

RAGEI 2016

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
DEL SECTOR DESECHOS 2016

CATEGORÍAS:

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN
DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2016
Categoría: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales
Subcategoría: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas

Preparado por:

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Viceministerio de Construcción y Saneamiento
Dirección General de Asuntos Ambientales

Lima, 2020

CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	6
RESUMEN EJECUTIVO	7
1 INTRODUCCIÓN.....	8
2 SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR	9
3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI.....	11
3.1 Organización para la elaboración del RAGEI.....	11
3.2 Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI.....	11
3.3 Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI	12
4 METODOLOGÍA APLICADA	13
4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI	13
4.2 Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal.....	14
5 RESULTADO SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 15	
5.1 Fuente 4D1a: Emisiones de metano CH ₄	16
5.1.1 Método de cálculo	16
5.1.2 Datos de actividad	21
5.1.3 Factores de emisión y de conversión.....	33
5.1.4 Análisis de resultados	36
5.1.5 Actualización de la serie temporal.....	36
5.2 Fuente 4D1b: Emisiones de óxido nitroso N ₂ O.....	37
5.2.1 Método de Cálculo.....	37
5.2.2 Datos de actividad	38
5.2.3 Factores de emisión y de conversión.....	39
5.2.4 Análisis de resultados	40
5.2.5 Actualización de serie temporal	40
5.3 Control de Calidad y Garantía de la Calidad	42
5.3.1 Control de calidad.....	42
5.3.2 Garantía de calidad	43
5.4 Sigüientes pasos.....	44
6 BIBLIOGRAFÍA.....	46
7 ANEXOS	47
7.1 Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI.....	47
7.2 Anexo 2: Juicio de experto realizados.....	48
7.3 Anexo 3: Procedimiento de control de calidad.....	49
7.4 Anexo 4: Procedimiento de garantía de la calidad	52

Lista de Tablas

<i>Tabla N° 1 Cobertura en agua y alcantarillado en zona urbana y de disposición sanitaria de excretas– 2016</i>	9
<i>Tabla N° 2. Gases estimados en el RAGEI 2016</i>	13
<i>Tabla N° 3. Categoría y subcategorías para fines del RAGEI 2016</i>	13
<i>Tabla N° 4. Resultados de las estimaciones de emisiones de la Sub-Categoría 4D1</i>	16
<i>Tabla N° 5. Valores de FCM por defecto para los tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas</i>	19
<i>Tabla N° 6. Datos nacionales utilizados en la estimación de emisiones de metano del año 2016 – 4D1a</i>	22
<i>Tabla N° 7. Fuente de información y supuestos utilizados para la población urbana y rural en la serie temporal 1994 – 2016</i>	24
<i>Tabla N° 8. Grado de utilización por tipo de descarga y tratamiento</i>	25
<i>Tabla N° 9. Fracción de aguas residuales domésticas urbanas tratadas por tipo de tratamiento nacional</i>	27
<i>Tabla N° 10. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural</i> .	28
<i>Tabla N° 11. Fracción de aguas residuales urbanas recolectadas con tratamiento y sin tratamiento</i>	30
<i>Tabla N° 12. Volumen de aguas residuales urbanas recolectadas y tratadas (m³)</i>	31
<i>Tabla N° 13. Población rural con cobertura de disposición sanitaria de excretas</i>	32
<i>Tabla N° 14. Correspondencia de la clasificación nacional a nivel urbano con las vías y sistemas de tratamiento y eliminación de las Directrices del IPCC de 2006</i>	33
<i>Tabla N° 15. Correspondencia de la disposición sanitaria de excretas en las zonas rurales con los sistemas de eliminación de las Directrices del IPCC de 2006</i>	34
<i>Tabla N° 16. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de metano de aguas residuales – 4D1a</i>	35
<i>Tabla N° 17. PCG utilizado para el Metano</i>	35
<i>Tabla N° 18. Datos de actividad empleados en la estimación de emisiones de óxido nitroso – 4D1b</i>	38
<i>Tabla N° 19. Datos de actividad para la estimación de emisiones de N₂O en aguas residuales domésticas</i>	38
<i>Tabla N° 20. Factores de emisión y conversión utilizados – 4D2b</i>	39
<i>Tabla N° 21. PCG utilizado para el Óxido Nitroso</i>	40
<i>Tabla N° 22. Hallazgos producto del proceso de control de calidad</i>	42
<i>Tabla N° 23. Hallazgos producto del proceso de garantía de calidad</i>	43
<i>Tabla N° 24. Acciones de mejora para futuros RAGEI</i>	44
<i>Tabla N° 25. Procedimientos generales de control de calidad</i>	49
<i>Tabla N° 26. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 4D1 – Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas</i>	51
<i>Tabla N° 27. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4.D Tratamiento y eliminación de aguas residuales</i>	52

Lista de Figuras

<i>Figura N° 1. Emisiones de la subcategoría 4D1 (Gg CO₂eq).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura N° 2. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas</i>	<i>17</i>
<i>Figura N° 3. Tipos de tratamiento y porcentaje de participación en el tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas - 2018.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura N° 4. Porcentaje de aguas residuales domésticas urbanas tratadas sobre el total recolectado urbano</i>	<i>29</i>
<i>Figura N° 5. Porcentaje de aguas residuales domésticas tratadas sobre el total recolectado luego del ajuste</i>	<i>30</i>
<i>Figura N° 6. Aguas residuales urbanas con tratamiento vs sin tratamiento (%)</i>	<i>31</i>
<i>Figura N° 7. Volumen de aguas residuales urbanas con tratamiento vs las recolectadas (m³).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura N° 8. Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas (habitantes)</i>	<i>33</i>
<i>Figura N° 9. Emisiones de metano generadas por el tratamiento de aguas residuales domésticas</i>	<i>36</i>
<i>Figura N° 10. Serie temporal de emisiones de aguas residuales domésticas (Gg CH₄) – 4D1a</i>	<i>37</i>
<i>Figura N° 11. Emisiones de óxido nitroso, 2016.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura N° 12. Serie temporal de emisiones de emisiones de óxido nitroso (Gg N₂O)– 4D1b</i>	<i>41</i>
<i>Figura N° 13. Emisiones de GEI de las aguas residuales domésticas (Gg CO₂eq)</i>	<i>41</i>

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Bo	Capacidad máxima de producción de metano
CH₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGAA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGCCD	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
ECAM	Evaluación y Monitoreo del Desempeño Energético y las Emisiones de Carbono (del inglés <i>The Energy Performance and Carbon Emissions Assessment and Monitoring</i>)
EF	Factor de emisión
FCM	Factor de corrección de metano (MFC en inglés, <i>Methane Correction Factor</i>)
EPS	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (del inglés <i>Food and Agriculture Organization</i>)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GL2006	Directrices 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>)
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INFOCARBONO	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (del inglés <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
MINAM	Ministerio del Ambiente
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
N₂O	Óxido nitroso
PCG	Potencial de Calentamiento Global (GWP en inglés, <i>Global Warming Potential</i>)
PMACC	Planes de mitigación y adaptación al cambio climático
PTAR	Plantas de tratamiento de aguas residuales
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
RAGEI 2016	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del año 2016
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SICAP	Sistema de Transferencia y Captura de Datos
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
WaCCliM	Empresas de Servicios de Agua y Saneamiento para la Mitigación del Cambio Climático (del inglés <i>The Water and Wastewater Companies for Climate Change</i>)

RESUMEN EJECUTIVO

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos, subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas 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 realizado durante el año 2020 con información disponible y evaluada hasta julio de ese mismo año.

El RAGEI 2016 presenta las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) generadas por las aguas residuales domésticas¹, 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 (CO₂eq), 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 60.24 Gg de CH₄ y 1.33 Gg de N₂O, que equivalen respectivamente a 1,265.11 Gg CO₂eq y 412.64 Gg CO₂eq. El resultado agregado de la estimación de las emisiones de la subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas equivale a 1,677.75 Gg CO₂eq.

Respecto a la evolución de las emisiones de GEI, se tiene que las emisiones del año 2016 aumentaron en aproximadamente en un 1.32% respecto al 2015 y en un 37.43 % respecto al año 1994. Desde el año 1994 al 2014, se evidencia una tendencia de generación de emisiones de GEI, que está relacionada al incremento poblacional y al porcentaje de tratamiento de aguas residuales volcadas a la red. Con la entrada en operación de emisores submarinos en Lima, el porcentaje nacional de tratamiento de aguas residuales reportado por la Sunass pasa de 32% en el 2012 a 66% en el 2016.

El presente RAGEI 2016 constituye un hito importante para el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) dado que presenta por primera vez, estimaciones de emisiones de GEI con las Directrices del IPCC de 2006, el cual contribuye a adelantarnos al cumplimiento del Marco Reforzado de Transparencia², 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.

¹ Aguas residuales domésticas y municipales.

² 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

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 Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) es la entidad encargada de la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Desechos, categoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales, subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas.

La Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del MVCS, en su calidad de punto focal de cambio climático a nivel sectorial, presenta el RAGEI 2016 del sector Desechos, subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas, 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 ACTUAL DEL SECTOR

Al año 2016, se tuvo que 16,745,426 millones contaban con el servicio de alcantarillado en zona urbana y 1,247,205 millones del ámbito rural posee servicio de disposición sanitaria de excretas³. La siguiente tabla presenta la información de cobertura nacional en los rubros de alcantarillado, volumen de aguas residuales domésticas recolectadas y el volumen total tratado.

Tabla N° 1 Cobertura en agua y alcantarillado en zona urbana y de disposición sanitaria de excretas– 2016

Año	Población urbana	Población con alcantarillado ⁴	Volumen total recolectado (m ³)	Volumen total tratado (m ³) ⁵
2016	24,152,123	16,745,426	1,029,792,314.00	685,213,771
Año	Población rural	Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas ⁶		
2016	7,336,502	1,247,205		

Fuente: Elaboración propia en base a información de SUNASS y el INEI (ver cuadros mostrados en la planilla de cálculo, hoja "IB 4D1a - Población y cobertura")

La brecha de cobertura y calidad se debe a⁷ 1) Insuficiente cobertura y calidad de servicios; 2) Deficiencia en la gestión de las inversiones; 3) Debilidad de la gestión de los prestadores; 4) Ausencia de estándares para la formulación de proyectos de saneamiento⁸; 5) Inadecuada articulación de los actores en los tres niveles de gobierno⁹; y, 6) Baja valoración de los servicios de saneamiento¹⁰.

De acuerdo con la Política Nacional de Saneamiento, al 2016, la Región Lima junto con la Provincia Constitucional del Callao concentra la mayor población urbana sin acceso al agua potable y alcantarillado (28.9 % y 25.3% respectivamente), mientras que, a nivel rural, la mayor población sin acceso al agua potable (407,234 habitantes) se encuentra en la región Puno y la mayor población sin acceso a los servicios de alcantarillado (752,454 habitantes) se encuentra en la región Cajamarca¹¹.

³ INEI (2018). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín: Perú Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 48. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf.

⁴ SUNASS (2018). Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Oficio Nro. 1011 - 2018/SUNASS-120.

⁵ SUNASS (2020). Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS. Volumen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD para los años 2010 - 2018. Archivo Excel INFO SUNASS 742020.

⁶ INEI (2018). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín: Perú Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 48. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf e INEI (2019). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 46 Disponible

⁷ Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, Política Nacional de Saneamiento, p.45-49.

⁸ Lo que incluye soluciones técnicas inadecuadas y sin criterios de sostenibilidad que devienen en infraestructura inoperativa o mal operada.

⁹ Lo que incluye "normatividad enfocada en el cumplimiento de los objetivos de cada institución (con sus propias prioridades y tiempos), sin una visión global y sin coordinación entre los diferentes actores, que ralentiza los procesos y merma notablemente la eficiencia y eficacia de estos."

¹⁰ "La percepción negativa de la gestión de las empresas y la poca valoración del agua potable y los servicios colaterales no contribuyen a mejorar los hábitos de pago de los usuarios y, como consecuencia de ello, no permiten cubrir los costos de operación, mantenimiento y ampliación de coberturas que se reflejan en retraso tarifario."

¹¹ Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, Política Nacional de Saneamiento, p.45.

A nivel urbano, son 50 empresas prestadoras¹² las que atienden al 62% de la población nacional¹³ en el 2016. La mayoría de las 50 empresas prestadoras no tienen desempeños satisfactorios y/o sostenibles¹⁴; cuentan con estados financieros negativos o de muy baja rentabilidad, dificultades para cubrir costos operativos, alta morosidad, problemas de economía de escala, gestiones politizadas, falta de modelos de Gobierno Corporativo¹⁵ agua no facturada¹⁶, falta de autorización de vertimiento y/o reúso, tecnologías insuficientes, falta de medidores de caudal entre otros. Esta problemática se ve también en el caso de pequeñas ciudades, donde las municipalidades, mediante la Unidad de Gestión Municipal o a través de un Operador, prestan los servicios de saneamiento. Esta situación, ha llevado a que al 2016, 11 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) se encuentran en Régimen de Apoyo Transitorio (RAT) y 1 en Régimen Concursal (RC), que ninguna tenga el 100% de cobertura de agua potable y 24 horas de servicio continuo, y que muy pocas tengan el mismo nivel de cobertura en agua potable y alcantarillado¹⁷.

