores de emisión del IPCC).</p> <p>Documentar los resultados de esta evaluación.</p>
Revisar las mediciones.	<p>Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.</p> <p>Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.</p> <p>Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.</p>
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	<p>Revisar cambios significativos (&gt; 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.</p> <p>Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.</p> <p>Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.</p>
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	<p>Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.</p> <p>Evaluar la coherencia de la serie temporal.</p> <p>Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.</p>
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	<p>Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.</p> <p>Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.</p> <p>Comparar los datos de sitios similares.</p> <p>Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes</p>

Actividad de CC	Procedimientos
Estimaciones de incertidumbre de CC.	Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre. Revisar los cálculos de incertidumbre. Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.
Verificar las estimaciones de GEI.	Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.

Fuente: Adaptación de las Directrices del IPCC de 2006

#### 7.4. Anexo 4: Procedimiento de garantía de la calidad

**Tabla N° 30. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4A – Eliminación de Desechos Sólidos**

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
Exhaustividad/Compleitud y doble contabilización	<p>¿Se reportan y se consideran en el inventario todos los tipos de residuos y sitios de disposición final que se dan en el país?</p> <p>¿Se queman residuos para valorización energética en el país? Si esta práctica ocurre en el país ¿dónde se consideran las emisiones?</p> <p>¿Existe recuperación de metano en vertederos o plantas de tratamiento de aguas? ¿En su caso, cómo se utiliza este metano y cómo se considera en el inventario?</p>	<p>Si se utiliza el modelo FOD de IPCC, comprobar que los porcentajes utilizados para obtener la tasa de corrección de metano son consistentes con los tipos de sitios de disposición final existentes en el país. Si no se utiliza el modelo IPCC, se deben estimar las emisiones de todos los sitios de disposición (botaderos y vertederos). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas pueden ser enviados a vertedero. Las emisiones de esos lodos deben ser consideradas en esta categoría y no en la categoría 4D.</p> <p>Si se queman residuos para valorización energética, se debe comprobar que la cantidad de residuo quemado se sustrae de la variable de actividad del sector residuos y se considera en el sector energía como combustible.</p> <p>Si los residuos se queman sin valorización energética, sus emisiones se consideran en el sector residuos.</p> <p>Se debe verificar que el metano recuperado se sustrae de las emisiones del sector. Las emisiones de este metano recuperado deben estimarse en el sector energía si existe valorización energética.</p>
Metodología – Evaluación de la Exactitud	<p>¿Se utiliza el tier 1 (o superiores) del modelo FOD de las Guías IPCC 2006 para estimar las emisiones de metano de residuos sólidos incluyendo todos los sitios de disposición final?</p> <p>¿Se utiliza información histórica de las cantidades enviadas a sitios de disposición final y de su composición?</p> <p>¿Es la información histórica</p>	<p>El modelo FOD se considera una mejor aproximación a las emisiones que otros métodos de cálculo (como el balance de masas), de modo que es recomendable utilizarlo. El modelo FOD debe considerar todos los residuos que se depositan en sitios gestionados y no gestionados.</p> <p>Es buena práctica utilizar información desde el año 1950 para estimar el modelo FOD. Si la información no está disponible, se puede utilizar uno de los métodos definidos en IPCC 2006: extrapolación, estimación con proxies, etc.</p>

