

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos 2014

Categoría:

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y COMERCIALES

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2014 Categoría: Tratamiento de Aguas Residuales – Aguas Residuales Domésticas y Comerciales

Preparado por:

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

Lima, 2017

CONTENIDO

RES	UME	N EJECUTIVO	6
1.	INT	RODUCCIÓN	8
2.	ME ⁻	TODOLOGÍA	9
2	2.1	Mejoras metodológicas implementadas y acciones pendientes	9
2	2.2	Metodología de cálculo aplicada	15
2	2.3	Análisis de incertidumbre	16
2	2.4	Control de calidad	17
2	2.5	Proceso de elaboración del RAGEI	23
	2.5.	Procedimientos y arreglos para recolectar información	23
	2.5.	2 Los procedimientos y arreglos para archivar la data recibida y procesada para el RAGEI	23
	2.5.	3 Los esfuerzos para hacer de la elaboración del RAGEI un proceso continuo	23
3.		ULTADO SECTOR DESECHOS, SUB-CATEGORÍA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y	25
		Emisiones del año 2014	
	3.1 3.2	Análisis situacional sectorial	
		Coherencia de la serie temporal	
	3.3 3.4	Análisis de los resultados	
	3.5	Subcategoría 6B2a: Aguas Residuales Domésticas y Comerciales	
	3.5.		
	3.5.		
	3.5.		
	3.5. 3.5.		
	3.5. 3.5.		
	3.5. 3.6	7 Siguientes pasos	
	3.6.		
	3.6.		
	3.6.	·	
	3.6.		
	3.6.		
	3.6.		
	3.6.		
RID		RAFÍA	
		VAFIA	
₩.I.N	∟∧∪		J3



Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI	53
·	
Anexo 2: Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI	54

RESUMEN EJECUTIVO

La estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2014 de la subcategoría de aguas residuales domésticas y comerciales de la categoría de Aguas Residuales del sector Desechos y la correspondiente actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012 fueron realizadas aplicando la metodología de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – GL1996 (IPCC, 1996) y la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – OBP2000 (IPCC, 2000).

De acuerdo a la codificación de las GL1996, la subcategoría aguas residuales domésticas y comerciales, pertenece a la categoría denominada Tratamiento de Aguas Residuales del sector Desechos. El alcance de esta subcategoría considera las emisiones de metano que provienen del tratamiento de aguas residuales y de los lodos que son subproductos de ciertos sistemas de tratamiento y pueden dar origen a emisiones de metano en condiciones anaerobias. Asimismo, contempla las emisiones de óxido nitroso que derivan de la descarga del efluente de la PTAR en el cuerpo receptor. Según el número de población existente y el uso del recurso agua, se generan efluentes con diferentes niveles de magnitud en volumen producido, así como de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los que condicionan la mayor o menor generación de emisiones. Adicionalmente, el porcentaje de tratamiento de aguas residuales, y el tipo de tratamiento asignado, determinan el volumen total de emisiones de GEI de esta sub-categoría.

En comparación con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012 (INGEI 2012), el presente RAGEI ha incluido mejoras relativas a la actualización de los formatos de planillas de cálculo, la implementación de los pasos metodológicos de la GL1996, el cálculo de la incertidumbre asociada a las emisiones calculadas y una estructuración del informe que permita hacer un mejor seguimiento y uso de la información. Las mejoras implementadas incrementan principalmente la transparencia del RAGEI, así como la comparabilidad y exhaustividad de las estimaciones.

El método de cálculo utilizado corresponde al nivel de cálculo más general (nivel 1) y fue aplicado utilizando información de estadísticas nacionales sobre el funcionamiento de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), la población urbana y consumo total de proteínas, así como valores por defecto de factores de conversión y de emisión que son propuestos en la GL1996 y la OBP 2000. A nivel metodológico el principal cambio ha sido la aplicación directa de los pasos descritos en la GL1996 para la estimación de las emisiones de metano de las aguas residuales domésticas y comerciales, estimando así un factor de corrección de metano global y no un FCM por EPS.

El resultado de la estimación de las emisiones de la sub-categoría aguas residuales domésticas y comerciales para el año 2014 es igual a 87.11 Gg de CH₄ y 1.89 Gg de N₂O, que equivalen a 2,416.63 Gg CO₂eq aplicando los potenciales de calentamiento global que proporciona el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años. Se puede observar que las emisiones de metano del sector se reducen en los años 2010 y 2012 por la reducción de la proporción de aguas residuales tratadas (aunque el total tratado nacional si presenta un incremento constante). Las emisiones de óxido nitroso si presentan una tendencia creciente a través de todos los años de reporte.

El análisis de incertidumbre de la sub-categoría aguas residuales domésticas y comerciales se ha realizado aplicando el método 1 propuesto en la OBP2000. Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada del total de emisiones de la sub-categoría aguas residuales domésticas y comerciales en el año 2014 es igual a ± 128.16%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de la sub-categoría es igual a ± 718.01%.

Como futuras mejoras respecto a las diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales utilizadas en el país y el correspondiente factor de conversión de metano, el MVCS viene haciendo uso, a manera de prueba, de una herramienta para la "Evaluación y Monitoreo del Desempeño Energético y las Emisiones de Carbono (ECAM)", basada en las directrices del IPCC (2006), y diseñada para las empresas de agua y saneamiento a nivel mundial. Asimismo, por el lado del óxido nitroso, la herramienta ECAM permite estimar las emisiones de óxido nitroso asociadas a la descarga del efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales en un cuerpo receptor, los resultados obtenidos con la aplicación de la herramienta seguirán el proceso para validar su pertinencia y representatividad. A nivel institucional, es necesario reforzar los arreglos institucionales para facilitar la actualización permanente del RAGEI y la implementación de las mejoras identificadas.

1. INTRODUCCIÓN

El presente reporte se presenta en cumplimiento al Decreto Supremo N°013-2014-MINAM, donde se aprueban 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, estrategias 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 CMNUCC. El INFOCARBONO contribuye al cumplimiento con los acuerdos internacionales sobre cambio climático suscritos por el país y representa una herramienta para monitorear la implementación de las metas establecidas en las Contribuciones Nacionales.

En tal sentido, dicho decreto supremo establece que el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) es la entidad competente encargada de la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos - Categoría: Aguas Residuales Domésticas y Comerciales. Por su parte, el Ministerio del Ambiente (MINAM) brinda asistencia técnica a todas las entidades competentes para el desarrollo de los RAGEI sectoriales.

El RAGEI del año 2014 (o RAGEI 2014) tiene como objetivo reportar las estimaciones realizadas de las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) generadas en el país durante el año 2014 por el tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales.

La elaboración del RAGEI ha estado a cargo de la Dirección General de Asuntos Ambientales del MVCS contando con el acompañamiento y la supervisión, en el manejo de la información y proceso de cálculo, de la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del MINAM. Las estimaciones fueron realizadas siguiendo las metodologías recomendadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en las "Directrices del IPCC de 1996 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL1996)" y en la "Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero" (OBP2000). También se consideraron los lineamientos de la "Guía Nº 5: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Desechos (subcategoría Aguas Residuales Domésticas)", aprobada mediante Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM.

El RAGEI 2014 está conformado por el presente documento de reporte (o informe RAGEI), las planillas de cálculo para las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012 y 2014 y el archivo de fuentes de información que sistematiza los medios de verificación.

2. METODOLOGÍA

2.1 Mejoras metodológicas implementadas y acciones pendientes

Las mejoras fueron aplicadas a partir de la revisión del INGEI 2012 y de los hallazgos a partir de la recopilación y revisión de la información. Las mejoras se resumen en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI (2014) en base a la revisión del equipo sectorial

	30001101				
No	Descripción de la acción de mejora	Impacto en la estimación de tCO2eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI			
1	Se actualizaron los formatos de planilla de cálculo para el RAGEI	Mejora la transparencia y la			
	para asegurar que los cuadros de cálculo se reportan de acuerdo a	comparabilidad.			
	las directrices del IPCC y los lineamientos indicados por el MINAM.				
2	Se ha estructurado un archivo digital en base a la sistematización	Mejora la transparencia y la			
	de la documentación sobre niveles de actividad y factores de	comparabilidad.			
	emisión y conversión.				
3	Se han implementado de forma directa todos los pasos	Mejora la exactitud y comparabilidad de			
	metodológicos y recomendaciones de la GL1996 y OBP2000 para	los cálculos.			
	la estimación de emisiones de metano, lo que resulta en el cálculo				
	del factor de emisión medio para las aguas residuales				
	domésticas/comerciales (kg CH ₄ /kg DBO) a nivel global (nacional).				
	Previamente se realizaba un factor de emisión y cálculo de				
	emisiones por EPS. ¹				
4	Se ha estimado el porcentaje de tratamiento de aguas residuales,	Mejora la exactitud de los cálculos.			
	en base al total recolectado en el sistema de las EPS. Previamente				
	el valor utilizado reflejaba el porcentaje de agua tratada por cada				
	EPS, dado que el cálculo de emisiones se realizaba por sólo por				
	EPS.				
5	Analizar y detallar explicaciones profundas sobre el aumento de	Mejora el análisis de resultados,			
	las aguas residuales volcadas y/o recolectadas a la red de	evaluación de pertinencia de las fuentes			
	alcantarillado a partir del año 2012.	de información y exactitud de los			
		cálculos.			
6	Se ha realizado por primera vez una estimación de las emisiones	Mejora el análisis de la información			
	de la sub-categoría por el método del examen, como método de	nacional de emisiones de metano.			
	estimación rápida de las emisiones nacionales de CH ₄ de las aguas				
	residuales domésticas.				