En el 2014¹⁸, de las 253 localidades del ámbito de las EPS, 89 no contaban con tratamiento de aguas residuales, vertiendo los efluentes directamente en ríos, mar, pampas o drenes. De las localidades que si poseían infraestructura de tratamiento, se identificó que un 80% de las 204 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) trabajaban con altas restricciones técnicas, un 4% se encontraba paralizada y el restante 16% se encontraba en proceso de construcción. La mitad de las PTAR trabajaba con sobrecarga orgánica o hidráulica y que la remoción de lodos solo se dio en el 50% de los casos aplicables. Si bien se han desarrollado esfuerzos sectoriales, al 2016, aún existe una realidad operativa de las PTAR similar. En cuanto a nivel de tratamiento de aguas residuales, al 2016 se reporta que el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) trata un 79.85% del agua residual recolectada, las grandes empresas 51.28%, las medianas 31.88% y las pequeñas 3.66%¹⁹.

¹² 48 empresas eran públicas de propiedad municipal constituidas como sociedades anónimas, la Unidad Ejecutora 002: Servicios de Saneamiento Tumbes (Agua Tumbes) y una propiedad es del gobierno nacional.

Lima Metropolitana de propiedad del Gobierno Nacional; todas reguladas por SUNASS

¹³ Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA, Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021, p.42

¹⁴ Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, Política Nacional de Saneamiento, p.7

¹⁵ De acuerdo con el DS N° 018-2017-VIVIENDA ninguna cumple con los estándares propuestos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

¹⁶ De acuerdo con el DS N° 018-2017-VIVIENDA en su página 44, el agua no facturada va desde un 30% hasta más de un 50%.

¹⁷ Decreto Supremo N° 018-2017-VIVIENDA, Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021, p.40.

¹⁸ SUNASS (2015), "Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento".

¹⁹ Sunass (2017). Benchmarking Regulatorio de las EPS, datos 2016. Recuperado de: <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/3.-Benchmarking-regulatorio-de-las-EPS-datos-2016.pdf>

3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

3.1 Organización para la elaboración del RAGEI

La elaboración del RAGEI 2016 del sector Desechos, subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas está a cargo de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

3.2 Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

La información requerida para la estimación de emisiones se basa en información públicamente disponible, o en información remitida vía correo electrónico por los actores involucrados. Se ha utilizado información disponible en la página web de entidades o instituciones tales como Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Se solicitó información adicional a la SUNASS y al MVCS.

Desde el 2006 las EPS reportan información a la SUNASS en cumplimiento del Reglamento General de Supervisión, Fiscalización y Sanción de las EPS, la cual tiene carácter de Declaración Jurada. Para ello, se disponen de tres herramientas: (1) Sistema de Transferencia y Captura de Datos - SICAP (Sistema de Captura); (2) FTP (Protocolo de Transferencia de Información, del inglés *File Transfer Protocol*); (3) SIEPS (Sistema de Información de EPS). Cada EPS cuenta con el SICAP para el registro regular de información, la cual se descarga en un archivo DAT para su reporte a la SUNASS mediante el FTP. Finalmente, SUNASS procesa la información en el SIEPS para su respectivo archivo y análisis según sea requerido por los órganos competentes. Es esta información la que SUNASS publica y/o remite al MVCS para los fines pertinentes.

La DGAA del MVCS 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.

La DGAA viene consolidando un equipo de trabajo sectorial para abordar los temas de cambio climático, para, entre otros aspectos, trabajar en mejorar el flujo, cantidad y calidad de información que insuma los procesos de elaboración de los RAGEI. Para que la elaboración del RAGEI se convierta en un proceso continuo e institucionalizado, la DGAA contempla que es necesario continuar con el fortalecimiento de las capacidades internas para el correcto abordaje de todos los componentes del RAGEI en base a las directrices del IPCC, asegurando que las acciones de mejora y actualización permanezcan vigentes a través de cambios de gobierno y gestión. Los principales puntos para fortalecer las capacidades del equipo del MVCS, a la fecha de presentación del presente reporte son los relativos a: i) Interiorizar la metodología de estimación aplicada en base a las Directrices del IPCC de 2006 (presente transición realizada), ii) cuantificación de incertidumbre, incluyendo el manejo de grandes incertidumbres, iii) procesos para evaluar la incorporación de valores de juicios de experto válidos en el marco de las directrices del IPCC, iv) determinación de factores de emisión nacionales.

3.3 Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI

Para la elaboración del RAGEI 2016, la DGAA 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 5.3 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 5.3 del presente reporte.

4 METODOLOGÍA APLICADA

4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

El RAGEI del sector Desechos, categoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales, subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas, se elaboró aplicando la metodología que establece las Directrices del IPCC de 2006 en su totalidad.

Los gases estimados en el RAGEI 2016 son metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). La siguiente tabla describe las emisiones de GEI estimadas en el RAGEI 2016.

Tabla N° 2. Gases estimados en el RAGEI 2016

Codificación	Descripción	Categoría (Directrices del IPCC de 2006)	Gases GEI y precursores	GEI estimados RAGEI 2016
4	Desechos	Sector		
4D	Tratamiento y Eliminación de Aguas residuales	Categoría		
4D1	Tratamiento y Eliminación de Aguas residuales domésticas	Subcategoría	CH ₄ , N ₂ O, COVDM	CH ₄ , N ₂ O

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Nota: Las emisiones de COVDM no se han estimado porque las Directrices del IPCC de 2006 no brindan metodologías para su estimación, además no hay constancia de que la emisión de COVDM ocurra en todos los tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas²⁰

La siguiente tabla muestra la categoría y subcategorías relacionadas al presente RAGEI. A pesar de que no se han realizado modificaciones a las categorías propuestas en las Directrices del IPCC de 2006, la subcategoría 4D1 se ha subdividido en dos categorías de tercer orden, a fin de visualizar las emisiones de metano y las emisiones de óxido nitroso por separado.

Tabla N° 3. Categoría y subcategorías para fines del RAGEI 2016

Codificación	Nombre	Comentarios
4	Desechos	Nombre original de la categoría IPCC
4D	Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales	Nombre original de la categoría IPCC
4D1	Tratamiento y Eliminación de Aguas residuales domésticas	Nombre original de la categoría IPCC
4D1a	Emisiones de metano	Desagregación propuesta para precisar los cálculos de metano en el RAGEI
4D1b	Emisiones de óxido nitroso	Desagregación propuesta para precisar los cálculos de óxido nitroso en el RAGEI

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

²⁰ EMEP 2019, Capítulo 5, Categoría 5D, Página 6. Disponible en:
<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-d-wastewater-handling/view>

4.2 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 han aplicado las siguientes técnicas de empalme:

- **Interpolación**²¹: 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.
- **Datos subrogados**²²: se utiliza para simular una tendencia cuando no existe una clara, relacionando los datos a estimar con el dato subyacente o el inmediato disponible. Para el caso de aguas residuales domésticas se puede utilizar a la población como proxi.

²¹ 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

²² Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.2 Pág. 5.10. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

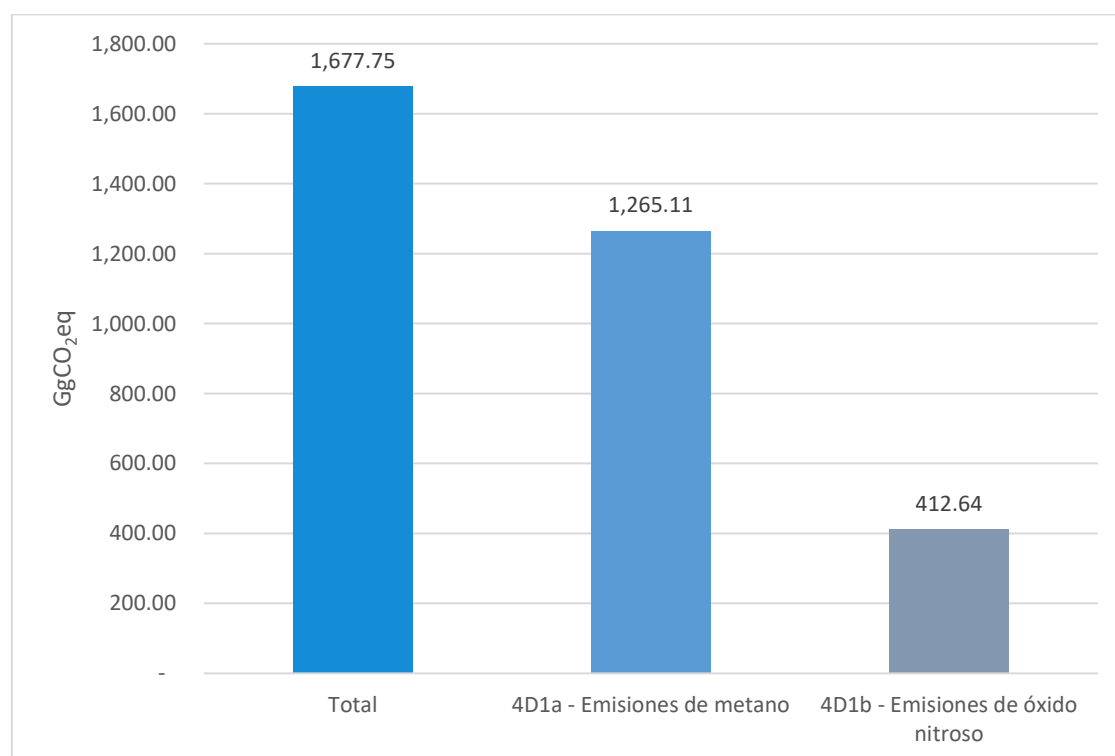
5 RESULTADO SUBCATEGORÍA TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, la subcategoría 4D1 “Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas”, pertenece a la categoría denominada “Tratamiento y Eliminación de aguas residuales” (4D) del sector Desechos (4).

A fin de facilitar la interpretación de los resultados del presente RAGEI, la subcategoría 4D1 se ha subdividido en dos categorías de tercer orden: 4D1a y 4D1b, en relación con el tipo de GEI generado, metano y óxido nítrico respectivamente.

Las emisiones del año 2016, presentadas en la siguiente figura se han estimado en 60.24 Gg de CH₄ y 1.33 Gg de N₂O, que equivalen respectivamente a 1,265.11 Gg CO₂eq y 412.64 Gg CO₂eq. El resultado agregado de la estimación de las emisiones de la subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas equivale a 1,677.75 Gg CO₂eq.

Figura N° 1. Emisiones de la subcategoría 4D1 (Gg CO₂eq)



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Tabla N° 4. Resultados de las estimaciones de emisiones de la Sub-Categoría 4D1

Categorías	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM	SO ₂	(*) GgCO ₂ eq
	(Gg)							
4 DESECHOS								
4A Eliminación de Desechos Sólidos								
4B Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos								
4C Incineración e incineración abierta de desechos sólidos								
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales								
4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		60.24	1.33	NA	NA	NA	NA	1,677.75
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales								

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

NA: No Aplica

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

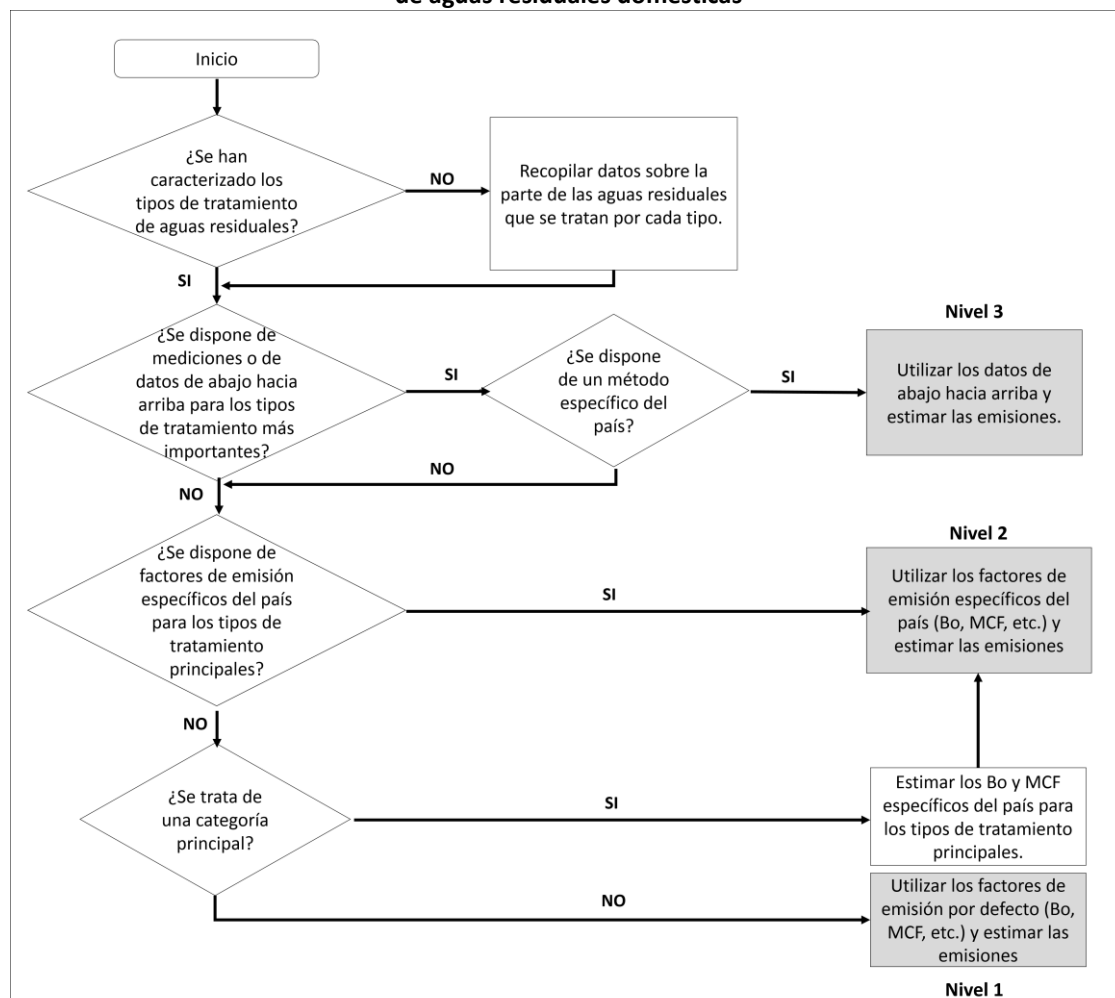
5.1 Fuente 4D1a: Emisiones de metano CH₄

A continuación, se detalla la metodología aplicada para la estimación de emisiones de metano (4D1a).