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
	<p>consistente con la realidad del país?</p> <p>¿Se utilizan valores específicos al país o por defecto para los parámetros del modelo FOD?</p> <p>En caso de que se utilicen valores nacionales, ¿son consistentes con los proporcionados por defecto por IPCC para zonas climáticas similares?</p> <p>En caso de que se utilicen los valores por defecto ¿son apropiados para la zona climática del país y los tipos de residuos?</p>	<p>Es buena práctica estimar la evolución temporal de los diferentes parámetros del modelo. Sin embargo, las desviaciones de los parámetros por defecto de IPCC deben estar debidamente justificadas.</p> <p>Los parámetros del modelo FOD se definen de manera automática al seleccionar la región y la zona climática.</p> <p>En caso de utilizar valores nacionales, verificar que los valores están en el rango de los valores por defecto IPCC para la zona climática correspondiente.</p> <p>Verificar que la zona climática se ha seleccionado apropiadamente y que los parámetros del modelo no han sido modificados.</p>
Metodología – Evaluación de la consistencia, comparabilidad y el reporte de las emisiones	<p>¿Son la serie de población, tasa de generación de residuos y cantidades enviadas a vertedero, y la composición de los residuos consistentes?</p> <p>En caso de que se utilicen valores por defecto de las Guías IPCC 2006, ¿son específicos para el país y la región? En caso de que no sea así, ¿está la selección de los valores por defecto debidamente justificada?</p> <p>¿Son los valores de factor de corrección de metano consistentes con la evolución de las prácticas de gestión de residuos del país?</p> <p>¿Son los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas enviados a vertedero?</p> <p>En caso de que se quemen</p>	<p>Es habitual que las series de residuos mejoren con el tiempo. Es posible que los países recopilen valores nacionales para años recientes, pero no para toda la serie. Es buena práctica utilizar datos nacionales cuando sea posible. Cuando valores nacionales y valores por defecto se mezclan en una serie temporal, hay que evaluar detalladamente la consistencia. El uso de las técnicas descritas en el capítulo 6 volumen I de IPCC es recomendable. En cualquier caso, la evolución de la serie temporal de todos los parámetros debe estar razonada y justificada.</p> <p>Cuando un valor por defecto en las guías IPCC no se proporciona para un país o región, es aceptable utilizar un valor por defecto de un país o región similar. La selección de otros factores debe estar justificada (clima, geografía, población, etc. similar)</p> <p>La distribución de los residuos entre las diferentes prácticas de gestión de residuos sólidos y la disponibilidad de datos cambian con el tiempo. Verificar que la evolución histórica de los porcentajes asignados a los diferentes sitios de</p>

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
	residuos en los sitios de disposición final, ¿se sustraen las cantidades de la variable de actividad del modelo FOD y se consideran en la categoría 4C?	<p>disposición es consistente con la realidad del país (por ejemplo, es esperable que la cantidad de residuos tratados en vertederos gestionados aumente y la cantidad en vertederos no gestionados disminuya) junto con la evolución de otras categorías del sector (la quema de residuos a cielo abierto suele reducirse a niveles altos de PBI).</p> <p>Si los lodos se depositan en vertederos/botaderos, las emisiones de metano se deben considerar en esta categoría y no en la categoría 4D tratamiento y eliminación de aguas residuales.</p> <p>Verificar que no existe doble contabilidad en las categorías 4A y 4C para aquellos residuos que se queman en vertedero.</p>
Metodología – Evaluación de la transparencia/documentación	<p>¿Se describen y se documentan la variable de actividad, factores de emisión, parámetros del modelo, prácticas de gestión de residuos, composición de residuos y todos los juicios de experto realizados, tanto en las hojas de cálculo como en el informe de inventario?</p> <p>¿Se describe claramente la distribución de residuos entre los distintos tipos de sitios de disposición final?</p> <p>En caso de exista recuperación de metano, quema en antorcha y/o valorización energética, ¿se documentan las fuentes de información y se describe dónde están consideradas las emisiones en el informe de inventario?</p>	<p>Todos los parámetros del modelo FOD deben ser claramente descritos y sus fuentes especificadas y documentadas.</p> <p>Es especialmente relevante que los juicios de experto se documenten especificando el autor, la fecha, el medio de recepción y todos los documentos que se hayan utilizado para justificar el juicio de experto.</p> <p>La distribución utilizada para calcular el factor de corrección de metano debe ser apropiadamente justificada y descrita tanto en los archivos de cálculo con en los informes de inventario.</p> <p>Si se descuenta el metano recuperado en las estimaciones realizadas, es especialmente importante documentar la fuente de información y el uso final del metano recuperado.</p>