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Asimismo, se procuró incorporar las recomendaciones realizadas por *el International Consultation and Analysis* (ICA) a la información del INGEI presentada en el primer Informe Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés). Estas mejoras se describen en la Tabla N° 2.

¹ Las emisiones por EPS pueden calcularse igualmente, aplicando las fórmulas de cálculo a los datos de cada empresa en particular. Se calcula un factor de emisión (fe) para cada EPS en vez de hacer el ponderado como pide IPCC.

Tabla N° 2. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2014 en base a la revisión del ICA

No	Tabla N° 2. Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2014 de Descripción de la acción de mejora	Impacto en la estimación de				
INO	Descripcion de la acción de mejora	tCO₂eq de la serie temporal u				
		otros atributos del RAGEI				
1	Recomendación: "Utilizar las tablas de los informes sectoriales anexadas	Mejora la transparencia y la				
	a las Directrices del IPCC, versión revisada en 1996". Para el RAGEI 2014,	comparabilidad.				
	y en las hojas de cálculo de la serie temporal, se utilizan ahora las tablas					
	de reporte de GL1996.					
2	Recomendación: "Proveer una serie de tiempo consistente para todos	Mejora la coherencia.				
	los años en los que el Perú ha reportado Inventarios de Gases de Efecto					
	Invernadero". Para el RAGEI 2014 se ha utilizado la misma metodología					
	de cálculo y fuente de información en todos los años (2000, 2005, 2010,					
	2012 y 2014).					
3	Recomendación: "Detallar la información sobre las metodologías	Mejora la transparencia y la				
	utilizadas para estimar las emisiones antropógenas por las fuentes y la	comparabilidad.				
	absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto					
	invernadero". Se incluye una descripción detallada del método de					
	cálculo de las emisiones, tanto en el informe como en las planillas de					
<u> </u>	cálculos.	Nacionalla turnana accessione				
5	Recomendación: "Detallar explicación de las fuentes de los factores de emisión". Las fuentes de información de los factores de emisión se	Mejora la transparencia y la comparabilidad.				
	incluyen en el documento de reporte y en las planillas de cálculo.	Comparabilidad.				
6	Recomendación: "Detallar explicación de las fuentes de los datos de	Mejora la transparencia y la				
0	actividad". Las fuentes de información de los datos de actividad se	comparabilidad.				
	incluyen en el documento de reporte y en las planillas de cálculo.	Comparabilidad.				
7	7 Recomendación: "Describir los procedimientos y arreglos utilizados para Mejora la transparencia y la					
, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,		comparabilidad.				
	nacionales de GEI". Se ha incluido en el presente informe, el detalle de	comparabilidad.				
	los procedimientos y arreglos implementados y/o identificados para					
	mejorar el proceso de elaboración y registro del RAGEI a futuro.					
8	Recomendación: "Describir los esfuerzos para hacer de la elaboración	Mejora la transparencia.				
	de los RAGEI un proceso continuo". El informe contempla un primer					
	análisis de como institucionalizar y/o facilitar la elaboración del reporte					
	de forma anual, incluyendo un proceso de mejora continua.					
9	Recomendación: "Incluir información sobre el rol de cada institución	Mejora la transparencia.				
	involucrada en el proceso de elaboración del RAGEI". El informe detalla					
	el rol de los órganos de línea o instituciones fuera del MVCS que brindan					
	información para la elaboración del RAGEI.					
10	Recomendación: "Proveer información transparente sobre el nivel	Mejora la transparencia y la				
	metodológico (tier) aplicado a cada sub-categoría y a las metodologías	comparabilidad.				
	utilizadas para generar las estimaciones del inventario". Se describen las					
	metodologías y el proceso de decisión para elegir el nivel de cálculo.					
11	Recomendación: "Identificar donde la data puede ser mejorada en	Mejora la transparencia.				
11 Recomendación: "Identificar donde la data puede ser mejorada en futuras comunicaciones a través del fortalecimiento de capacidades". Se						
	identifican posibles mejoras en el presente documento de reporte y se					
	indican próximos pasos.	Mejora la transparencia, la				
12	Recomendación: "Describir y estimar cuantitativamente el grado de Mejora la transparencia,					
	incertidumbre asociado con los datos del inventario y los supuestos	exactitud y la comparabilidad.				
	aplicados, y describir las metodologías que hayan utilizado". Se realiza					
	un análisis e incertidumbre de la presente sub-categoría en base a la					
	OBP2000, detallando los supuestos y metodologías.					

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS) con asistencia técnica del MINAM



Por otro lado, las siguientes tablas describen las acciones de mejoras planificadas para futuros RAGEI.

Tabla N° 3. Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial

		sectoriai		
No	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO₂eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación²
1	Obtener una clasificación del tipo de tecnología utilizado en sistemas de tratamiento de las aguas residuales y la fracción de las aguas tratadas en cada una de ellas. ³	Mejorar la exactitud de los cálculos de emisiones de metano.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
2	Estimar el factor de conversión en metano de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional como parte del cálculo del factor de conversión global (nacional).	Mejorar la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones de implementación. ⁴	Mediano plazo.
3	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. Con la herramienta ECAM se puede calcular el lodo en un digestor anaerobio. Sin embargo, la información está supeditada a la implementación de condiciones de manejo de lodos y del Reglamento para el reaprovechamiento de biosólidos provenientes de lodos de PTAR.	Mejorar la exactitud y exhaustividad de los cálculos.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
4	Realizar las coordinaciones con la entidad competente (Ministerio de Agricultura - MINAGRI) para estimar el consumo promedio per-cápita de proteína actualizado para el cálculo de las) emisiones de óxido nitroso, dado que actualmente se utilizan valores de los años 2006-2008	Mejorar la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
5	Dada la situación del tratamiento de aguas residuales a nivel nacional no es posible evaluar el grado de utilización del tratamiento en el ámbito urbano, según el detalle del cuadro 6.6. de las Directrices IPCC 2006.	Mejorar la comparabilidad del RAGEI.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
6	Profundizar el análisis realizado para explicar las discrepancias encontradas al aplicar el método de examen.	Mejorar la exactitud y transparencia del RAGEI.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
7	Determinar el componente orgánico	Mejorar la exactitud del	No se han iniciado	Mediano plazo.

-

² Internamente las entidades deberían hacer un plan de trabajo más detallado, que cuando esté validado se puede introducir en el siguiente RAGEI.

³ El ECAM, herramienta de estimación de emisiones desarrollada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania (BMUB) con la que va a contar MVCS, realizará las estimaciones considerando la tecnología y el volumen de aguas residuales tratadas por cada tecnología

⁴ Con el aplicativo ECAM y la Tabla Intervalo de Corrección de Metano (FCM) del cuadro 6.3 de las Directrices del IPCC (2006) se podrá realizar un cálculo más preciso.

	degradable (DBO) en base a información medida (real) para dejar de usar información teórica provista por el	RAGEI.	acciones de implementación.	
	Reglamento Nacional de Edificaciones del año 2006.			
8	Evaluar la factibilidad de estimar el valor nacional de la capacidad máxima de producción de metano para los efluentes - B _o (kg de CH4/kg de DBO).	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
9	Coordinar con el sector competente la factibilidad de estimar el valor nacional de la fracción de nitrógeno en la proteína (kg nitrógeno/kg proteína) definiendo para este fin la mejor metodología de estimación.	Mejora la exactitud del RAGEI.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
10	Coordinar con el sector competente la factibilidad de estimar el valor nacional del factor de emisión de óxido nitroso por excremento humano definiendo para este fin la mejor metodología de estimación.	Mejora la exactitud del RAGEI.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
11	Revisar la representatividad de los datos y resultados nacionales de emisiones de metano, en base a un mejor análisis de los resultados del método de examen y estudio del destino final de todas las aguas residuales a nivel nacional. ⁵	Mejora la exactitud, la exhaustividad y la comparabilidad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
12	Revisar el análisis de incertidumbre (los datos de incertidumbre y su cálculo) y acudir a dictamen de expertos para validar y/o estimar los valores de incertidumbre a utilizar (factores de emisión y datos nacionales), tomando en consideración la realidad nacional.	Mejora la exactitud y la comparabilidad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
13	Evaluar la factibilidad de actualizar las estimaciones del año 1994.	Mejora la coherencia y la comparabilidad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo.
14	Realizar el análisis usando el ECAM, herramienta con el cual se está validando la GL2006	Mejora la exactitud y comparabilidad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS) con asistencia técnica del MINAM

-

 $^{^{\}rm 5}$ El análisis dependerá de la confirmación de una correcta aplicación del método de examen.