5.1.1 Método de cálculo

La siguiente figura presenta el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas establecido en las Directrices del IPCC de 2006. El método de cálculo fue seleccionado en base a la información disponible para esta subcategoría.

Figura N° 2. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Pág. 6.10

Nota: 1. Para un análisis de las categorías principales y el uso de los árboles de decisión, Véase el Volumen 1 Capítulo 4. Opción metodológica e identificación de categorías principales (considérese la Sección 4.1.2 sobre recursos limitados).

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

- Se cuenta con información sobre los tipos de tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas a nivel nacional.
- No existe información específica de cada planta de tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas para la estimación de las emisiones de GEI, principalmente el volumen de agua tratado por cada tipo de tratamiento. Sin embargo, SUNASS, mediante juicio de experto, aproximó la cantidad de aguas residuales tratadas por tipo de tratamiento a nivel nacional.
- No se dispone de factores de emisión específicos para cada tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas en el país.
- Las emisiones de esta categoría son consideradas principales en el INGEI 2014. Sin embargo, no existen actualmente valores de Bo y MCF específicos del país para los tipos de tratamiento principales.

Por lo anterior, el árbol de decisiones sugiere estimar las emisiones de metano procedentes del tratamiento y eliminación de las aguas residuales domésticas aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Los pasos para aplicar el método del Nivel 1 se detalla a continuación:

Paso 1: Estimación el contenido total de carbono orgánico degradable (TOW por sus siglas en inglés) en las aguas residuales domésticas

Para estimar el TOW en las aguas residuales domésticas se aplicó la Ecuación 6.3 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación 6.3. Materia orgánica degradable total en aguas residuales domésticas

$$TOW = P \times DBO \times 0.001 \times I \times 365$$

Donde:

- TOW = Total de materia orgánica en las aguas residuales domésticas del año del inventario (kg DBO/año)
- P = Población nacional en el año del inventario (personas)
- DBO = DBO per cápita específico del país en el año del inventario. (g/persona/día)
- 0.0001 = Conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO
- I = Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en el alcantarillado. (Si es recolectado el valor por defecto es 1.25, si no es recolectado el valor por defecto es 1.00)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.3. Pág. 6.14.

Respecto al factor de corrección para DBO industrial, a solicitud del Minam, se utiliza el valor por defecto de 1 dado que las emisiones del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales serán estimadas en la subcategoría 4D2 bajo el supuesto de que todas las industrias tienen tratamiento in situ de sus aguas residuales industriales. Tomando en cuenta este supuesto aplicado para el cálculo del INGEI para la subcategoría 4D2, el factor de ajuste "I" de la Ecuación 6.3 de las Directrices del IPCC de 2006 en el presente reporte, debe ser fijado en 1 para evitar la doble contabilidad de las emisiones en la Categoría 4D.²³

Para el caso de la población, las Directrices del IPCC de 2006 insta a utilizar el total de población tanto urbana como rural.

Las Directrices del IPCC de 2006 proponen valores por defecto para DBO per cápita nacional. Sin embargo, el país posee un valor de DBO nacional tomado del Reglamento Nacional de Edificaciones, Decreto Supremo Nro. 011-2006-Vivienda. Norma OS.090, Plantas de tratamiento de Aguas Residuales, cap. 4.3, Art. 4.3.6, p. donde se indica un valor per cápita de DBO para aguas residuales domésticas de 50 g/hab.día, el cual es aplicado como valor promedio nacional para las estimaciones en el presente RAGEI

²³ El supuesto para la subcategoría (Tratamiento y Eliminación de aguas residuales industriales) se realizó pese a que no se conoce la cantidad de industrias que poseen plantas de tratamiento in situ para facilitar la mejora futura del inventario, ya que el MINAM desea fomentar de esta forma la obtención de información por parte de las diferentes industrias. Asimismo, es importante mencionar que existen valores máximos admisibles para los efluentes industriales en el alcantarillado, para evitar la afectación de los procesos.

Paso 2: Elegir los tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas según los datos de actividad del país y estimar el factor de emisión para cada tipo de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas.

Para estimar el factor de emisión de los tipos de tratamiento de las aguas residuales domésticas, en primer lugar, se obtiene la información sobre los tipos de tratamiento a nivel nacional para luego ser clasificados de acuerdo con la Cuadro 6.3, pág. 13 de las Directrices del IPCC de 2006 y de ese modo obtener el Factor de Corrección de Metano (FCM).

Los valores por defecto de FCM para cada tipo de tratamiento dado por las Directrices del IPCC de 2006 son los siguientes:

Tabla N° 5. Valores de FCM por defecto para los tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas

Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	Comentarios	MCF	Intervalo
Sistema sin tratamiento			
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con alto contenido de sustancias orgánicas pueden volverse anaeróbicos.	0.1	0 – 0.2
Cloaca estancada	Abierta y caliente.	0.5	0.4 – 0.8
Cloaca en movimiento (abierta o cerrada).	Correntosa, limpia. (cantidades insignificantes de CH ₄ desde las estaciones de bombeo, etc.)	0	0
Sistema con tratamiento			
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Debe ser bien operada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0.1
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Gestión deficiente. Sobrecargada.	0.3	0.2 – 0.4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0.8	0.8 – 1.0
Reactor anaeróbico	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0.8	0.8 – 1.0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros: recurrir al dictamen de expertos.	0.2	0 – 0.3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros.	0.8	0.8 – 1.0
Sistema séptico	La mitad del DBO se decanta en tanques anaeróbicos.	0.5	0.5
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)	0.1	0.05 – 0.15
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, uso comunitario (muchos usuarios)	0.5	0.4 – 0.6
Letrina	Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina	0.7	0.7 – 1.0
Letrina	Extracción frecuente de sedimentos para abono	0.1	0.1

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Cuadro 6.3. Pág. 6.13.

El cálculo del factor de emisión para cada tipo de tratamiento y de eliminación de las aguas residuales domésticas se determina en función a la capacidad máxima de producción de metano y del FCM de cada tipo de tratamiento o eliminación como se muestra en la ecuación 6.2 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación 6.2. Factor de emisión de CH₄ para cada tipo de tratamiento o eliminación de aguas residuales domésticas

$$EF_j = B_o \times FCM_j$$

Donde:

- EF = Factor de emisión (kg CH₄/kg de DBO)
- j = Tipo de tratamiento o eliminación de aguas residuales domésticas
- B_o = Capacidad máxima de producción de CH₄ (kg de CH₄/ kgDBO)
- FCM_j = Factor de corrección de metano (fracción)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.2. Pág. 6.12.

Las Directrices del IPCC de 2006 instan a los países a utilizar su propio valor de capacidad máxima de producción de CH₄ como una buena práctica. Sin embargo, dado que el país no cuenta con un valor propio, para la presente estimación se utiliza el valor por defecto dado por las Directrices del IPCC de 2006 para las aguas residuales domésticas B_o = 0.6 kg de CH₄/kg de DBO.

Paso 3: Estimación de emisiones netas de metano de aguas residuales domésticas

Para estimar las emisiones netas de metano de aguas residuales domésticas, las Directrices del IPCC de 2006 proponen la ecuación 6.1.

Ecuación 6.1. Emisiones netas de metano proveniente de las aguas residuales domésticas

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_{ij} (U_i \times T_{ij} \times EF_j) \right] \times (TOW - S) - R$$

Donde:

- U_i = Fracción de la población del grupo de ingresos i en el año de inventario
- T_{i,j} = Grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación j, para cada fracción de grupo de ingresos i en el año del inventario
- EF_j = Factor de emisión, kgCH₄/kgDBO
- TOW = Total de materia orgánica en las aguas residuales domésticas del año del inventario (kg DBO/año)
- S = Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg.DBO/año
- R = Cantidad de CH₄ recuperada durante el año del inventario, kgCH₄/año

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.1, Pág. 6.11

El TOW, a su vez, se calcula utilizando la ecuación 6.3 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación 6.3. Estimación del total de materia orgánica en aguas residuales domésticas

$$TOW = P \cdot DBO \cdot 0,001 \cdot I \cdot 365$$

Donde:

- TOW = Total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de DBO/año
- P = población del país en el año del inventario, (personas)
- EFj = Factor de emisión, kgCH₄/kgDBO
- BOD = DBO per cápita específico del país en el año del inventario
- 0,001 = Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas
- I = Cantidad de CH₄ recuperada durante el año del inventario, kgCH₄/año

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.3, Pág. 6.14

Las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (IPCC, 1997) incluía ecuaciones diferentes para la estimación de las emisiones provenientes de las aguas residuales y de los lodos separados de ellas. Esta distinción se ha eliminado en las Directrices del IPCC de 2006 porque las capacidades de generación de CH₄ de los lodos y de las aguas residuales con sustancias orgánicas disueltas son generalmente las mismas y no requieren de ecuaciones diferentes. Cuando la información sobre lodos se encuentra disponible, se utiliza para mejorar la estimación, ya que parte de los lodos se mandan a rellenos sanitarios u otros destinos susceptibles de estimación en el marco de las Directrices del IPCC de 2006.

Asimismo, las Directrices del IPCC de 2006 permiten considerar la recuperación de CH₄. En el presente RAGEI se asume una recuperación cero, sujeto a precisar la serie temporal en el siguiente ciclo de elaboración de RAGEI.

Finalmente, las Directrices del IPCC de 2006 sugieren diferenciar poblaciones ya que pueden existir variaciones en la descarga y tratamiento de aguas. En el Perú no existe información que evidencie diferencias en el tratamiento de aguas residuales asociadas al nivel de renta en el ámbito urbano. Por este motivo, los parámetros utilizados para zonas urbanas (ya sean de alto o bajo ingreso²⁴) son los mismos. Así, las estimaciones realizadas para obtener emisiones de CH₄ sólo diferencian entre zona urbana y rural.

5.1.2 Datos de actividad

Los datos de actividad se detallan en la siguiente tabla:

²⁴ Clasificación de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla N° 6. Datos nacionales utilizados en la estimación de emisiones de metano del año 2016 – 4D1a

Fuente de emisión	Definición IPCC	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	TIER/ Nivel	Fuente de Información	Uso de la información
Desechos							
Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales							
Tratamiento y Eliminación de Aguas residuales domésticas							
Emisiones de metano	Emisiones de CH ₄ generadas por el tratamiento y eliminación de agua residual doméstica en condiciones anaeróbicas.	Población humana	Población total, urbana y rural	personas	1	INEI 2001 - Perú: Estimaciones y proyecciones de población - Urbana y Rural 1950 - 2050. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0466/Libro.pdf INEI - Series Nacionales. Disponible en http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/ 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 http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm	Base para la estimación del total recolectado de aguas residuales tratadas
			Población con alcantarillado	personas	1	SUNASS (2018). Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Oficio Nro. 1011 - 2018/SUNASS-120. Información para la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero 2016. Población con alcantarillado para los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016 SUNASS 2015, 2017 y 2018. Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras. Población con alcantarillado para los años 2015, 2017 y 2018.	
			Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas	personas	1	INEI (2018). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín: Perú Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 48. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf INEI (2019). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 46 Disponible en http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_saneamiento2019.pdf INEI (2020). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín: Perú Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 47. Disponible en http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf	
		DBO por persona	DBO ₅	g/hab.día	1	MVCS (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, Decreto Supremo Nro. 011-2006-Vivienda. Norma OS.090, Plantas de tratamiento de Aguas Residuales, cap. 4.3, Art. 4.3.6, p.	
		Fracción del grupo de ingresos de la población (U)	NE				

Fuente de emisión	Definición IPCC	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	TIER/ Nivel	Fuente de Información	Uso de la información
		Grado de utilización del sistema de tratamiento y/o eliminación (Ti,j)	Aguas residuales domésticas tratadas y eliminadas por tipo de tratamiento	-	1	MVCS (2020). Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 - 2020, Disponible en el archivo "Sistemas de eliminación de excretas - Vivienda 2018 - 2020. xls"	Uso para estimación del FCM por tecnología de tratamiento asociada a las presentadas por las Directrices del IPCC de 2006.
				-	1	(SUNASS (2020). Tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas del 2000 al 2008. Disponible en el archivo "Info SUNASS 742020.xls"	
				-	1	SUNASS (2020) Juicio de experto, sobre la distribución del porcentaje de aguas residuales domésticas tratadas por tipos de tratamiento del año 2000 al 2018. Disponible en el archivo "ARD tratadas por tipo de Tec PTAR 2020.xls"	
				m³	1	SUNASS (2018). Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Oficio Nro. 1011 - 2018/SUNASS-120. Información para la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero 2016. Volumen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD para los años 2000 y 2005	
				m³	1	SUNASS (2020). Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS. Volumen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD para los años 2010 - 2018. Archivo Excel INFO SUNASS 742020.xls	
		Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)	-	1	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.3, pág. 6.14.	Usado para estimar el contenido orgánico degradable en el agua - DBO
		Sistema de tratamiento de los lodos empleados para las aguas residuales domésticas	NE				
		Fración de los lodos tratados por el sistema de tratamiento (%)	NE				
		Metano Recuperado y/o quemado en antorcha (kg de CH ₄)	NO				

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS)

NE: No estimado

NO: No ocurre

Población total, urbana y rural

Con el objetivo de cumplir con lo establecido en las Directrices del IPCC de 2006 donde se insta a la estimación de las emisiones teniendo en cuenta la población total nacional, se ha obtenido datos de población de la siguiente manera:

Tabla N° 7. Fuente de información y supuestos utilizados para la población urbana y rural en la serie temporal 1994 – 2016

Población	Fuente de información y supuestos utilizados
Población de 1994 a 1999	Total. INEI – 2001. Perú: Estimaciones y proyecciones de población Urbana y Rural 1950 – 2050 por sexo y edades Quinquenales, Según Departamento, 2000 – 2015 – Boletín Especial N°19. Disponible en http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm Urbana y Rural. Dado que no se obtuvo estos datos de fuente primaria, se estimaron estos datos utilizando la técnica de datos subrogados tomando como proxy la población total, urbana y rural del año más reciente disponible, en este caso el año 2000. Se asumió que el ratio población urbana/población total y el ratio de población rural/población total de dicho año es el mismo para los años anteriores.
Población de 2000 al 2016	Total 2000 al 2016 y urbana y rural 2000 al 2015 . INEI – Series Nacionales. Disponible en http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/ Urbana y rural 2016. Dado que no se obtuvo estos datos de fuente primaria, se estimó utilizando la técnica de interpolación entre los años 2015 y 2020 para los cuales se contó con información primaria del INEI sobre población rural y urbana.