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

**Tabla N° 31. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4B – Tratamiento biológico de desechos sólidos**

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
Exhaustividad/Compleitud y doble contabilización	¿Existe el tratamiento biológico de residuos en el país, incluyendo el compostaje y la digestión anaeróbica para la producción de biogás?	Verificar si el tratamiento biológico ocurre en el país y si se considera en el inventario.
	¿Se reportan en el inventario las emisiones de N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> procedente de las actividades de compostaje y digestión anaeróbica?	La tabla 4.1 del capítulo 4, volumen 5 de IPCC 2006 proporciona factores de emisión por defecto para las emisiones de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O procedentes del tratamiento biológico de residuos.
Metodología – Evaluación de la exactitud, consistencia, comparabilidad y el reporte de las emisiones	¿Es la cantidad de residuos utilizados para compostaje y digestión anaeróbica (variable de actividad de la categoría) consistente con la distribución de prácticas de gestión de residuos sólidos del país?	La cantidad de residuos utilizados para compostaje y digestión anaeróbica consistente con la distribución de prácticas de gestión de residuos sólidos del país.
	¿Se utilizan factores de emisión específicos para el país o son valores por defecto de las guías IPCC 2006?	Es buena práctica utilizar valores nacionales cuando están disponibles.
	¿Es el método utilizado en línea con las guías IPCC 2006 y es aplicado de forma consistente en toda la serie temporal?	Es Buena práctica utilizar el mismo método para toda la serie temporal o uno de los métodos de subrogación descritos en el volumen I de IPCC 2006.
Metodología – Evaluación de la transparencia/documentación	¿Se describen y se documentan la variable de actividad, factores de emisión y todos los juicios de experto realizados, tanto en las hojas de cálculo como en el informe de inventario?	El informe de inventario y los archivos de cálculo deben contener la suficiente información para permitir la reproducción de los cálculos.
Exhaustividad/Compleitud y doble contabilización	¿Existe el tratamiento biológico de residuos en el país, incluyendo el compostaje y la digestión anaeróbica para la producción de biogás?	Verificar si el tratamiento biológico ocurre en el país y si se considera en el inventario.
	¿Se reportan en el inventario las emisiones de N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> procedente de las actividades de compostaje y digestión anaeróbica?	La tabla 4.1 del capítulo 4, volumen 5 de IPCC 2006 proporciona factores de emisión por defecto para las emisiones de metano y N <sub>2</sub> O procedentes del tratamiento biológico de residuos.

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM

**Tabla N° 32. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4C2 – Incineración abierta de desechos**

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
Exhaustividad/Complejidad y doble contabilización	<p>¿Se realiza la incineración y la quema a cielo abierto de residuos en el país?</p> <p>¿Se consideran todas las plantas de incineración existentes y todos los tipos de residuos quemados (municipales, industriales, médicos, peligrosos, etc.)?</p> <p>¿Considera el inventario todos los residuos quemados a cielo abierto?</p> <p>¿Se estiman todas las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil (procedentes de plásticos, textiles, caucho, etc), CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y las emisiones de precursores?</p>	<p>Si la incineración y quema a cielo abierto ocurren en el país, tienen que reportarse en el inventario, pese a que sean prácticas ilegales. La información sobre incineración y quema debe ser consistente con la distribución de prácticas de gestión de residuos sólidos del país.</p> <p>Se deben considerar la incineración de todos los tipos de residuos. En algunos países es factible realizar un listado de plantas, ya que es una práctica habitualmente limitada y controlada por las administraciones públicas.</p> <p>Para la quema a cielo abierto, puede ser complejo determinar la cantidad total de quema a cielo abierto debido a la ausencia de estadísticas de calidad. Los compiladores de inventario deben considerar fuentes de información alternativas para evitar la infraestimación de las emisiones. Si se quema a cielo abierto en las zonas rurales, esto se debe considerar en el inventario.</p> <p>El capítulo 5 del volumen 5 de las guías IPCC 2006 proporciona métodos y factores de emisión para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Para los precursores, se pueden utilizar las guías EMEP/EEA 2016 o las guías US-EPA 42</p>
Metodología – Evaluación de la exactitud, consistencia, comparabilidad y el reporte de las emisiones	<p>¿Considera el método utilizado para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de incineración y quema a cielo abierto únicamente la fracción fósil de carbono?</p> <p>¿Son los parámetros utilizados (contenido de materia seca, contenido en carbono, contenido en carbono fósil, factor de oxidación) coherentes con los valores por defecto de IPCC 2006?</p> <p>¿Se calculan las emisiones de incineración y quema a cielo abierto utilizando la misma metodología y fuente de información para toda la serie histórica?</p>	<p>En la metodología IPCC 2006 sólo se estima la fracción fósil de CO<sub>2</sub>.</p> <p>El capítulo 5, Volumen 5 de las Guías IPCC 2006 proporciona parámetros por defecto y factores de emisión por defecto para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la incineración y quema a cielo abierto de residuos. Sin embargo, se pueden utilizar valores nacionales para realizar la estimación. Verificar que los valores nacionales se encuentran en el rango de los valores propuestos en las guías IPCC 2006.</p> <p>Las emisiones de incineración y quema a cielo abierto de residuos se deben calcular utilizando, en caso de que sea posible, la misma metodología y fuente de información para toda la serie histórica. En caso de que no sea posible, se recomienda utilizar el capítulo 5, volumen 1, sección 5.3 de las guías IPCC 2006.</p>