Tabla N° 4. Acciones de mejora planificadas de control de calidad para futuros RAGEI en base a la revisión del equipo sectorial

	revisión del equipo sectorial								
No	Tipo de procedimiento IPCC	Procedimiento IPCC	Impacto en la estimación de tCO2eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación				
1	Controlar la existencia de errores de transcripción en las entradas de datos y referencias.	Efectuar la verificación cruzada de una muestra de datos de entrada de cada categoría para ver si hay errores de transcripción.	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.				
2	Examine que las emisiones y absorciones se	Reproducir un conjunto de cálculos de emisiones y absorciones.	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.				
3	calculen correctamente.	Utilizar un método de aproximación simple que arroje resultados similares a los cálculos originales y más complejo, para garantizar que no haya errores de entrada de los datos ni errores de cálculo.6	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.				
4	Controlar que se registren correctamente los parámetros y las unidades y que se utilicen los factores de conversión adecuados	Controlar que se usen correctamente los factores de ajuste temporal y espacial.	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.				
5	Controlar que se estimen y calculen correctamente las incertidumbres de las emisiones y absorciones.	De ser necesario, duplicar los cálculos de incertidumbre de una muestra pequeña de las distribuciones de probabilidad usadas por los análisis de Monte Carlo (por ejemplo, mediante los cálculos de incertidumbre según el Método 1).	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo.				
6	Controlar la	Controlar que los efectos	Mejora la exactitud.	No se han iniciado	Mediano plazo				

⁶ El MVCS estará validando el ECAM que es un aplicativo en línea (ecam.hol.es), gratuito de código abierto y personalizable para el cálculo adecuado de emisiones y absorciones.

	coherencia de la	de las actividades de		acciones de	
	serie temporal.	mitigación queden reflejados correctamente en los cálculos de la serie temporal.		implementación	
7	Controles de tendencia	Controlar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones agregadas divididas por los datos de la actividad) en la serie temporal. - ¿Algún año presenta valores erráticos no explicados? - Si se mantienen estáticos en toda la serie temporal, ¿están capturándose los cambios en las emisiones o absorciones?	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
8	Revisión y archivo de la documentación interna	Controlar la integridad de los arreglos para el archivo de datos de los organismos externos participantes en la elaboración del inventario	Mejora la transparencia	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
9	Control de calidad de los factores de	Evaluar la aplicabilidad de estos factores a las circunstancias nacionales	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
10	emisión por defecto	Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
11	Control de calidad de datos de actividad a un nivel nacional.	Evaluar y documentar las actividades de CC asociadas al dato nacional, determinando si cumple con los procedimientos de CC general del inventario.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
12		Siempre que sea posible, debe efectuarse un control de comparación de los datos de la actividad nacional con fuentes de datos de la actividad compilados en forma independiente.	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
13		Comparaciones con muestras a nivel sub- nacional o a nivel de plantas. Deben ser representativas y que la técnica de extrapolación	Mejora la exactitud y la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo

		capture bien la población total analizada.			
14	Revisión de factores de emisión	Comparar los valores de Bo específicos del país con el valor por defecto del IPCC	Mejora la exactitud.	No se han iniciado acciones de implementación	Largo plazo
15		Confrontar los valores de los FCM con los de otros países que apliquen prácticas similares de tratamiento de las aguas residuales.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación	Largo plazo
16	Participación de expertos de la industria en la revisión	La revisión por especialistas es particularmente importante a los efectos de verificar los valores de FCM y otros parámetros para los cuales el IPCC no establece valores por defecto que permitan hacer comparaciones recíprocas.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación	Largo plazo

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS) en base a GL2006 con asistencia técnica del MINAM

Tabla N° 5. Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del ICA

N°	Descripción de la acción de	Impacto en la estimación de	Nivel de avance en la	Periodo de
	mejora	tCO₂eq de la serie temporal u	implementación	implementación
		otros atributos del RAGEI		
1	Avances en el cálculo de	Mejora la exhaustividad.	No se han iniciado	Mediano plazo.
	emisiones COVDM a través		acciones de	
	del mapeo de metodologías		implementación.	
	apropiadas y el			
	fortalecimiento de			
	capacidades para este fin			

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS) con asistencia técnica del MINAM

2.2 Metodología de cálculo aplicada

La estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2014 de la sub-categoría de aguas residuales domésticas y comerciales de la categoría de Aguas Residuales del sector Desechos y la correspondiente actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012 fueron realizadas aplicando la metodología de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – GL1996 (IPCC, 1996) y la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – OBP2000 (IPCC, 2000).

La Tabla N° 6 describe las emisiones de GEI estimadas en el RAGEI 2014. En relación a las emisiones de gases precursores, la GL2006 indica que esta sub-categoría genera emisiones de COVDM pero no genera

CO, NO_x ni SO_x. El presente RAGEI no considera la estimación de COVDM⁷, debido a la falta evaluación de metodologías apropiadas para este fin y la necesidad de fortalecimiento de las capacidades del equipo de profesionales a cargo del RAGEI. La estimación de las emisiones de COVDM queda como una acción de mejora a futuro (se identifican con las siglas "NE" que significa "no estimado" en el presente RAGEI).

Tabla N° 6. Categoría y fuentes de emisiones de la subcategoría aguas residuales domésticas y comerciales, evaluadas y estimadas

comerciales, evaluadas y estimadas								
Codificación		dificación Descripción		Categorización IPCC (GL1996)	GEI generados – directos e indirectos	GEI estimados en el RAGEI 2014		
6			Desechos	Sector				
	6B		Tratamiento de aguas residuales	Categoría				
		6B2	Aguas residuales domésticas y comerciales	Sub-categoría	CH ₄ , N ₂ O, COVDM	CH ₄ , N ₂ O		

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Si bien no se han realizado modificaciones de las fuentes o categorías propuestos por el IPCC, la subcategoría 6B2 se ha subdividido en dos para visualizar mejor las emisiones de metano de las emisiones de óxido nitroso.

Tabla N° 7. Categorías de emisiones IPCC ajustadas a la realidad nacional, sub-categoría aguas residuales domésticas y comerciales

Codificación			n	Nombre original de la categoría IPCC	Nombre (s) propuestos para la elaboración del RAGEI	Justificación del cambio
6				Desechos		
	6B			Tratamiento de aguas residuales	No se modifica	
		6B2		Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	No se modifica	
			6B2a	Aguas residuales domésticas y comerciales	Se agrega	Precisar los cálculos de metano en el RAGEI
			6B2b	Excremento humano	Se agrega	Precisar los cálculos de óxido nitroso en el RAGEI

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

2.3 Análisis de incertidumbre

Las estimaciones de la incertidumbre facilitan la priorización de los esfuerzos y asignación de recursos en el proceso de mejorar la calidad (exactitud) de los RAGEI. Adicionalmente, permite que los usuarios estimen los rangos de emisiones asociados a la presente sub-categoría.

El análisis de incertidumbre se ha realizado aplicando el método nivel 1 descrito en la OBP2000. El método usa la ecuación de propagación de errores mediante reglas de combinación de incertidumbres no correlacionadas. Se obtiene una estimación del nivel de incertidumbre combinada (factores de

⁷ Se presenta una metodología para la estimación en la Guía de EMEP/CORINAIR

emisión y datos de actividad) para la sub-categoría y la incertidumbre de la tendencia entre el año de análisis y el año base, que en el presente caso son el 2014 y el 20108.

Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y de los datos de actividad de las emisiones de metano se utilizaron los valores por defecto recomendados por la OBP2000 dado que no existe esta información en la GL1996. Para el caso de la incertidumbre asociada a los datos de actividad o factores de emisión en la estimación de las emisiones de óxido nitroso, se usaron los valores proporcionados por la GL2006 dado que no existen referencias en la GL1996 o en la OBP2000.

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de la incertidumbre asociada a las emisiones de la subcategoría 6B2.