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS)

Sistemas de descarga, tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

En línea con las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones de metano en el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas incluyen las emisiones generadas en todos los tipos de descargas y tipos de tratamientos llevados a cabo en el país. El factor de emisión aplicado a cada tipo de descarga y tratamiento es específico, como se describe en la sección 5.1.3.

La siguiente tabla muestra la distribución por tipo de descarga y tratamiento considerada en las estimaciones de aguas residuales domésticas según la clasificación de las Directrices del IPCC de 2006.

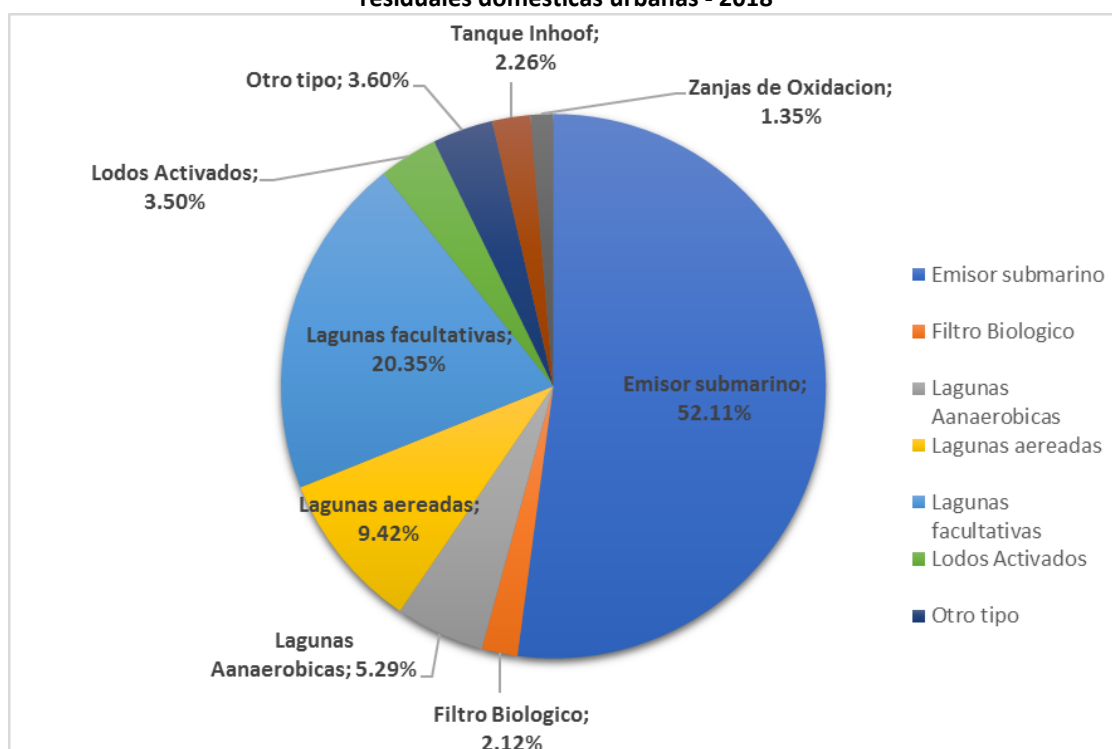
Tabla N° 8. Grado de utilización por tipo de descarga y tratamiento

Año	Rio, mar	Zonas Urbanas			Zona Rural					
		Planta de tratamiento centralizado aeróbico – mal operada	Laguna anaeróbica profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)	Laguna anaeróbica poco profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)	Sistema séptico	Letrina – clima húmedo, sin extracción de sedimentos	Letrina – clima húmedo, con extracción de sedimentos	Planta de tratamiento centralizado aeróbico – gestión deficiente	Cloaca en movimiento	Río, lago, mar
1994	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
1995	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
1996	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
1997	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
1998	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
1999	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2000	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2001	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2002	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2003	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2004	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2005	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2006	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2007	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2008	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2009	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2010	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2011	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2012	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2013	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2014	0.00%	14.55%	23.28%	62.16%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2015	52.11%	6.97%	11.15%	29.77%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%
2016	52.11%	6.97%	11.15%	29.77%	1.46%	1.29%	0.05%	2.69%	1.49%	93.02%

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS) en base a los supuestos e información recogida en el proceso de elaboración del RAGEI.

Con respecto a los tipos de tratamientos llevados a cabo en PTAR, y su porcentaje de participación en el tratamiento de las aguas residuales domésticas urbanas a nivel nacional, la información asociada al año 2018 fue proporcionada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Esta información se detalla a continuación:

Figura N° 3. Tipos de tratamiento y porcentaje de participación en el tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas - 2018



Fuente: Respuestas del cuestionario enviado a SUNASS. Archivo "Cuestionario Aguas Residuales – Respuesta SUNASS.docx"

Si bien la información mostrada en la Figura N° 3 corresponde al año 2018, de acuerdo con la SUNASS, en ausencia de información adicional, esta información podría ser utilizada para la estimación de emisiones en el periodo 2015 – 2016. Para poder realizar una estimación de la serie temporal, en los años previos al 2015, se utilizaron los mismos porcentajes de distribución de uso de las tecnologías, sin considerar el volumen de agua que se deriva a emisores submarinos.

En base a esta información se construyó la Tabla N° 9, que muestra la participación de las tecnologías de tratamiento para los años 1994 – 2016.

Tabla N° 9. Fracción de aguas residuales domésticas urbanas tratadas por tipo de tratamiento nacional

Año	Emisor submarino	Lagunas facultativas	Lagunas aireadas	Lagunas anaerobias	Lodos activados	Tanque Imhoff	Filtro biológico	Zanjas de oxidación	Otros
1994	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
1995	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
1996	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
1997	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
1998	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
1999	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2000	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2001	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2002	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2003	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2004	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2005	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2006	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2007	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2008	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2009	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2010	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2011	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2012	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2013	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2014	0.00%	42.49%	19.67%	11.05%	7.31%	5.43%	4.43%	2.82%	6.81%
2015	52.11%	20.35%	9.42%	5.29%	3.50%	2.60%	2.12%	1.35%	3.26%
2016	52.11%	20.35%	9.42%	5.29%	3.50%	2.60%	2.12%	1.35%	3.26%

Otros: Agrupa a los tratamientos con macrófitas y a aquellas PTAR que reportaron sin tipo de tratamiento específico

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS) en base a información suministrada y supuestos de estimación.

De otro lado, para conocer los tipos de disposición sanitaria de excretas en la zona rural se solicitó información a la Oficina General de Estadística e Informática del MVCS en base a lo registrado en el Datass, proporcionando el porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural para los años 2018, 2019 y 2020²⁵.

Tabla N° 10. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural

Año	Con eliminación de excretas	Con Sistema Alcantarillado Con PTAR	Con Sistema Alcantarillado Sin PTAR	Con UBS Tanque Séptico	Con UBS Tanque Séptico Mejorado	Con UBS Compostera Doble Cámara	Con UBS Compostaje Continuo	Con Hoyo Seco Ventilado	Otro	Sin eliminación de excretas
2018	37.8%	13.9%	7.7%	4.5%	3.0%	0.8%	0.2%	5.9%	1.8%	62.2%
2019	48.1%	19.3%	10.8%	5.0%	3.9%	1.1%	0.3%	5.4%	2.4%	51.9%
2020/parcial	42.3%	16.0%	8.0%	5.1%	4.1%	1.1%	0.3%	5.4%	2.5%	57.7%

Fuente: MVCS (2020). Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 – 2020, Disponible en el archivo “Sistemas de eliminación de excretas – Vivienda 2018 – 2020. xls”

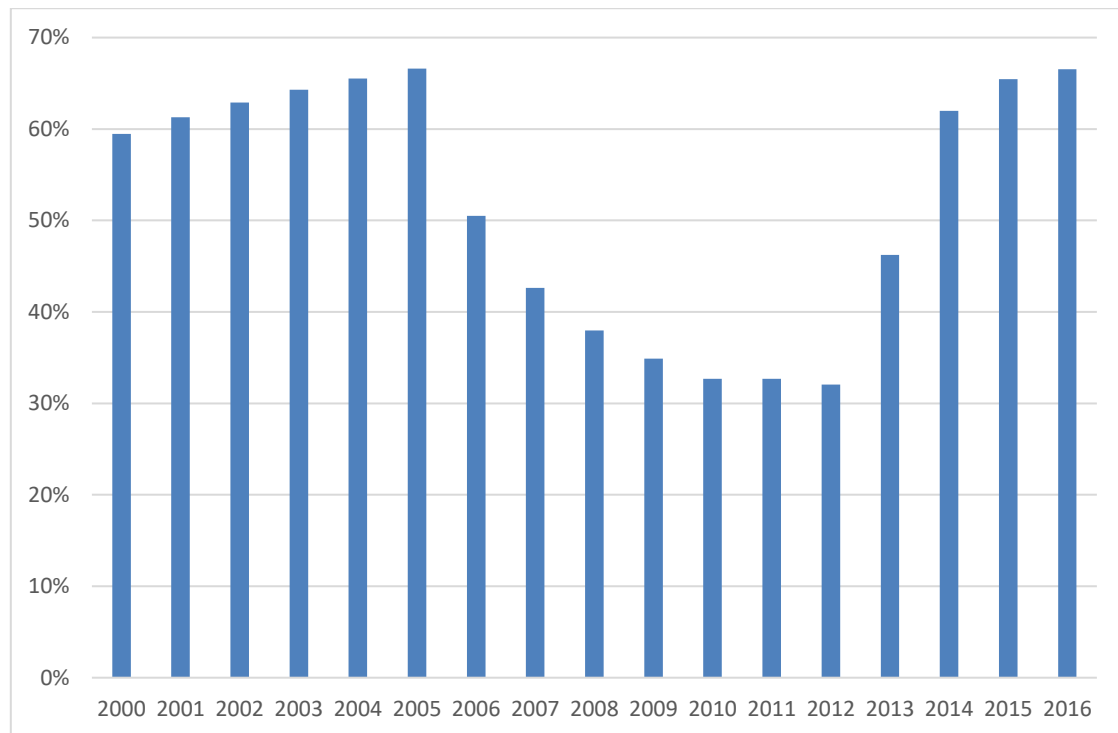
Para la estimación de emisiones del RAGEI, se aplica la información del año más reciente y disponible correspondiente al año 2018. En este sentido, los porcentajes de disposición sanitaria de excretas del año 2018 se han mantenido constantes para toda la serie temporal, como supuesto simplificador que permita estimar valores aproximados atribuibles a la población rural con cobertura de disposición sanitaria de excretas

²⁵ Información parcial del 2020, toda vez que el proceso de estimación del RAGEI por parte del MVCS culminó en julio de 2020.