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
	¿Se considera en el inventario la incineración de residuos con y sin recuperación energética?	Las emisiones de incineración de residuos sin recuperación energética se reportan en el sector residuos, mientras que la incineración con recuperación se reporta en el sector energía, diferenciando entre contenido fósil y biogénico para el cálculo de las emisiones de CO <sub>2</sub> .
Metodología – Evaluación de la transparencia/documentación	¿Se describen y se documentan la variable de actividad, factores de emisión y todos los juicios de experto realizados, tanto en las hojas de cálculo como en el informe de inventario?	El informe de inventario y los archivos de cálculo deben contener la suficiente información para permitir la reproducción de los cálculos.
4.C.1 – Incineración de residuos	¿Proporciona el país información sobre la composición de residuos incinerados?	Las emisiones de CO <sub>2</sub> de origen fósil se incluyen en el inventario (incluidos en los totales). La información de la composición de los residuos ayuda a entender cómo se ha derivado y utilizado la fracción fósil.
4.C.2 – Quema a cielo abierto de residuos	¿Proporciona el país información sobre la composición y otros parámetros utilizados en las estimaciones de emisiones de quema a cielo abierto?	<p>En países en desarrollo la fracción de la población que quema residuos (Pfrac) puede ser aproximada, en zonas urbanas como la suma de la población cuyos residuos no son recolectados, y en zonas rurales como la totalidad de la población.</p> <p>Para países con buenos sistemas de recolección de residuos, es buena práctica investigar si hay fracción de carbono fósil que es quemada a cielo abierto.</p> <p>Las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen fósil se incluyen en el inventario (incluidos en los totales). La información de la composición de los residuos ayuda a entender cómo se ha derivado y utilizado la fracción fósil.</p>
Exhaustividad/Complejidad y doble contabilización	<p>¿Se realiza la incineración y la quema a cielo abierto de residuos en el país?</p> <p>¿Se consideran todas las plantas de incineración existentes y todos los tipos de residuos quemados (municipales, industriales, médicos, peligrosos, etc.)?</p> <p>¿Considera el inventario todos los residuos quemados a cielo abierto?</p> <p>¿Se estiman todas las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil (procedentes de plásticos, textiles, caucho, etc),</p>	<p>Si la incineración y quema a cielo abierto ocurren en el país, tienen que reportarse en el inventario, pese a que sean prácticas ilegales. La información sobre incineración y quema debe ser consistente con la distribución de prácticas de gestión de residuos sólidos del país.</p> <p>Se deben considerar la incineración de todos los tipos de residuos. En algunos países es factible realizar un listado de plantas, ya que es una práctica habitualmente limitada y controlada por las administraciones públicas.</p> <p>Para la quema a cielo abierto, puede ser complejo determinar la cantidad total de quema a cielo abierto debido a la ausencia de estadísticas de calidad. Los compiladores de inventario deben considerar fuentes de información alternativas para</p>

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Aclaración
	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y las emisiones de precursores?	<p>evitar la infraestimación de las emisiones. Si se quema a cielo abierto en las zonas rurales, esto se debe considerar en el inventario.</p> <p>El capítulo 5 del volumen 5 de las guías IPCC 2006 proporciona métodos y factores de emisión para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Para los precursores, se pueden utilizar las guías EMEP/EEA 2016 o las guías US-EPA 42</p>

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos – MINAM