	Tubia N 6. Estimation de internaumbre asociada a las emisiones del RAGEI							
		Α	В	E	F	G	M	
Código de sector y categorías de fuentes (GL 1996)		Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales	
				Datos de entrada	Datos de entrada	√ (E² + F²)	√ (K² + L²)	
				%	%	%	%	
6B		Tratamiento de Aguas Residuales						
6B2			CH ₄	30.41%	30.00%	32.34%	69.62%	
		domésticas y comerciales	N ₂ O	15.36%	510.00%	124.01%	714.16%	

Tabla N° 8. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI

Fuente: Elaboración propia (DGAA – MVCS)

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada del total de emisiones de la subcategoría en el año 2014 es igual a ±128.16%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de la sub-categoría es igual a ± 718.01 %. Se considera que la incertidumbre asociada a la sub-categoría 6B2 es alta y por tanto se deben realizar acciones para migrar al uso de factores de emisión nacionales, mejorar la exactitud de la información de entrada (datos nacionales) e implementar procesos de juicio de expertos para precisar los valores de incertidumbre de acuerdo a la realidad peruana.

128.16%

718.01%

En la sección 0 y 4.6.4 se describe con mayor detalle el análisis de incertidumbre realizado y sus resultados.

2.4 Control de calidad

En la siguiente tabla se describen los procedimientos generales aplicados en función a lo que establecen la GL20069.

⁸ El año base ha sido establecido en el marco del INGEI 2014 para todos los sectores.

 $^{^{\}rm 9}$ No hay recomendaciones de control de calidad en las GL1996

Tabla N° 9. Procedimientos generales de control de calidad

Pro	Tabla N° 9. Procedimientos genera ocedimientos generales de control de cal		
Actividad de control	Procedimientos	Procedimientos	Procedimientos realizados
de calidad	Troccumentos	realizados por MINAM	por MVCS
Verificar que las	Efectuar la verificación cruzada de los	Revisión de archivos,	Se registran y archivan
hipótesis y los	datos de la actividad, los factores de	hipótesis y criterios.	correctamente los datos de
criterios para la	emisión y otros parámetros de	ilipotesis y criterios.	actividad utilizados para la
selección de datos	estimación con la información		estimación. Los factores de
			emisión fueron obtenidos
	relativa a las categorías y garantizar		
factores de emisión y	que estén registrados y archivados		de los valores por defecto
otros parámetros de	correctamente.		de la OBP2000 y/o GL1996.
estimación queden			
documentados.		B / 1	
Controlar la	Confirme que las referencias	Revisión de archivos.	Se han incluido las
existencia de errores	bibliográficas están citadas		referencias de datos
de transcripción en	correctamente en la documentación		bibliográficos en las
las entradas de datos	interna.		planillas de cálculo e
y referencias.			informe RAGEI siguiendo
			las normas APA (<i>American</i>
			Psychological Association).
	Efectuar la verificación cruzada de	No se realizó.	No se realizó.
	una muestra de datos de entrada de		
	cada categoría (fueran mediciones o		
	parámetros usados en los cálculos)		
	para ver si hay errores de		
	transcripción.		
Examine que las	Reproducir un conjunto de cálculos	No se realizó.	No se realizó.
emisiones y	de emisiones y absorciones.		
absorciones se	Utilizar un método de aproximación	No se realizó.	No se realizó.
calculen	simple que arroje resultados similares		
correctamente.	a los de los cálculos originales y más		
	complejo, para garantizar que no		
	haya errores de entrada de los datos		
	ni errores de cálculo.		
Controlar que se	Controlar que las unidades estén	Se realizó revisión en	Se han revisado las
registren	identificadas correctamente en las	planillas de cálculo de	unidades en las planillas de
correctamente los	planillas de cálculo.	la serie temporal.	cálculo de la serie
parámetros y las			temporal.
unidades y que se	Controlar que se mantengan las	Se realizó revisión de	Se han revisado las
utilicen los factores	unidades correctamente desde el	las planillas de cálculo	unidades en las planillas de
de conversión	comienzo hasta el final de los	de la serie temporal.	cálculo de la serie
adecuados.	cálculos.		temporal.
	Controlar que los factores de	Se realizó revisión de	Se han revisado los
	conversión sean correctos.	las planillas de cálculo	factores de conversión de
		de la serie temporal.	la serie temporal.
	Controlar que se usen correctamente	No se realizó.	No se realizó.
	los factores de ajuste temporal y		
	espacial.		
Comprobar la	Examinar la documentación	-	-
integridad de los	intrínseca incluida para:		
archivos de la base	Confirmar que los pasos correctos	Se ha revisado que los	Se contemplan todos los
de datos.	para el procesamiento de la	pasos de	pasos en las planillas de
	información se encuentren bien	procesamiento de	cálculo e informe RAGEI.
	Je chedentien blen	p. seesamento de	Calculation of the formation

	representados en la base de detes	información com	
	representados en la base de datos.	información sean	
		entendibles en los	
		documentos RAGEI.	
	Confirme que las relaciones de los	Se han revisado las	Se han revisado las
	datos se encuentren bien	relaciones de los datos.	relaciones de los datos en
	representadas en la base de datos.		la base de datos.
	Garantizar que los campos de datos	Se ha revisado la	Se ha revisado la rotulación
	estén bien identificados y contengan	rotulación de los datos	de los datos.
	las especificaciones de diseño		
	correctas.		
	Garantizar que se archive la	Se ha revisado que la	Se ha elaborado un archivo
	documentación adecuada de la	documentación se	de documentos que incluye
	estructura y el funcionamiento de la	archive correctamente	la base de datos de fuentes
	base de datos y el modelo.	en el INFOCARBONO.	de información tanto para
	,		los datos nacionales como
			para los factores de
			emisión.
Comprobar la	Identificar parámetros (p. ej., datos	No se realizó.	No se realizó.
coherencia de los	de actividad, constantes) comunes a	Esto no aplica a este	Esto no aplica a este
datos entre las	muchas categorías y confirmar que	reporte, porque solo	reporte, porque solo tiene
diferentes	haya coherencia en los valores	tiene como alcance una	como alcance una sub-
	1 -		
categorías.	usados para estos parámetros en los	sub-categoría.	categoría.
V:6:	cálculos de emisión/absorción.	Co ha madaada la	Co ha madanda mus las
Verificar que el	Controlar que los datos de emisiones	Se ha revisado la	Se ha revisado que los
movimiento de	y absorciones estén agregados	consistencia de los	resultados de las planillas
datos del inventario	correctamente de los niveles	resultados en las	de cálculo sean coherentes
a través de los pasos	inferiores a los niveles superiores de	planillas de cálculo e	con los resultados del
del procesamiento	generación de informes, al elaborar	informe RAGEI.	presente reporte.
sea el correcto.	los resúmenes.		
	Controlar que se trascriban	Se ha realizado un	Se ha revisado que los
	correctamente los datos de	contraste de	resultados de las planillas
	emisiones y absorciones entre los	información entre las	de cálculo sean coherentes
	diferentes productos intermedios.	planillas de cálculo y el	con los resultados del
		informe del RAGEI	presente reporte.
Controlar que se	Controlar que los antecedentes de	No aplica. El análisis de	No aplica. El análisis de
estimen y calculen	quienes proporcionan el dictamen de	incertidumbre no	incertidumbre no incluyó
correctamente las	expertos para las estimaciones de	incluyó dictamen	dictamen experto.
incertidumbres de	incertidumbres sean adecuados.	experto.	
las emisiones y	Comprobar que se registren los	No aplica. El análisis de	No aplica. El análisis de
absorciones.	antecedentes, las hipótesis y los	incertidumbre no	incertidumbre no incluyó
	dictámenes de expertos.	incluyó dictamen	dictamen experto.
		experto.	
	Comprobar que las incertidumbres	Se revisó que se usen	Se revisó que se usen las
	calculadas estén completas y hayan	las metodologías e	metodologías e
	sido calculadas correctamente.	información propuesta	información propuesta por
		por el IPCC.	el IPCC.
		F	
	De ser necesario, duplicar los cálculos	No se ha realizado.	No se ha realizado.
	de incertidumbre de una muestra		
	pequeña de las distribuciones de		
	probabilidad usadas por los análisis		
	de Monte Carlo (por ejemplo,		
	mediante los cálculos de		