Relación del tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas con los volúmenes recolectados

En base al uso directo la información histórica proporcionada para la elaboración del RAGEI, se identifica que la evolución del porcentaje de aguas residuales domésticas tratadas sobre el volumen total recolectado del periodo 2000 al 2016, no refleja la realidad del sector saneamiento, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 4. Porcentaje de aguas residuales domésticas urbanas tratadas sobre el total recolectado urbano



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

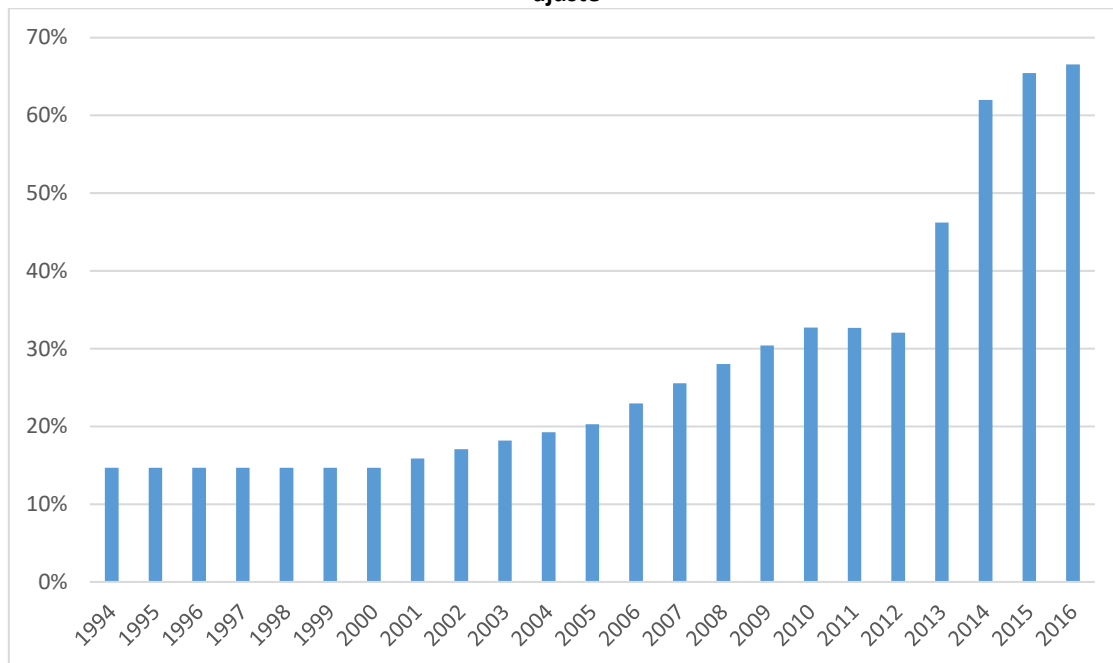
Este comportamiento se explica en base a que durante el periodo 2000 – 2009, SUNASS registró información sobre el volumen de agua residual volcada a las redes de alcantarillado y el porcentaje de tratamiento de que no abarcaba la totalidad de las EPS. Para el año 2010 se registró un incremento significativo de la cobertura de reporte de las EPS dada la implementación del Sistema de Captura de Datos para EPS (SICAP).

Ante los resultados obtenidos, y siguiendo las orientaciones de las Directrices del IPCC de 2006 y del Minam, se procede a aplicar técnicas de empalme con el fin de que la información se presente de forma consistente y coherente. El ajuste se desarrolla aplicando el siguiente supuesto:

Supuesto: Para estimar los valores reales de ratio de aguas residuales domésticas tratadas sobre el total recolectado de los años 1994 al 2009, se ha utilizado la técnica de datos subrogados. Tomado a la población como proxy, se asume que el ratio volumen recolectado/población de dichos años es igual que en el año 2010, dado que es el año más cercano con información completa.

Los porcentajes de aguas residuales domésticas tratadas sobre el total recolectado resultantes de la aplicación del supuesto antes mencionado, se muestran en la siguiente figura:

Figura N° 5. Porcentaje de aguas residuales domésticas tratadas sobre el total recolectado luego del ajuste



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

El ajuste aplicado asegura la consistencia de las variables de actividad intermedias en el marco de las Directrices del IPCC de 2006, tales como volumen total recolectado, volumen total tratado y aguas tratadas sobre el total recolectado. Las siguientes tablas y figuras muestran la consistencia lograda en la serie:

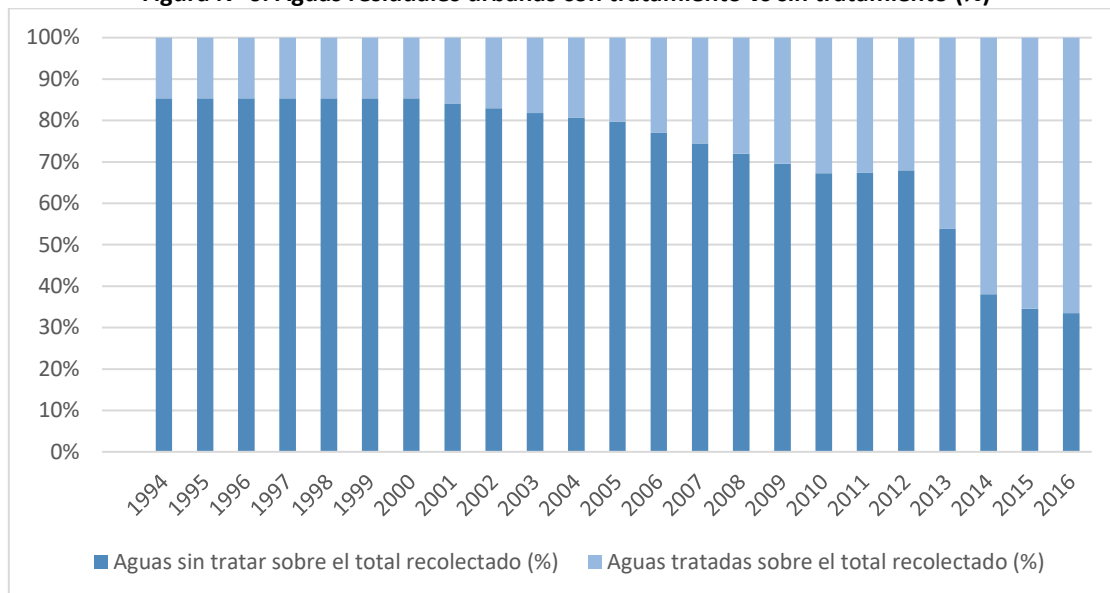
Tabla N° 11. Fracción de aguas residuales urbanas recolectadas con tratamiento y sin tratamiento

Año	Aguas sin tratar sobre el total recolectado (%)	Aguas tratadas sobre el total recolectado (%)
1994	85%	15%
1995	85%	15%
1996	85%	15%
1997	85%	15%
1998	85%	15%
1999	85%	15%
2000	85%	15%
2001	84%	16%
2002	83%	17%
2003	82%	18%
2004	81%	19%
2005	80%	20%
2006	77%	23%
2007	74%	26%
2008	72%	28%
2009	70%	30%
2010	67%	33%
2011	67%	33%
2012	68%	32%
2013	54%	46%

Año	Aguas sin tratar sobre el total recolectado (%)	Aguas tratadas sobre el total recolectado (%)
2014	38%	62%
2015	35%	65%
2016	33%	67%

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Figura N° 6. Aguas residuales urbanas con tratamiento vs sin tratamiento (%)



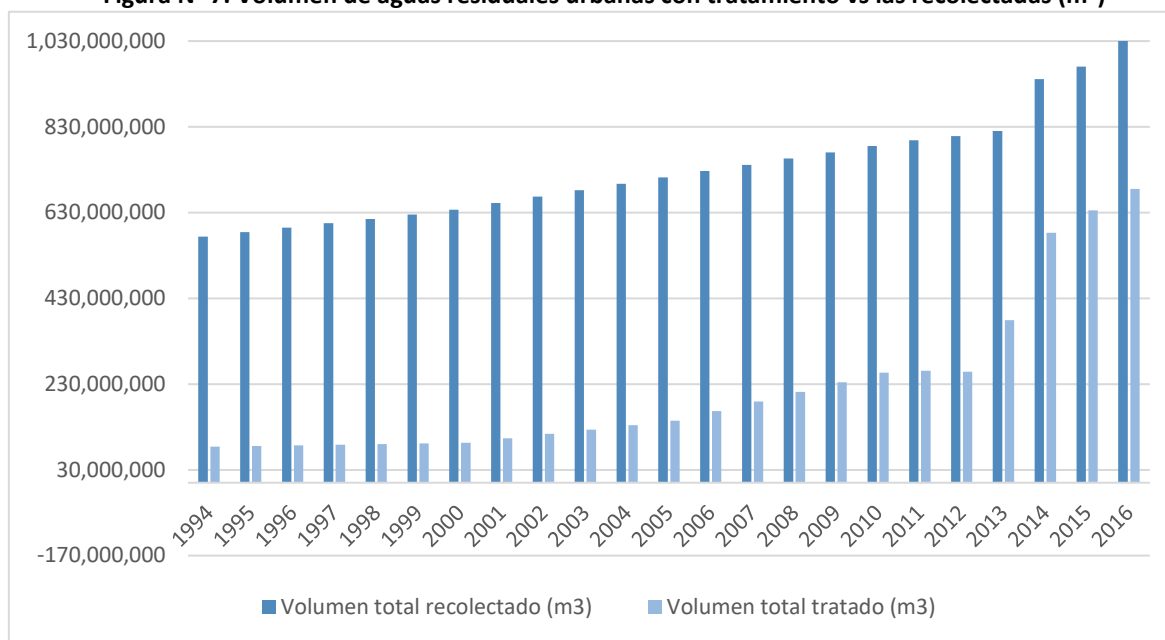
Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Tabla N° 12. Volumen de aguas residuales urbanas recolectadas y tratadas (m³)

Año	Volumen total recolectado (m³)	Volumen total tratado (m³)
1994	574,048,460.26	84,194,569
1995	584,230,978.98	85,688,019
1996	594,544,697.34	87,200,712
1997	604,921,405.25	88,722,643
1998	615,294,608.30	90,244,061
1999	625,596,880.70	91,755,075
2000	636,846,153.25	93,404,984
2001	652,177,454.22	103,632,805
2002	667,364,406.29	113,860,626
2003	682,429,657.36	124,088,446
2004	697,396,467.45	134,316,267
2005	712,289,572.82	144,544,088
2006	727,012,872.89	166,983,076
2007	741,533,530.01	189,422,065
2008	755,975,585.57	211,861,053
2009	770,468,913.97	234,300,042
2010	785,145,586.00	256,739,030
2011	798,539,655.00	260,916,866
2012	808,435,500.00	259,097,519
2013	819,980,007.00	379,001,508
2014	940,892,829.00	583,140,493
2015	970,558,170.00	635,110,459
2016	1,029,792,314.00	685,213,771

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Figura N° 7. Volumen de aguas residuales urbanas con tratamiento vs las recolectadas (m³)



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

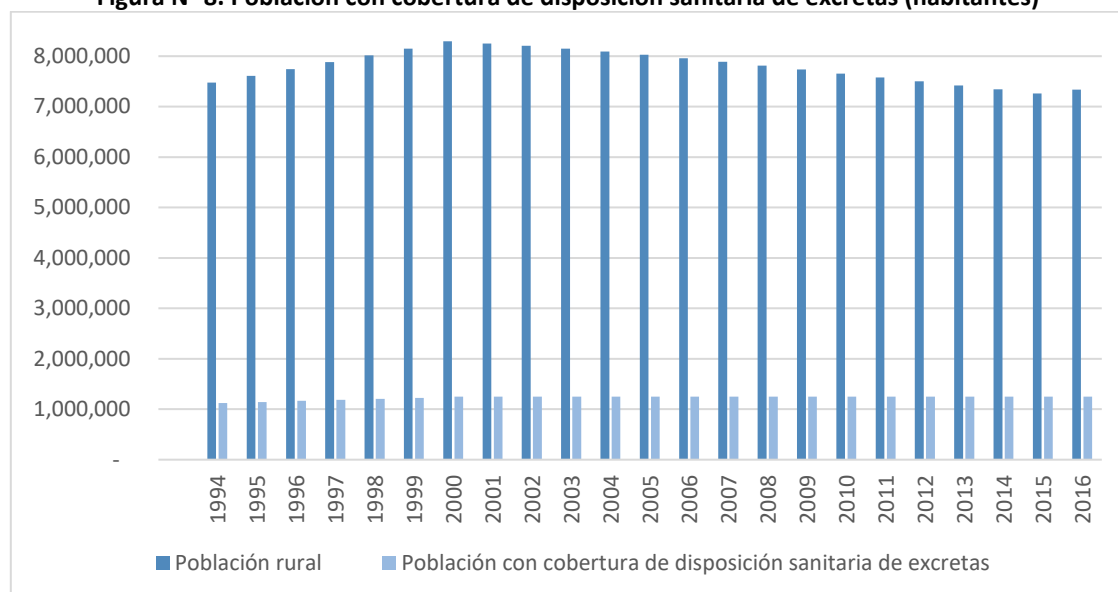
Para la zona rural, la estimación de la evolución temporal del perfil de gestión de aguas residuales domésticas no se ha podido realizar dado que la información es más limitada. Por este motivo, la serie histórica aparece con un mayor aplanamiento, como se puede ver en la siguiente tabla y figura.

Tabla N° 13. Población rural con cobertura de disposición sanitaria de excretas

Año	Población rural	Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas
1994	7,478,376	1,124,222
1995	7,611,028	1,144,163
1996	7,745,390	1,164,362
1997	7,880,572	1,184,684
1998	8,015,708	1,204,999
1999	8,149,920	1,225,175
2000	8,296,469	1,247,205
2001	8,253,618	1,247,205
2002	8,204,677	1,247,205
2003	8,150,348	1,247,205
2004	8,091,291	1,247,205
2005	8,028,132	1,247,205
2006	7,960,125	1,247,205
2007	7,887,301	1,247,205
2008	7,811,335	1,247,205
2009	7,733,791	1,247,205
2010	7,656,096	1,247,205
2011	7,578,493	1,247,205
2012	7,500,133	1,247,205
2013	7,420,750	1,247,205
2014	7,340,106	1,247,205
2015	7,257,989	1,247,205
2016	7,336,502	1,247,205

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Figura N° 8. Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas (habitantes)



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

5.1.3 Factores de emisión y de conversión

Para la estimación de las emisiones de metano, se requiere utilizar un factor de emisión específico para cada vía o sistema de tratamiento y eliminación utilizado en el país, clasificados según los que establecen las Directrices del IPCC de 2006.