	incertidumbre según el Método 1).		
Controlar la	Controlar la coherencia temporal de	Se ha revisado la serie	Se ha revisado la serie de
coherencia de la	los datos de entrada de la serie	de tiempo recalculada.	tiempo recalculada.
serie temporal.	temporal para cada categoría.	·	·
	Verificar la coherencia del	Se han revisado los	Se han revisado los
	algoritmo/método utilizado para los	supuestos para la	supuestos para la
	cálculos a través de la serie temporal.	actualización de	actualización de
	·	información y cálculos.	información y cálculos.
	Verificar los cambios metodológicos y	Se han revisado los	Se han revisado los
	de datos que producen nuevos	supuestos para la	supuestos para la
	cálculos.	actualización de	actualización de
		información y cálculos.	información y cálculos.
	Controlar que los efectos de las	No se ha realizado.	No se ha realizado.
	actividades de mitigación queden		
	reflejados correctamente en los		
	cálculos de la serie temporal.		
Controlar la	Confirmar que se declaren las	Se ha revisado que la	Este reporte solo tiene
exhaustividad.	estimaciones para todas las	información contemple	como alcance una sub-
	categorías y para todos los años, a	la información de todos	categoría y la estimación
	partir del año de base	los años de reporte.	de sus emisiones ha sido
	correspondiente, hasta el período del		realizada para todos los
	inventario actual.		años de la serie 2000,
			2005, 2010, 2012 y 2014.
	Para las sub-categorías, confirmar	Se ha revisado que los	Se incluyen de manera
	que quede cubierta la categoría en su	cálculos y análisis de	transparente los datos que
	totalidad.	información son	fueron en las hojas de
		completos.	información base de las
			planillas de cálculo y en el
			presente reporte.
	Proporcionar una definición clara de	No aplica	No aplica
	«Otro» tipo de categorías.		
	Controlar que se documenten los	Se han revisado los	Se han revisado los vacíos
	vacíos de datos conocidos que	vacíos o mejoras	en la estimación de
	producen estimaciones incompletas,	necesarias.	emisiones o mejoras
	incluida una evaluación cualitativa de		necesarias para cumplir
	la importancia de la estimación		con las directrices del IPCC.
	respecto de las emisiones totales (p.		
	ej., las subcategorías clasificadas		
	como «sin estimar», véase el Capítulo		
	8, Orientación y cuadros para la		
	generación de informes).		
Controles de	Para cada categoría, deben	Se realiza una	Se realiza la comparación
tendencia.	compararse las estimaciones actuales	comparación de los	en el presente reporte. Se
	del inventario con las estimaciones	resultados de la serie	analizan los cambios y dan
	anteriores, si están disponibles. Si hay	temporal actualizada	posibles explicaciones
	cambios significativos o divergencias	versus la serie	sobre los resultados
	de las tendencias esperadas, volver a	previamente estimada.	encontrados.
	controlar las estimaciones y explicar		Se observa un incremento
	las diferencias. La existencia de		de los valores de aguas
	cambios significativos en las		residuales volcadas y/o
	emisiones o absorciones de los años		recolectadas posiblemente
	anteriores puede indicar posibles		a causa del incremento de
	errores de entrada o cálculo.		cobertura de alcantarillado
	Ciroles de circiada o calculo.		Cobertura de alcantarmado

	Controlar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones agregadas divididas por los datos de la actividad) en la serie temporal. - ¿Algún año presenta valores erráticos no explicados? - Si se mantienen estáticos en toda la serie temporal, ¿están capturándose	No se ha implementado	a nivel nacional. Sin embargo, los factores del incremento serán evaluados en el próximo RAGEI. No se ha implementado
	los cambios en las emisiones o absorciones? Verificar si se advierten tendencias	Se ha realizado una	Se ha realizado una
	inusuales e inexplicadas para los datos de la actividad u otros parámetros en la serie temporal.	revisión de los datos.	revisión de los datos de la serie temporal.
Revisión y archivo de	Comprobar que exista	Se ha revisado que	La estimación de las
la documentación	documentación interna detallada que	exista la información de	emisiones y el análisis de
interna.	respalde las emisiones y permita la	sustento.	incertidumbre se describen
	reproducción de las estimaciones de emisión, absorción e incertidumbre.		en el presente reporte y en sus respectivas planillas de cálculo, indicando la justificación de las decisiones y sus fuentes de información por tanto pueden ser replicadas.
	Comprobar que los datos del	Se ha revisado que se	La información tiene un
	inventario, los datos de respaldo y los	archiven en la	archivo especial en la
	registros del inventario se archiven y	plataforma del	DGAA y se ha designado un
	guarden para facilitar la revisión detallada.	INFOCARBONO y que la totalidad de la información la posee el punto focal.	responsable.
	Controlar que el archivo esté cerrado	INFOCARBONO permite	Los archivos se registran en
	y se conserve en sitio seguro, una vez	conservar información	la DGAA y plataforma de
	finalizado el inventario.	con un alto grado de fiabilidad.	INFOCARBONO.
	Controlar la integridad de los arreglos	No se ha	No se ha implementado.
	para el archivo de datos de los	implementado.	
	organismos externos participantes en		
	la elaboración del inventario.		

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS) en base a GL2006, cuadro 6.1, p.6.10

Además, en la siguiente tabla se incluyen los procedimientos generales de control de calidad aplicados para el RAGEI 2014.

Tabla N° 10. Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2014

Tabla N° 10. Procedimientos generales de control de calidad adi Procedimiento IPCC	Procedimientos realizados por
	MVCS
Control de calidad de les factores de emisión per defecto	
Control de calidad de los factores de emisión por defecto Al utilizar factores de emisión por defecto del IPCC, es una buena	1
práctica evaluar la aplicabilidad de estos factores a las circunstancias	No se realizó este procedimiento.
nacionales. Esta evaluación puede incluir el examen de las condiciones	
nacionales comparadas con el contexto de los estudios sobre los	
cuales se basaron los factores de emisión por defecto del IPCC. Si no	
hay información, esto debe ser considerado en el análisis e	
incertidumbre.	
Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores	No se realizó este procedimiento
del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad	porque no se obtuvo información a
respecto de las fuentes reales del país (aplica, aunque solo estén	nivel de sitio o plantas.
disponibles datos para un pequeño porcentaje de sitios o plantas).	
Control de calidad de la elaboración de factores de emisión nacionales	
Si los factores de emisión se basan en ensayos específicos del sitio o	No se realizó este procedimiento, pues
del nivel de la fuente, se debe controlar si el programa de medición	se utilizaron factores por defecto.
incluyó los procedimientos de CC adecuados.	
Para uso de datos secundarios, tratar de determinar si las actividades	No se realizó este procedimiento, pues
de CC realizadas durante la elaboración original de los datos son	se utilizaron factores por defecto.
coherentes con los procedimientos de CC y si se identificaron y	
documentaron las limitaciones de los datos secundarios.	
Analizar si los datos fueron sometidos a la revisión de los pares y	No se realizó este procedimiento, pues
registrar el alcance de dicha revisión.	se utilizaron factores por defecto.
Investigar la existencia de posibles conflictos de interés.	No se realizó este procedimiento, pues
	se utilizaron factores por defecto.
Comparar los factores específicos del país con los factores de emisión	No se realizó este procedimiento, pues
por defecto del IPCC pertinentes. Las diferencias sustanciales deben	se utilizaron factores por defecto.
explicarse o determinar si es un problema de calidad de la información.	
Comparaciones de factores de emisión entre países (comparables), las	No se realizó este procedimiento, pues
cuales puede combinarse con tendencias históricas trazando, para	se utilizaron factores por defecto.
diferentes países, el valor del año de referencia (p. ej. 1990), el valor	se dimediant ideases per derecto.
del año más reciente y los valores mínimo y máximo.	
Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores	No se realizó este procedimiento, pues
del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad	se utilizaron factores por defecto.
respecto de las fuentes reales del país (aplica, aunque no estén	
disponibles para todos los sitios o plantas).	
Control de calidad de datos de actividad a un nivel nacional.	
Evaluar y documentar las actividades de CC asociadas al dato nacional,	No se ha implementado.
determinando si cumple con los procedimientos de CC general del	
inventario.	
Siempre que sea posible, debe efectuarse un control de comparación	No se realizaron comparaciones con
de los datos de la actividad nacional con fuentes de datos de la	fuentes otras fuentes de información
actividad compilados en forma independiente. Ej. Datos de estadística	independiente ni se realizó la
ganadera con estadísticas de FAO o consumos de combustible con los	identificación de otros informantes.
datos de Agencia Internacional de Energía (AIE).	
Comparaciones con muestras a nivel sub-nacional o a nivel de plantas.	No se realizaron comparaciones con
Deben con representatives y que la técnica de extrapolación contura	muestras a nivel sub-nacional.
Deben ser representativas y que la técnica de extrapolación capture	muestras a miver sub-macionai.



Controlar de tendencia de los datos de la actividad. Dado que se suponen cambios relativamente coherentes año a año, todo cambio sustancial debe documentarse y de ser posible explicar la ausencia de errores. Se describe la tendencia y la coherencia de la serie temporal en el presente reporte. Asimismo, se documenta la información considerada para cada año.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS) en base a recomendaciones del IPCC GL2006.

Asimismo, se aplicaron procedimientos específicos que serán descritos más adelante en la sección 4. No se han implementado lineamientos de gestión de la calidad aplicados en base a la guía metodológica atingente y/o directrices IPCC.

2.5 Proceso de elaboración del RAGEI

2.5.1 Procedimientos y arreglos para recolectar información

Los procedimientos y arreglos para recolectar información se basaron en las orientaciones de las GL1996, la OBP2000 y las recomendaciones de la "Guía N° 5: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos – Subcategoría Aguas Residuales Domesticas y Comerciales" (MINAM, 2015).