Es por ello, que se realizó la correspondencia de los tipos de descarga y tratamientos de las aguas residuales domésticas y la disposición sanitaria de excretas nacionales con la clasificación establecida en las Directrices del IPCC de 2006.

La correspondencia que se muestra en la Tabla N° 14, se realizó en base a los tipos de tratamiento proporcionados por la SUNASS y al juicio experto del revisor de inventarios nacionales del sector Desechos, Juan Martín Ortega, quien tomó en consideración los supuestos aplicados en inventarios de otros países. Esta correspondencia la realizó en coordinación con representantes de SUNASS y presentada en las sesiones de trabajo sectorial.

Tabla N° 14. Correspondencia de la clasificación nacional a nivel urbano con las vías y sistemas de tratamiento y eliminación de las Directrices del IPCC de 2006

Clasificación Nacional - urbano	Correspondencia con las Directrices del IPCC de 2006
Aguas sin recolectar	Río, lago, mar
Aguas recolectadas sin tratar	Se utiliza una media de los valores proporcionados para cloacas estancadas y cloacas con aguas en movimiento
Emisor submarino	Río, lago, mar
Lagunas facultativas	Laguna anaeróbica poco profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)
Lagunas aireadas	Laguna anaeróbica poco profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)
Lagunas anaerobias	Laguna anaeróbica profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)
Lodos activados	Planta de tratamiento centralizado aeróbico – mal operada
Tanque Imhoff	Laguna anaeróbica profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)
Filtro biológico	Planta de tratamiento centralizado aeróbico – mal operada
Zanjas de oxidación	Planta de tratamiento centralizado aeróbico – mal operada

Otros

Laguna anaeróbica profunda (y otros tratamientos anaeróbicos de similar FCM)

Fuente: Elaboración propia (DGAA – MVCS)

Tabla N° 15. Correspondencia de la disposición sanitaria de excretas en las zonas rurales con los sistemas de eliminación de las Directrices del IPCC de 2006

Tipos de descarga que muestra el MVCS	Equivalencia en la metodología del IPCC 2006
Aguas sin recolectar	Río, lago, mar
Aguas recolectadas sin trata	Se utiliza una media de los valores proporcionados para cloacas estancadas y cloacas con aguas en movimiento.
USB Tanque Séptico	Sistema séptico
UBS Compostera Doble Cámara	Letrina – clima húmedo, sin extracción de sedimentos
UBS Compostaje Continuo	Letrina – clima húmedo, con extracción de sedimentos
Hoyo Seco Ventilado	Letrina – clima húmedo, sin extracción de sedimentos
Sistema De Alcantarillado Con PTAR	Planta de tratamiento centralizado aeróbico – gestión deficiente
Sistema De Alcantarillado Sin PTAR	Cloaca en movimiento
UBS Tanque Séptico Mejorado	Sistema séptico
Otro	Río, lago, mar
Sin sitio de eliminación de excretas	Río, lago, mar

Fuente: Elaboración propia (DGAA – MVCS)

La correspondencia que se muestra en la Tabla N° 15, se realizó en base a los tipos de disposición sanitaria de excretas proporcionados por la Oficina General de Estadística e Informática (OGEI) del MVCS (usando la información recopilada, registrada y actualizada por los Gobiernos Regionales y Locales), y al juicio experto del revisor de inventarios nacionales del sector Desechos, Juan Martín Ortega, quien tomó en consideración los supuestos aplicados en inventarios de otros países.

Una vez realizada la correspondencia de los tratamientos y disposición sanitaria de excretas, se procedió a seleccionar el FCM respectivo, los mismos que se muestran en la Tabla N° 6 del presente reporte.

En el caso de las aguas recolectadas sin tratar, se seleccionó el factor de corrección de metano medio de los tratamientos IPCC 2006 cloaca estancada y cloaca en movimiento (abierta o cerrada) al juicio experto del revisor de inventarios nacionales del sector Desechos, Juan Martín Ortega. El FCM aplicable a las cloacas en movimiento es cero, mientras que el FCM aplicable a las cloacas estancadas es significativamente alto. En efecto, las emisiones de metano se producen cuando existe un estancamiento de las aguas residuales, momento en el que se dan las condiciones anaeróbicas características del proceso emisor. A falta de mejor información sobre el posible estancamiento de las aguas residuales en el alcantarillado, se optó por utilizar un FCM medio de los dos valores proporcionados por IPCC 2006 para cloacas. Este supuesto podrá ser ajustado como parte del proceso de mejora continua de la estimación de emisiones.

Asimismo, cabe destacar que los FCM proporcionados por IPCC 2006 no son acumulativos, es decir, los FCM proporcionados por IPCC 2006 para cada tipo de descarga y tratamiento consideran las emisiones características producidas desde la generación del agua residual hasta su descarga final.

Finalmente, las emisiones de metano de aguas residuales se calculan multiplicando el factor de emisión específico de cada tipo de descarga y tratamiento por el total de materia orgánica

(TOW) contenido en las aguas descargadas y tratadas en cada vía (véanse las ecuaciones número 2, 3 y 4 más arriba).

La siguiente tabla muestra parámetros por defecto utilizados para la estimación de las emisiones de metano de aguas residuales aplicando las Ecuaciones 2-4 del presente reporte.

Tabla N° 16. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de metano de aguas residuales – 4D1a

Fuente de emisión	Factor	Valor	Unidad	Fuente de información
Emisiones de metano	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas	1	Adimensional	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.3, Pág. 6.14.
	Factor de Corrección de Metano por sistema de tratamiento y eliminación	Varios	Adimensional	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.3, Pág. 6.13.
	Capacidad máxima de producción de metano para las aguas residuales (kg CH ₄ /kg DBO)	0.6	kg CH ₄ /kg DBO	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.3, Ecuación 6.2, Pág. 6.12.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Cabe señalar, que los factores de emisión se han mantenido constante para el periodo 1994 – 2000, tanto para áreas urbanas como rurales los cuales se han tomado de las Directrices del IPCC de 2006.

Finalmente, para expresar las emisiones de metano en CO₂eq se utilizó el Potencial de Calentamiento Global (PCG)²⁶ proporcionado por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años. El valor utilizado se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 17. PCG utilizado para el Metano

Gas	PCG en un horizonte temporal de 100 años
Metano	21

Fuente: Segundo Reporte de Evaluación AR2 IPCC 1995²⁷, Tabla 4 Pág. 22. Tiempo de horizonte de 100 años.

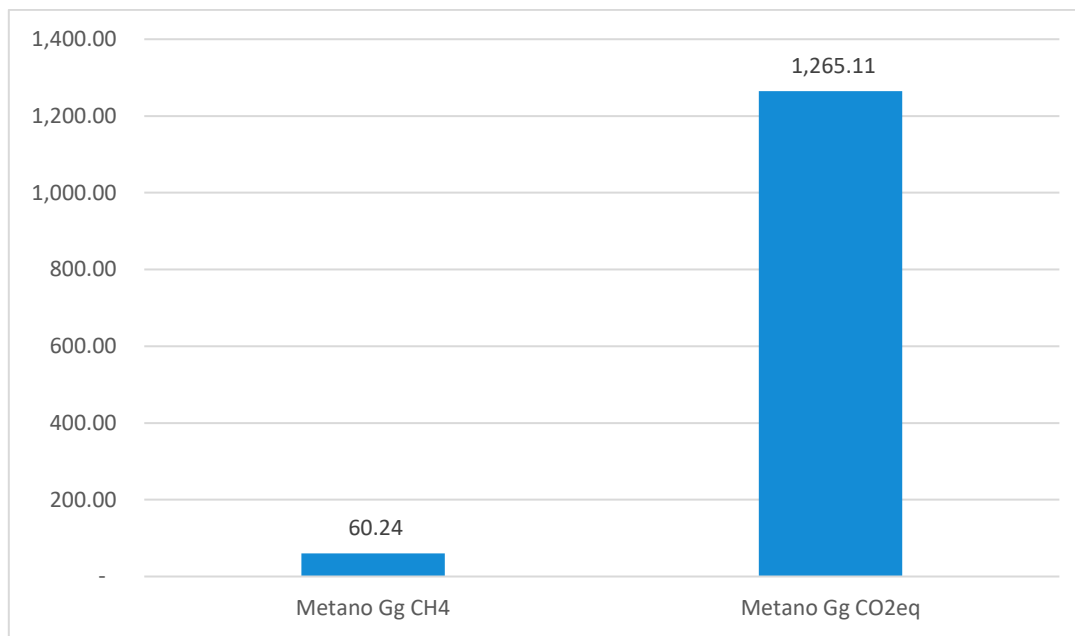
²⁶ El Potencial de calentamiento global (PCG) compara el forzamiento radiactivo de una tonelada de un gas de efecto invernadero en un período de tiempo dado (p. ej. 100 años) con una tonelada de CO₂. Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 1, p. 1.5.

²⁷ Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_i_full_report.pdf

5.1.4 Análisis de resultados

Aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, en el año 2016 las emisiones de metano fueron 60.24 Gg de CH₄ que equivalen a 1,265.11 Gg CO₂eq, tal como se presenta en la siguiente figura:

Figura N° 9. Emisiones de metano generadas por el tratamiento de aguas residuales domésticas

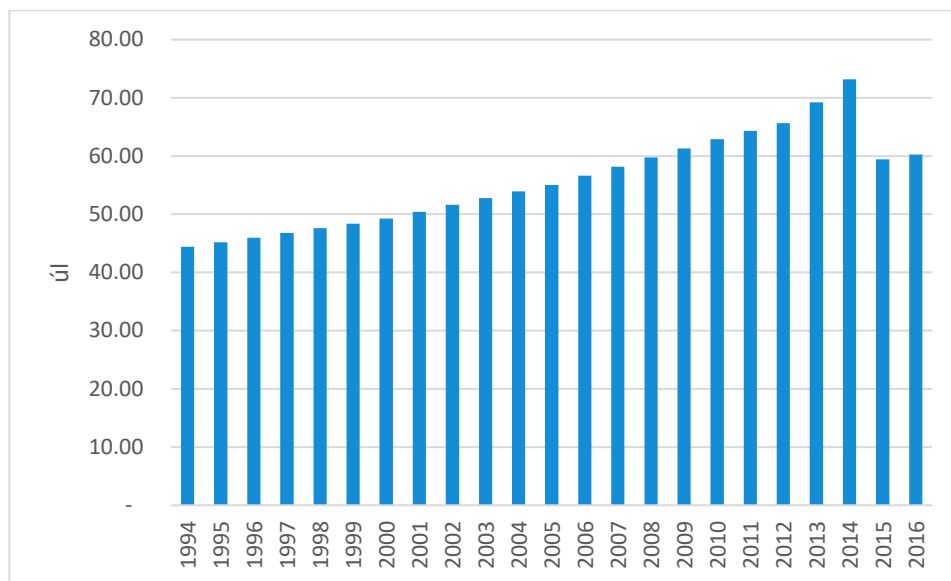


Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

5.1.5 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 emisiones de aguas residuales domésticas (Gg CH₄) – 4D1a



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

De la Figura N° 10, se observa una disminución aparente de las emisiones a en los últimos años de la serie, sin embargo, esto se debe a que los porcentajes que determinan las vías o sistemas de tratamiento capturan la presencia de los emisores submarinos de Lima, los cuales poseen un factor de emisión bajo o igual a cero. Para el 2016, el 52.11% de las aguas residuales domésticas es eliminada a través de emisores submarinos.

5.2 Fuente 4D1b: Emisiones de óxido nitroso N₂O

A continuación, se detalla la metodología aplicada para la estimación de emisiones de óxido nitroso (4D1b).

5.2.1 Método de Cálculo

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, se considera una buena práctica realizar la estimación de estas emisiones indirectas de N₂O derivadas de efluentes de tratamiento de aguas residuales domésticas que se eliminan en medios acuáticos aplicando la metodología indicada en ellas.

Por lo anterior, la ecuación aplicada para estimar las emisiones de óxido nitroso es la N° 6.7 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación 6.7. Emisiones de N₂O procedentes de las aguas residuales domésticas

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = N_{\text{EFUENTE}} \times E_{\text{EFUENTE}} \times 44/28$$

Donde:

- N₂O = emisiones de N₂O durante el año del inventario (kg N₂O/año)
- N_{EFUENTE} = Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg N/año
- E_{EFUENTE} = Factor de emisión para las emisiones de N₂O procedentes de la eliminación en aguas residuales, kg N₂O/kg N
- 44/28 = Conversión de kg de N₂O-N en Kg de N₂O

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6 Ecuación 6.7, Pág. 6.25

5.2.2 Datos de actividad

Los datos de actividad se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 18. Datos de actividad empleados en la estimación de emisiones de óxido nitroso – 4D1b

Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de Información	Uso de la información
Emisiones de óxido nitroso	Población (cifra)	Población total	personas	INEI 2001 - Perú: Estimaciones y proyecciones de población - Urbana y Rural 1950 - 2050. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0466/Libro.pdf INEI - Series Nacionales. Disponible en http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/	Base para la estimación del total de nitrógeno en la proteína de las aguas residuales
	Consumo medio anual per-cápita de proteína en kg/persona/año	Consumo total de proteínas 1990-2007	kg/persona/año	FAO (2011). Perfil de País: Indicadores de Seguridad Alimentaria. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/document/s/food_security_statistics/country_profiles/esp/Peru_S.pdf	

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS)

La información proporcionada por INEI se considera representativa y oficial para el país, dado que es el órgano rector de las estadísticas nacionales. Por otro lado, ante la falta de información nacional sobre el consumo de proteína, la FAO representa una fuente oficial de información regional relevante que detalla información para el Perú de manera específica.

La información sobre población y consumo de proteína per cápita utilizada para la serie anual del 1994 al 2016 se muestran a continuación:

Tabla N° 19. Datos de actividad para la estimación de emisiones de N₂O en aguas residuales domésticas

Año	Población total	Consumo de proteína per cápita (kg/habitante/año)
1994	23,421,416	22.995
1995	23,836,867	22.995
1996	24,257,671	22.995
1997	24,681,045	22.995
1998	25,104,276	23.117
1999	25,524,613	23.238
2000	25,983,588	23.360
2001	26,366,533	23.360
2002	26,739,379	23.360
2003	27,103,457	23.725
2004	27,460,073	24.090

Año	Población total	Consumo de proteína per cápita (kg/habitante/año)
2005	27,810,540	24.455
2006	28,151,443	24.455
2007	28,481,901	24.455
2008	28,807,034	24.455
2009	29,132,013	24.455
2010	29,461,933	24.455
2011	29,797,694	24.455
2012	30,135,875	24.455
2013	30,475,144	24.455
2014	30,814,175	24.455
2015	31,151,643	24.455
2016	31,488,625	24.455

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS)

5.2.3 Factores de emisión y de conversión

Los factores de emisión y de conversión aplicados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 20. Factores de emisión y conversión utilizados – 4D2b

Fuente de emisión	Factores de emisión y conversión	Valor	Unidad	Fuente de información
Emisiones de óxido nítrico	Fracción de nitrógeno en la proteína (kg N/kg proteína)	0.16	Kg N/Kg proteína	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, Pág. 6.25.
	Fracción de proteína no consumida $F_{NON-COM}$ (kgN/kgProteína)	1.1	kg N/kg proteína	
	Nitrógeno eliminado en lodos N_{LODO} (KgN/año)	0	Kg N/año	
	Factor de emisión del N_2O $E_{EFLUENTE}$ (kg N_2O -N/kg N)	0.005	kg N_2O -N/kg N	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.11, pág. 6.37.
	Factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado ($F_{IND-COM}$)	1.25	-	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, pág. 6.25.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Cabe señalar, que los factores de emisión y de conversión se han mantenido constantes para toda la serie de los años 1994 al 2016.

Finalmente, para expresar las emisiones de óxido nítrico en CO_2eq se utilizó el Potencial de Calentamiento Global (PCG) proporcionado por el IPCC, en su Segundo Informe de Evaluación basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años. El valor utilizado se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 211. PCG utilizado para el Óxido Nitroso

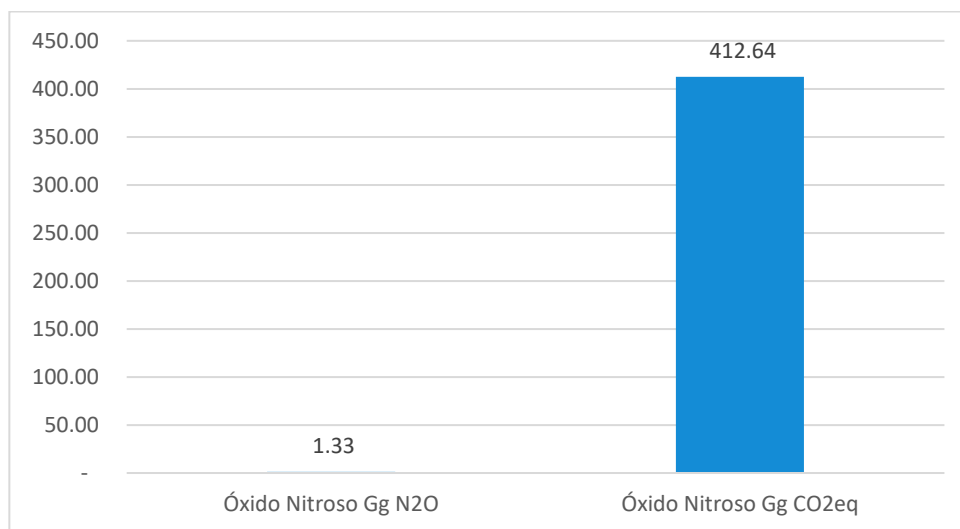
Gas	PCG en un horizonte temporal de 100 años
Óxido Nitroso	310

Fuente: Segundo Reporte de Evaluación AR2 IPCC 1995²⁸, Tabla 4 Pág. 22.
Tiempo de horizonte de 100 años.

5.2.4 Análisis de resultados

Aplicando el método de nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, en el año 2016 las emisiones de óxido nitroso generados fueron 1.33Gg de N₂O que equivalen a 412.64 Gg CO₂eq tal como se muestran en la siguiente figura.

Figura N° 11. Emisiones de óxido nitroso, 2016



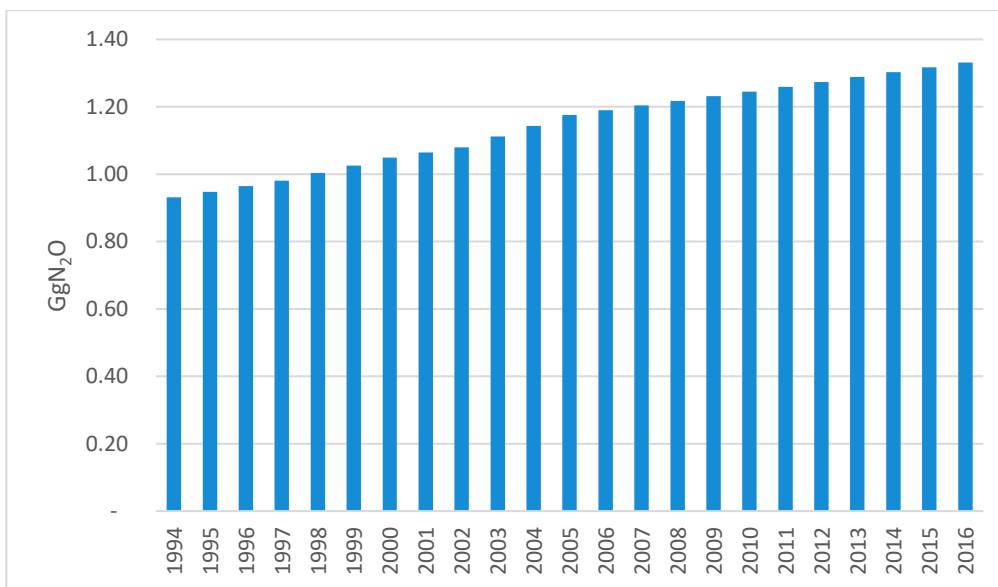
Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

5.2.5 Actualización de 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:

²⁸ Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_1_full_report.pdf

Figura N° 12. Serie temporal de emisiones de emisiones de óxido nitroso (Gg N₂O)– 4D1b

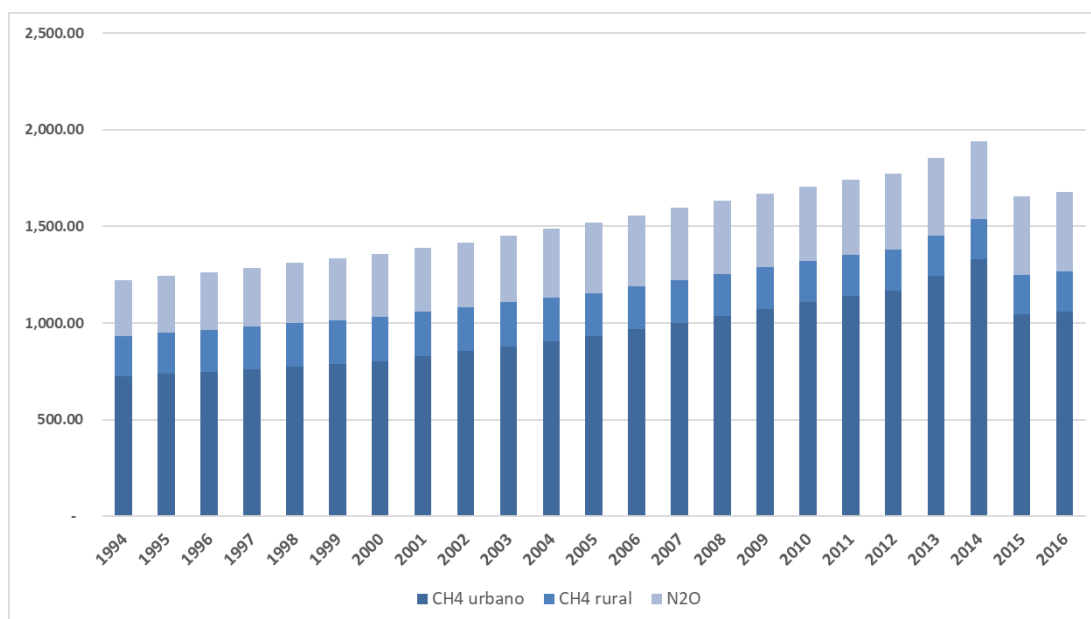


Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

En la figura anterior, se aprecia que las emisiones aumentaron aproximadamente en un 26.50% respecto al año 1994 y en un 2.19% respecto al año 2014. Asimismo, se observa una tendencia creciente de las emisiones de óxido nitroso, que está relacionada directamente con el crecimiento poblacional.

Finalmente, las emisiones resultantes tanto de metano como de óxido nitroso se ilustran a continuación:

Figura N° 13. Emisiones de GEI de las aguas residuales domésticas (Gg CO₂eq)



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

5.3 Control de Calidad y Garantía de la Calidad

5.3.1 Control de calidad

El INFOCARBONO posee un procedimiento de control de calidad (CC) que consiste en un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del inventario a medida que se compila y que 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. El procedimiento de control de calidad fue realizado por el experto identificado por el Minam, 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° 22. Hallazgos producto del proceso de control de calidad

Hallazgos	Acciones implementadas
Incluir información sobre los juicios de expertos realizados en el RAGEI.	La información ha sido incluida en el Anexo 2 del presente documento.
Colocar la fuente de información para los datos nacionales utilizados como el DBO ₅ .	La fuente de información para el DBO ₅ ha sido incluida en la planilla de cálculo, así como en el informe del RAGEI.
La fuente de información base debe ser la fuente primaria, no citar los RAGEI anteriores.	Las fuentes de información han sido citadas utilizando la fuente primaria.
Actualizar el valor correspondiente a la fracción de corrección para efluentes industriales considerando que las emisiones de esta fuente están incluidas en la subcategoría 4D2.	El factor de corrección para efluentes industriales es 1, considerando que las emisiones del tratamiento de aguas residuales industriales se reportan en la subcategoría 4D2.
Corregir el error del factor de emisión para río, lago, mar.	El factor de emisión ha sido corregido.

Hallazgos	Acciones implementadas
Corregir la estimación realizada para la población urbana. La suma de la población rural y urbana debe dar el total de la población nacional.	La estimación de la población urbana ha sido corregida para toda la serie del RAGEI (2016-1994).
Se debe ajustar los datos de aguas residuales domésticas recolectadas ya que se observa que no es consistente en la serie temporal.	Los datos han sido ajustados utilizando la técnica de datos subrogados.
Corroborar que todas las unidades de los valores indicados en la tabla de emisiones incluida en la pestaña “Serie Temporal” de la planilla de cálculo sean las correctas.	Las unidades han sido corroboradas en la planilla de cálculo del RAGEI.
No se considera información sobre lodos producto del tratamiento de aguas residuales domésticas.	Por limitaciones en la información nacional, las emisiones del tratamiento o eliminación de lodos no se abordan en el presente RAGEI. Sin embargo, se ha colocado como una acción en el plan de mejora del RAGEI.
Utilizar claves de notación en las tablas de reporte.	Las claves de notación han sido utilizadas en las tablas de reporte de las Directrices del IPCC de 2006.
Se recomienda tratar con las PTAR la posibilidad de derivar factores de emisión específicos para los tratamientos nacionales.	A la fecha de elaboración del RAGEI no se cuenta con dicha información. Sin embargo, se ha colocado como una acción en el plan de mejora.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

5.3.2 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 a un proceso de garantía de calidad con el procedimiento descrito en el Anexo 4. El procedimiento de garantía de la calidad fue realizado por la experta identificada por el Minam, 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° 23. Hallazgos producto del proceso de garantía de calidad

Hallazgo	Acciones implementadas
Los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de agua residuales domésticas no se consideran en el presente RAGEI.	Por limitaciones en la información nacional, las emisiones del tratamiento o eliminación de lodos no se abordan en el presente RAGEI. Sin embargo, se ha colocado como una acción en el plan de mejora del RAGEI.
Se recomienda incluir en el informe del RAGEI el grado de utilización de cada tipo de descarga y tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas.	El grado de utilización de cada tipo de descarga y tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas ha sido incluido en el presente RAGEI.