Se utilizaron fuentes de información públicas y oficiales que se encuentran disponibles en los portales web del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Adicionalmente, información no pública, requerida para la actualización de la serie temporal, fue solicitada directamente a la SUNASS.

La Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del MVCS, como punto focal ante el INFOCARBONO, es la encargada de solicitar, sistematizar y archivar la información utilizada en la formulación de los RAGEI.

2.5.2 Los procedimientos y arreglos para archivar la data recibida y procesada para el RAGEI

El archivo de la data recopilada y procesada ha sido digital. La DGAA del MVCS ha elaborado un archivo con las fuentes de información utilizadas, con nombres estandarizados que son luego registrados en el portal web del INFOCARBONO como parte del proceso de reporte de información ante el Ministerio del Ambiente. En este sentido, existen dos archivos para el registro de la base de datos del presente RAGEI. Todos los documentos que reportan sobre el nivel de actividad están también publicados en internet y sus vínculos electrónicos se referencian en las planillas de cálculo del RAGEI.

El archivo completo del RAGEI está conformado por las siguientes carpetas y documentos: (a) el Informe final RAGEI (el presente documento); (b) las Planilla de Cálculo de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014; (c) el archivo de fuentes de información. La Planilla de Cálculo del año 2014 incluye el análisis de incertidumbre y vincula los resultados finales de las estimaciones de toda la serie de tiempo evaluada (años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014).

2.5.3 Los esfuerzos para hacer de la elaboración del RAGEI un proceso continuo

La Tabla N° 11 resume la asignación de roles en la elaboración del RAGEI.

Tabla N° 11. Rol de las oficinas involucradas en la elaboración del RAGEI

rubia iv 11. Kor de las oficinas involucidads en la elaboración del KAGLI					
Entidad	Rol en la elaboración de RAGEI				
Ministerio de Vivienda,	Responsable de coordinar la recopilación y/o formulación de la información				
Construcción y	relativa a los datos de actividad y factores de emisión requeridos para la				
Saneamiento -	estimación de emisiones de GEI.				
Dirección General de	Responsable de preparar el RAGEI (conformado por un informe, una planilla				
Asuntos Ambientales	de cálculo y documentación de sustento).				
(DGAA)	Responsable de integrar el RAGEI y remitirlo al MINAM a través de los canales				
	requeridos por el al INFOCARBONO.				
Superintendencia Nacional	Responsable de proveer información sobre la operación de las Empresas				
de Servicios de	Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS).				
Saneamiento (SUNASS)					

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Para que la elaboración del RAGEI se convierta en un proceso continuo e institucionalizado es necesario:

- Fortalecer las capacidades de la DGAA del MVCS, para el correcto abordaje de todos los componentes del RAGEI en base a las directrices del IPCC. Este proceso permitirá que el proceso continúe vigente a través de cambios de gobierno y gestión. Los principales puntos para fortalecer las capacidades del equipo del MVCS son:
 - Metodologías de estimación aplicadas en base a las directrices del IPCC, específicamente de la GL1996 y la OBP2000.
 - o Métodos y procedimientos para revisar la coherencia de series de tiempo.
 - Cuantificación de incertidumbres con el método 1 de las OBP2000, incluyendo los procesos para llevar a cabo juicios de experto.
 - Uso de las planillas de cálculo y los criterios para su actualización.
 - o Procedimientos de control de calidad recomendados por el IPCC y la ICA.
 - Determinación de factores de emisión nacionales y técnicas de actualización de información nacional para que esta sea representativa de las circunstancias locales.
- Fortalecer los arreglos institucionales internos del MCVS para organizar los recursos requeridos para la implementación de sus funciones en el marco del INFOCARBONO. Este proceso implicará establecer un plan de trabajo para el corto y mediano plazo.
- Asegurar la asignación de recursos humanos y/o financieros para la compilación, sistematización, control de calidad y elaboración del RAGEI, que permitan mejorar la exactitud de las estimaciones y la implementación de las acciones de mejora identificadas.

3. RESULTADO SECTOR DESECHOS, SUB-CATEGORÍA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y COMERCIALES

3.1 Emisiones del año 2014

El resultado de la estimación de las emisiones de la sub-categoría 6B2, aplicando los pasos metodológicos de la GL 1996 para el año 2014 es igual a 87.11 Gg de CH_4 y 1.89 Gg de N_2O , que equivalen a 2,416.63 Gg CO_2 eq.

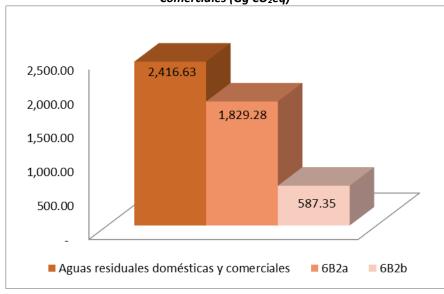
Tabla N° 12. Reporte sectorial para desechos – Emisiones de GEI, 2014 – Sector Desechos, Subcategoría Aguas Residuales Domésticas y Comerciales

Reporte sectorial para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Gg)						
Categorías de fuentes o sumideros de GEI	CO ₂ (1)	CH ₄	N ₂ O	NO _X	CO	COVDM
Desechos total	-	87.11	1.89	-	-	-
A Disposición de desperdicios sólidos en tierra						
1 Gestión de eliminación de residuos en tierra (3)						
2 Sitios de eliminación de residuos no gestionados						
3 Otros						
B Tratamiento de aguas residuoas						
1 Efluentes industriales						
2 Aguas residuales domésticas y comerciales		87.11	1.89			
3 Otros						
C Incineración de desechos						
D Otros						

Fuente: GL1996. Volumen Instrucciones de Reporte, Tabla 6, p. 23

Las emisiones expresadas en Gg CO₂eq permiten ver que el 76% de las emisiones proviene del metano producido en el sistema de tratamiento de aguas residuales y el 24% por parte de las emisiones indirectas de óxido nitroso.

Figura N° 1. Emisiones de GEI, 2014 — Sector Desechos, Sub-categoría Aguas Residuales Domésticas y Comerciales (Gg CO₂eq)



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

3.2 Análisis situacional sectorial

De acuerdo al estudio de la SUNASS (2015); el MVCS ha invertido aproximadamente 21,000 millones de soles en la mejora de la infraestructura de agua potable y alcantarillado entre los años 2007-2013. Sin embargo, existe más del 90% de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) sin autorización de vertimiento y/o reúso. Las PTAR cuentan con tecnología insuficiente, reflejada en falta de tratamientos completos adecuados, así como falta de medidores de caudal del afluente y efluente, entre otros.

Existe una falta de capacidad financiera de las EPS para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de las PTAR, lo que implica además la ausencia del manejo de lodos en 50% de estas instalaciones. La mayoría de PTAR no cuenta con un programa completo de monitoreo del afluente, efluente y parámetros de operación, y poseen una insuficiente frecuencia de actividades de operación y mantenimiento.

Dentro del ámbito de la EPS, hasta diciembre del 2013, 17,5 millones de habitantes contaban con servicio de agua potable y 16 millones con servicio de alcantarillado. Para el cálculo del agua residual vertida al alcantarillado, se considera 20% de pérdida del agua potable producida y otras pérdidas técnicas. Considerando la diferencia de habitantes con servicio de agua potable y con servicio de alcantarillado (1,5 millones de habitantes), se puede estimar que actualmente no se captan 238.000 metros cúbicos por día de agua residual en el sistema de alcantarillado.

De las 253 localidades del ámbito de las EPS, 89 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que el agua residual cruda de estas localidades se vierte directamente a los ríos, mares, pampas o drenes. En las 164 localidades restantes, todas o parte de las aguas residuales vertidas al alcantarillado son conducidas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales.

La mayoría de las EPS reportan sus caudales de operación sobre la base de una estimación del consumo del agua potable, lo cual limita significativamente el análisis de la operación y evaluación de los procesos de tratamiento de las PTAR. Esto es relevante dado que 70 PTAR presentan sobrecarga orgánica, 73 tienen sobrecarga hidráulica que no les permite cumplir los LMP de coliformes termotolerantes y muy pocas poseen un programa de monitoreo que se acerque a las recomendaciones básicas

3.3 Coherencia de la serie temporal

La elaboración del RAGEI 2014, ha implicado la actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012, de tal modo que se apliquen las mejoras identificadas en el proceso de revisión. De esta forma se asegura tener una serie de cálculos comparables entre sí y con otras estimaciones basadas en la GL1996 para esta sub-categoría.

Los resultados de la implementación de estas acciones se traducen en cambios en las emisiones estimadas de los años de la serie temporal. La Figura N° 2 presenta la comparación de los resultados para los años de la serie temporal. Se puede observar que las emisiones actualizadas de la serie temporal presentan una tendencia creciente que contempla un incremento del 63.19% de las emisiones entre el 2000 y el 2014.

2,416.63

2,016.69

1,636.09

1,422.31

1,480.91

2000

2005

2010

2012

2014

Figura N° 2. Evolución de emisiones de la serie temporal en GgCO₂eq

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Se presenta una reducción en los años 2010 y 2012 debido a una disminución de la proporción de aguas residuales tratadas (aunque el total en m³ de aguas tratadas a nivel nacional si ha seguido una tendencia creciente permanente). Esta variación de la proporción de aguas residuales tratadas, deriva de un aumento significativo de las aguas residuales volcadas a la red de alcantarillado de las EPS, las que, de acuerdo a las estadísticas de la SUNASS, pasan de 216, 966,913 m³/año en el 2005 a 785,145,586 m³/año en el 2010. Este aumento de volumen volcado a la red, sumado a un aumento menos significativo del volumen total tratado, resulta en una reducción del porcentaje de tratamiento total de aguas residuales. Dato que esta fracción de agua tratada es utilizada en la determinación del factor de conversión en metano, metodológicamente implica una reducción del factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales (kg CH₄/kg DBO) y por ende de las emisiones asociadas. La figura a continuación permite ver la relación entre el porcentaje de tratamiento total de aguas residuales, los factores de conversión y emisión, y las emisiones de metano (las cuales son el factor de mayor influencia en las emisiones totales de la sub-categoría, al representar la mayor proporción de sus emisiones totales).

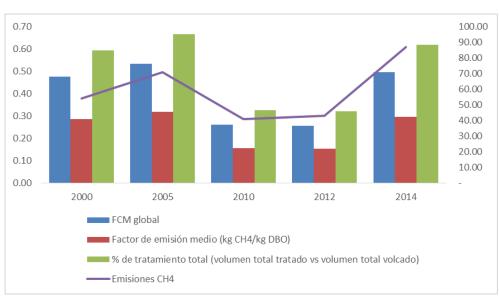


Figura N° 3: Comparación de las estimaciones de emisiones de metano (eje derecho), porcentaje de tratamiento de aguas residuales y factores de emisión/conversión asociados.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Se considera pertinente profundizar en la explicación de este incremento del total de aguas residuales volcadas a la red. Adicionalmente, contar con información a nivel de tipo de planta de tratamiento de aguas residuales (actualmente no se cuenta con este tipo de información oficial) permitirá determinar factores de emisión más acordes a la realidad nacional.

Figura N° 4. Evolución de parámetros de tratamiento de agua de las EPS

Parámetro	2000	2005	2010	2012	2014
Población con alcantarillado	10,423,270	12,130,479	14,315,079	15,392,203	16,044,397
Volumen total volcado (m3)	157,102,923	216,966,913	785,145,586	808,435,503	940,892,839
Volumen total tratado (m3)	93,404,984	144,544,088	256,739,030	259,097,517	583,140,494
% de tratamiento total (volumen total tratado vs volumen total volcado)	59%	67%	33%	32%	62%

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

El proceso de asegurar la coherencia de la serie temporal contempla aplicar las mismas metodologías y fuentes de información para todos los años. En este sentido, la serie temporal se ha actualizado introduciendo las siguientes modificaciones:

- Presentación de resultados en base a tablas de la GL1996.
- Actualización del uso y aplicación de todos los pasos metodológicos y recomendaciones de la GL1996 y OBP2000 para la estimación de emisiones de metano, lo que resulta en el cálculo del factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales (kg CH₄/kg DBO) a nivel global (nacional). Previamente se realizaba un factor de emisión y cálculo de emisiones por EPS, lo cual no seguía las directrices del IPCC, reduciendo la comparabilidad y exactitud del RAGEI.¹⁰
- Estimación del porcentaje de tratamiento de aguas residuales, en base al total recolectado o volcado en el sistema de las EPS. Previamente el valor utilizado reflejaba el porcentaje de agua tratada por cada EPS, dado que el cálculo de emisiones se realizaba por sólo por cada EPS.
- Estimación de las emisiones de la sub-categoría por el método del examen, como método de estimación rápida de las emisiones nacionales de CH₄ de las aguas residuales domésticas.

Los resultados de la implementación de estas acciones se traducen en cambios en las emisiones estimadas de los años de la serie temporal.

¹⁰ Las emisiones por EPS pueden calcularse igualmente, aplicando las fórmulas de cálculo a los datos de cada empresa en particular.

3000 2500 2000 1500 2,416.63 1000 2,016.69 <u>1,189.18</u> 1,422.31 1,414.08 1,480.91 1,482.17 1,636.09 500 9<mark>31.6</mark>8 0 Actualización Original Actualización Original Original Original Actualización Actualización Actualización 2000 2005 2010 2012 2014

Figura N° 5: Comparación de las estimaciones de emisiones de metano derivadas del tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales – resultados actualizados versus originales

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Es posible ver que existe un incremento de las emisiones estimadas para los años 2000 y 2005, mientras para el año 2010 y 2012 las emisiones se mantienen casi iguales. Esta variación se da por el cambio en la estimación del factor de emisión medio de metano.

No se han realizado ajustes a la serie temporal, es decir, no se aplicaron métodos para completar vacíos de información. Tampoco se ha realizado la actualización del INGEI 1994 debido a la falta de información del nivel de actividad, debiéndose evaluar la factibilidad de su actualización.

La siguiente tabla presenta los resultados de las estimaciones realizadas previamente (original) con los de las estimaciones del RAGEI 2014 (actualización).



Tabla N° 13. Serie temporal de emisiones originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014

	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]		[GgC	Emisiones GEI 2005 [GgCO ₂ eq]		Emisiones GEI 2010 [GgCO₂eq]		Emisiones GEI 2012 [GgCO ₂ eq] 2012				
	Código)	Categorías y subcategorías	Actualización	Original	Actualización	Original	Actualización	Original	Actualización	Original	2014 Actualización
6	T		Desechos									
	6A		Disposición de residuos sólidos en tierra									
		6A1	Manejo de residuos sólidos en tierra									
		6A2	Sitios de disposición de residuos sólidos sin manejo									
		6A3	Otros									
	6B		Tratamiento de aguas residuales									
		6B1	Efluentes industriales									
		6B2	Aguas residuales domésticas y comerciales	1,636.09	931.68	2,016.69	1,189.18	1,422.31	1,414.08	1,480.91	1,482.17	2,416.63
	6C		Incineración									
	6D		Otros									

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS).

3.4 Análisis de los resultados

Los resultados muestran que las emisiones del sector tienen un comportamiento creciente. Para comprender los factores que afectan las emisiones de este sector es importante analizar la cantidad y composición de las aguas residuales y el tipo de tratamiento implementado. En este sentido, el incremento de la población con acceso a sistemas de alcantarillado y de la fracción de aguas tratadas impulsa la tasa creciente de las emisiones de metano de esta sub-categoría.

20,000,000 15,000,000 5,000,000 Emisiones CH4
— Población con alcantarillado — Line al (Emisiones CH4)

Figura N° 6: Comparación de las estimaciones de emisiones de metano y la población con alcantarillado

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Adicionalmente, por el lado de las emisiones de óxido nitroso, estas se encuentran directamente ligadas al incremento de la población nacional, por lo que presentan una tendencia creciente de similar magnitud.



Figura N° 7: Comparación de las estimaciones de emisiones de óxido nitroso y población nacional

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

3.5 Subcategoría 6B2a: Aguas Residuales Domésticas y Comerciales

La sub-categoría 6B2, pertenece a la categoría denominada Aguas Residuales (6B) del sector Desechos (6). Esta categorización y codificación corresponde a las GL1996 del IPCC que ha sido la metodología utilizada para la estimación. La metodología a seguir para realizar la estimación de emisiones se detalla a continuación, específicamente para las emisiones de metano por el tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales, clasificado como 6B2a para al presente RAGEI.

3.5.1 Elección del método

Según las GL1996, la metodología establece un solo método de cálculo el cual está en función del volumen de efluentes generados y de un factor de emisión que caracteriza la medida en que tales

desechos generan CH₄. Este método puede aplicarse con un menor o mayor grado de desagregación, dependiendo de los datos de actividad y factores de emisión disponibles.