Hallazgo	Acciones implementadas
Se recomienda describir claramente en el informe del RAGEI los motivos para no realizar el ajuste por aguas industriales en la categoría 4D1.	La justificación ha sido descrita debajo de la Ecuación 6.3 de las Directrices del IPCC de 2006, descrita en el presente RAGEI.
Para las emisiones de N ₂ O se debe incluir el parámetro de ajuste por aguas industriales, ya que dichas emisiones no se estiman en la categoría 4D2.	El parámetro de ajuste (factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado) ha sido incluido en los cálculos (valor de 1.25).

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

5.4 Sigüientes pasos

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

Tabla N° 24. Acciones de mejora para futuros RAGEI

N°	Descripción de la acción de mejora	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
1	Involucrar a los proveedores de información en el proceso de elaboración del RAGEI, incluyendo capacitaciones, con el objetivo de que conozcan la importancia de recopilar la información base para la estimación y en conjunto se realice mejora a los datos hallados, así como asegurar la participación en los procesos de juicio de expertos donde que sean requeridos.	Mejorar la exactitud de los cálculos	Se ha involucrado a la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento y a la OGEI del MVCS, así como a la SUNASS en el proceso de cálculo del presente RAGEI. Sin embargo, se requiere continuar reforzando la participación de los actores sectoriales, tomando en consideración el nuevo alcance que supone la utilización de las Directrices del IPCC de 2006.	Mediano plazo
2	Profundizar la información sobre la fracción de las aguas residuales domésticas por vías de tratamiento o eliminación (rural, urbano, pequeñas ciudades).	Mejorar la exactitud de los cálculos de emisiones de metano	Se ha coordinado con la OGEI del MVCS y la SUNASS la estimación de la información aplicable a la serie temporal 2016-1994. Sin embargo, se requiere que se implemente un registro periódico para los siguientes RAGEI,	Mediano plazo
3	Estimar factores de emisión específicos para los tratamientos nacionales.	Mejorar la exactitud de los cálculos.	Se debe establecer una hoja de ruta para obtener factores de emisión específicos.	Mediano plazo
4	Uso, de corresponder, de información del ECAM como insumo del	Mejora la exactitud y comparabilidad.	El ECAM es herramienta para los PMACC y se evalúa como parte del sistema de monitoreo y reporte de las NDC, el cual se encuentra en construcción.	Mediano plazo

	INFOCARBONO. s de efecto invernadero.²⁹ El ECAM (Evaluación y Monitoreo del Desempeño Energético y las Emisiones de Carbono), es una herramienta para la estimación de emisiones a nivel de EPS, aplicable en el marco del proceso de la formulación de planes de mitigación y adaptación al cambio climático (PMACC) solicitados por el Decreto Legislativo N° 1280 y su reglamento.			
5	Determinar la cantidad de lodos producido por cada sistema de tratamiento de aguas residuales, el tratamiento aplicado y la cantidad de metano recuperado o generado. En caso no se determine un tratamiento de este, indicar a los actores de la categoría 4A Eliminación de Desechos Sólidos su consideración dentro de las emisiones por la disposición final del mismo.	Mejorar la exactitud y exhaustividad de los cálculos.	Existe en registro Nacional de Producción y Reaprovechamiento de Biosólidos, y la recuperación de metano será parte del sistema monitoreo de la NDC. Las acciones adicionales, serán implementadas progresivamente.	Mediano plazo
6	Estimar el componente orgánico degradable (DBO) aplicable para el ámbito rural y urbano.	Mejorar la exactitud del RAGEI.	Se contempla la implementación de los protocolos de juicio de experto aprobados por el IPCC.	Mediano plazo
7	Identificar los valores utilizados en otros países de la región y estrategias utilizadas para estimar valores nacionales de la capacidad máxima de producción de metano - B₀ (kg de CH₄/kg de DBO).	Mejora la exactitud.	Se debe establecer una hoja de ruta en base a la información regional disponible.	Mediano/largo plazo.
8	Evaluar pertinencia y factibilidad de estimación de las emisiones de gases precursores (CO₂, NO_x, SO₂) utilizando las guías EMEP/EEA 2019, disponibles en https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019	Mejora la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

²⁹ El proyecto WaCCliM (Empresas de Servicios de Agua y Saneamiento para la Mitigación del Cambio Climático) apoya a las empresas de agua y saneamiento a reducir sus emisiones de GEI. La herramienta ECAM, es una herramienta desarrollada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania (BMUB) en el marco del proyecto WaCCliM y que es de libre acceso vía web. ECAM ayuda a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento a analizar el uso de energía y las emisiones totales de GEI a nivel de todo el sistema (agua potable y aguas residuales) e indica áreas para reducir las emisiones considerando todos los componentes del ciclo urbano del agua. WaCCliM apoya al MVCS y diferentes EPS, y actualmente su periodo de ejecución es del 2020 al 2022.

6 BIBLIOGRAFÍA

- INEI (2020). Series Nacionales. Disponible en <http://webapp.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/>
- 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 <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm>
- SUNASS (2018). Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Oficio Nro. 1011 - 2018/SUNASS-120. Información para la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero 2016. Población con alcantarillado para los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016
- SUNASS (2018). Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Oficio Nro. 1011 - 2018/SUNASS-120. Información para la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero 2016. Volúmen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD para los años 2000 y 2005
- SUNASS (2020). Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS. Volúmen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD para los años 2010 - 2018. Archivo excel INFO SUNASS 742020.xls
- SUNASS 2015, 2017 y 2018. Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras. Población con alcantarillado para los años 2015, 2017 y 2018.
- INEI (2018). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín: Perú Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 48. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
- INEI (2019). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 46 Disponible en http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_saneamiento2019.pdf
- INEI (2020). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín: Perú Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 47. Disponible en http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- IPCC (1995). Segundo Reporte de Evaluación IPCC (AR2 por sus siglas en inglés). Potencial de calentamiento global (PCG) de metano y óxido nitroso. Tabla 4, página 22. Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_1_full_report.pdf
- MVCS (2020). Oficina de Estadística e Informática del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 - 2020, Disponible en el archivo "Sistemas de eliminación de excretas - Vivienda 2018 - 2020. xls"
- FAO (2011). Perfil de País: Indicadores de Seguridad Alimentaria. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/food_security_statistics/country_profiles/esp/Peru_S.pdf
- MINAM (2014). DECRETO SUPREMO N° 013-2014-MINAM. Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO).
- MVCS (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, Decreto Supremo Nro. 011-2006-Vivienda. Norma OS.090, Plantas de tratamiento de Aguas Residuales, cap. 4.3, Art. 4.3.6.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006) Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Volúmen 5. Capítulo 6. Recuperado de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html>

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Nelsi Isabel Málaga Cueva
Cargo	Especialista en Cambio Climático
Correo Electrónico	nmalagac@vivienda.gob.pe
Teléfono - Anexo	2117930
Dirección de Línea	Dirección General de Asuntos Ambientales
Institución	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS).

7.2 Anexo 2: Juicio de experto realizados

1. Cantidad de aguas residuales domésticas urbanas tratadas por tipo de tratamiento:

Juicio de experto de Eco. Gretelina Castañeda. Especialista de la Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS, sobre la distribución del porcentaje de aguas residuales domésticas tratadas por tipos de tratamiento del año 2000 al 2018. Disponible en el archivo "ARD tratadas por tipo de Tec PTAR 2020.xls"

2. Clasificación de los tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas con la clasificación dada por las Directrices del IPCC de 2006:

Juicio de experto de Juan Martín Ortega, experto IPCC revisor de inventarios nacionales del sector Desechos, jlm@gauss-int.com. Esta clasificación se realizó por el equipo de inventario en base a la experiencia de otros países y teniendo en cuenta los tipos de tratamiento proporcionados por SUNASS.

3. Clasificación de los tipos de disposición sanitaria de excretas con la clasificación dada por las Directrices del IPCC de 2006:

Juicio de experto de Juan Martín Ortega, experto IPCC revisor de inventarios nacionales del sector Desechos, jlm@gauss-int.com. Esta clasificación se realizó por el equipo de inventario en base a la experiencia de otros países y teniendo en cuenta los tipos de disposición sanitaria de excretas dados por el MVCS.

7.3 Anexo 3: Procedimiento de control de calidad

Tabla N° 25. 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.	Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna. 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. Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción. Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario: Evitar la programación de factores como fórmulas. Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos. Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental. Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones. 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.
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo. Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos. Verificar que los factores de conversión sean correctos. Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos. Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos. Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño. Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.
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. Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.
Revisar el archivo y la documentación interna.	Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.

Actividad de CC	Procedimientos
	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). Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario. Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal. Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.
Verificar la coherencia de la serie temporal.	Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal. Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos. Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.
Verificar la exhaustividad.	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. En relación con las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta. Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo. 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').
Revisiones de tendencias	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. 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 cambios en las emisiones o remociones? Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS).

Tabla N° 26. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 4D1 – Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas

Actividad de CC	Procedimientos
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC. Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio. Considerar las opciones para obtener factores específicos del país. Documentar los resultados de esta evaluación.
Revisar los factores específicos del país.	Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país. Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1. Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa. Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio. Comparar los factores de los otros países (utilizando la Base de datos de factores de emisión del IPCC). Documentar los resultados de esta evaluación.
Revisar las mediciones.	Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones. Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente. Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías. Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes. Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	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. Evaluar la coherencia de la serie temporal. Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones. Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales. Comparar los datos de sitios similares. Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes
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: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

7.4 Anexo 4: Procedimiento de garantía de la calidad

Tabla N° 27. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4.D Tratamiento y eliminación de aguas residuales

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Elemento por revisar
Exhaustividad/Compleitud y doble contabilización	¿Se reporta información sobre el grado de utilización de cada tipo de descarga y tipo de tratamiento en el informe de inventario?	La completitud del inventario se puede verificar utilizando el grado de utilización de cada tipo de tratamiento o descarga (T). La suma de T debe ser igual al 100%. Es buena práctica realizar un diagrama como el de la figura 6.1 (capítulo 6 volumen 5 de IPCC 2006) para considerar todos los tipos de descargas y/o tratamientos.
	¿Se incluyen y estiman emisiones de aguas domésticas e industriales en el inventario? ¿Se estiman y reportan las emisiones de CH ₄ y N ₂ O en el inventario?	Todos los países generan aguas residuales domésticas e industriales y son potenciales fuentes de emisiones de GEI. Ambas fuentes emisoras se deben considerar en el inventario. El capítulo 6, volumen 5 de las guías IPCC 2006 proporciona metodologías, factores de emisión y parámetros para estimar emisiones CH ₄ y N ₂ O del tratamiento y descarga de aguas residuales. Las emisiones de CO ₂ son de origen biogénico y no se deben incluir en los totales nacionales.
Metodología – Evaluación de la exactitud, consistencia, comparabilidad y el reporte de las emisiones	¿Son los métodos utilizados por el país para estimar las emisiones de metano y N ₂ O consistentes con las guías IPCC 2006?	En el capítulo 6 del volumen 5 de IPCC 2006 se proporcionan metodologías y parámetros para estimar las emisiones de metano y N ₂ O en el tratamiento y eliminación de aguas residuales.
	¿Se han seleccionado la variable de actividad, factores de emisión y parámetros apropiados a las características del país y de forma consistente para toda la serie temporal? Cuando se depositan lodos en vertedero, se aplican en suelos agrícolas o se incineran, o cuando se recupera gas de vertedero para su uso energético, ¿realiza el país un reporte consistente en los diferentes sectores y categorías del inventario?	Se deben utilizar factores de emisión y parámetros consistentes con los tipos de tratamientos y descargas que se realizan en el país. Ciertas cantidades de lodos de aguas industriales o domésticas se pueden incinerar o depositar en vertedero o en tierras agrícolas. Esto constituye una cantidad de materia orgánica que debe ser sustraída de la variable de actividad de la categoría 4D. Es Buena práctica ser consistente entre sectores: la cantidad de lodos sustraídos de la variable de actividad de la categoría 4D debería ser igual a la cantidad de lodos depositada en vertedero (4A), aplicada en suelos agrícolas (AFOLU), incinerado (4C) o tratado de otra forma.

Problemas Potenciales		
Elemento por revisar	Pregunta	Elemento por revisar
Transparencia/documentación	¿Son la metodología, variable de actividad y factores de emisión documentados de forma suficiente por el inventario?	El informe de inventario debe contener una documentación adecuada que permita reproducir las series de variable de actividad y de emisiones. Esto es también esencial para la transparencia.
4D1 – Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	¿Considera el país en la categoría 4D1 el volumen de efluentes industriales vertidos en sistemas de alcantarillado/descarga domésticos? ¿Se consideran todos los tipos de descarga y tratamiento existentes en el país? ¿Se describen los Sistemas de tratamiento existentes en el país y se justifican adecuadamente los factores de emisión seleccionados? ¿Cuál es el tratamiento realizado con los lodos que se producen en las plantas de tratamiento de agua?	Las descargas de aguas industriales en sistemas de domésticos deben estimarse en la categoría de aguas domésticas. Existen diferentes tipos de tratamientos en los países, que llevan asociados diferentes niveles de emisión. El inventario debe reflejar los cambios en los sistemas de descarga, especialmente a lo largo del tiempo. La tabla 6.3 del capítulo 6, volumen 5 de IPCC 2006 proporciona una descripción detallada de los tipos de descarga y tipos de tratamiento de aguas por defecto que se pueden asimilar a los nacionales. Verificar cómo se consideran los lodos en el inventario, ya que se deben reportar en la categoría 4A en caso de que se trasladen y depositen en vertedero desde las plantas de tratamiento de agua.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)