Enumere las fuentes de las aguas Determine la fracción de los efluentes residuales que entran en procedentes de fuentes industriales instalaciones de tratamiento de que descargan en el alcantarillado aguas residuales domésticas urbano Si Si Estime las emisiones de CH₄ ¿Existe un método procedentes del tratamiento de las nacional bien aguas residuales domésticas usando un documentado? método nacional No Estime las emisiones de Si el tratamiento de las aguas CH₄ procedentes No ¿Se dispone de datos residuales es una categoría No del tratamiento para caracterizar las principal de fuentes, ¿las de las aguas fuentes de aguas aguas residuales domésticas residuales residuales? constituyen una subcategoría domésticas por de fuente importante? el "método de examen" Si

Reúna datos o recurra al dictamen de expertos para caracterizar las fuentes de aguas residuales

Estime las emisiones de CH₄ procedentes

del tratamiento de las aguas residuales

domésticos usando el método del IPCC y

parámetros por defecto

Figura N° 8. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento de aguas residuales domésticas

Fuente: OBP2000, Capítulo 5, p. 5.16

Estime las emisiones de CH₄ procedentes del

tratamiento de las aguas residuales

domésticos usando el método del IPCC y

parámetros específicos del país

Si

¿Se dispone de

parámetros específicos del país para aplicar el método del IPCC? No

Nota 1: Una categoría principal de fuentes es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, "Determinación de las principales categorías de fuentes", del capítulo 7, "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos").

Nota 2: Como regla general, una subcategoría de fuentes es importante cuando representa entre el 25% y el 30% de las emisiones procedentes de la categoría de fuentes.

No se cuenta con información sobre la fracción de los efluentes procedentes de fuentes industriales que descargan en el alcantarillado ni de las fuentes de las aguas residuales que ingresan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Actualmente se maneja información del agua que ingresa y se trata por cada EPS. La información por fuente no existe dado que no existe un método nacional documentado para obtener la información.

Tampoco se cuenta con información completa o sistematizada para caracterizar las fuentes de aguas residuales, pero dado que el tratamiento de aguas residuales no es una categoría principal, el árbol de decisiones sugiere estimar las emisiones de metano por el "método de examen".

Sin embargo, se aplica de todas formas el método de cálculo del IPCC en base a los parámetros por defecto que proporciona el referido documento.

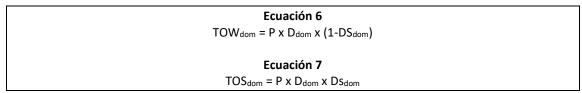
Tabla N° 14. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CH4, Sub-categoría Aguas Residuales Domésticas y Comerciales (6B2a)

Clasifica ción	Fuente de emisión / captura	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	TIER/Nive I
	Aguas residuales domésticas y	Población total o población urbana (miles de personas)	Población urbana	1
6B2a	comerciales	Tipo de sistema de tratamiento de las aguas residuales utilizados para las aguas residuales domésticas	-	1
		Fracción de las aguas residuales	Volumen volcado a la red	1
		tratadas por el sistema de tratamiento (%)	Volumen Tratado de A.R.	1
		Sistema de tratamiento de los lodos empleados para las aguas residuales domésticas	NE	
		Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento (%)	NE	
		Metano Recuperado y/o quemado en antorcha (kg de CH ₄)	NE	

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Las emisiones de metano se calculan con las siguientes ecuaciones.

Ecuación N° 1. Total de las aguas residuales orgánicas domésticas/comerciales y Total de los lodos orgánicos domésticos/comerciales



Donde:

- TOW_{dom} = total de aguas domésticas/comerciales orgánicas en kg DBO/año
- P = población en 1000 personas
- D_{dom} = componente orgánico degradable doméstico/comercial en kg DBO/1000 personas / año
- DS_{dom} = fracción de componente orgánico degradable doméstico/comercial removido en el lodo

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol.6, p. 6.18 - 6.19

La estimación del total de aguas domésticas/comerciales orgánicas se basa en la población con alcantarillado, dado que es la única población que puede generar efluentes con factibilidad de terminar en sistemas de tratamiento de agua por parte de las EPS. Se debe realizar el análisis de estimaciones en base a la población urbana, siguiendo así las recomendaciones de la GL1996. Utilizar la población urbana implicará probablemente determinar la fracción de aguas residuales tratadas en base a la generación de aguas residuales de toda esta población, y no solo la recolectada por la red de alcantarillado, por tanto, requiriendo una estimación adicional del agua residual producido, pero no volcado en la red.

El componente orgánico degradable, expresado en kg DBO no se basa en información de monitoreo de las EPS, sino en el Reglamento Nacional de Edificaciones, que define el DBO por habitante y por día como parte de la información suministrada para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. La GL1996 sugiere realizar consultas con expertos nacionales especializados para poder confirmar este valor (o actualizarlo).

La fracción de componente orgánico degradable doméstico/comercial removido en el lodo es un dato con el que no se contó al momento de elaborar el presente RAGEI. En este sentido se considera el valor por defecto propuesto por la GL 1996 que es igual a cero (0).

Ecuación N° 2. Emisiones de metano de las aquas residuales



Donde:

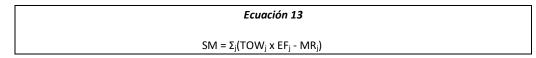
- WM = emisiones totales de metano de aguas residuales en kg CH₄
- TOW_i = total de aguas domésticas/comerciales orgánicas tipo i en kg DC
- EF_i = factor de emisión del agua residual tipo i en kg de CH₄ / kg DC
- MR_i = cantidad total de metano recuperado o quemado de cada tipo i de agua residual en kg de CH₄. Si no hay valor disponible, el valor por defecto es 0.

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol.6, p. 6.22

Nota: DC es componente degradable (DBO en el caso de aguas residuales domésticas/comerciales)

El total de metano recuperado o quemado no ha sido determinado para el presente RAGEI por lo que se utiliza el valor por defecto de la GL1996 que es igual a cero.

Ecuación N° 3. Emisiones de metano de los lodos



Donde:

- SM = emisiones totales de metano de lodos en kg CH₄
- TOS_i = total de lodos orgánicos residuales tipo j en kg DC
- EF_j = factor de emisión de lodo tipo j en kg de CH₄ / kg DC
- MR_j = cantidad total de metano recuperado o quemado de cada tipo j de lodo en kg de CH₄. Si no hay valor disponible, el valor por defecto es 0.

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol.6, p. 6.22

Nota: DC es componente degradable (DBO en el caso de aguas residuales domésticas/comerciales)

No se cuenta con información del total de lodos orgánicos residuales ni el metano recuperado o quemado por el tratamiento que este tipo de residuos puede generar por lo que no se estiman potenciales emisiones asociadas a eta fuente en el RAGEI 2014.

Ecuación N° 4. Emisiones netas de metano de aguas residuales domésticas y comerciales

	Ecuación 14
TN	1 = WM + SM

Donde:

- TM = Metano total del manejo de aguas residuales y lodos en kg de CH4
- WM = emisiones totales de metano de lodos en kg CH₄
- SM = emisiones totales de metano de aguas residuales en kg CH₄

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol.6, p. 6.23

El método del examen se estima con la siguiente ecuación:

Ecuación N° 5. Método del examen



Donde:

- WM = emisión anual de CH₄ procedente de aguas residuales domésticas, por país (Tg)
- P = población nacional o urbana de algunos países en desarrollo (número de personas)
- D = carga orgánica en la demanda bioquímica de oxígeno por persona (g de DBO/persona/día), valor general por defecto = 60 g de DBO/persona/día
- SBF = fracción de la DBO que se sedimenta rápidamente, valor por defecto = 0.5
- FE = factor de emisión (g de CH₄/g de DBO), valor por defecto = 0.6
- FTA = fracción de la DBO presente en los lodos que se degrada anaeróbicamente, valor por defecto = 0.8

Fuente: OBP 2003. Capítulo 5, recuadro 5.1, p. 5.17.

Para el presente RAGEI se utiliza la población total nacional, mientras que la carga orgánica es la misma que la utilizada en los cálculos en base a los pasos metodológicos de la GL1996 para mejorar consistencia en los resultados. Para el resto de parámetros se utilizan los valores por defecto de proporcionados por la OBP2000.

Es importante notar que este método considera una fracción de DBO en lodos mientras que para el cálculo en base a la GL1996, las estimaciones no contemplan emisiones por lodos al no contarse con información asociada a este sub producto del proceso de tratamiento de aguas residuales.

3.5.2 Descripción del nivel de actividad

La siguiente tabla describe la información utilizada para estimar las emisiones de metano del tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales.

Tabla N° 15. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación de emisiones de metano del año 2014, para aguas residuales domésticas y comerciales – 682a

682a						
Clasificación	Fuente de emisión / captura	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de Información	Uso de la información
6B2a	Aguas residuales domésticas y comerciales	Población total o población urbana (miles de personas)	Población con alcantarillado	person as	SUNASS (2014). Indicadores de gestión de las EPS a diciembre 2014. p.1, p. 4.	Base para la estimación del total de aguas residuales tratadas.
		Tipo de sistema de tratamiento de las aguas residuales utilizados para las aguas residuales domésticas	-	-	-	-
		Fracción de las aguas residuales tratadas por el sistema de tratamiento (%)	Volumen volcado a la red	m³	SUNASS (2014). Indicadores de gestión de las EPS a diciembre 2014. p.1, p. 4.	Aguas residuales que ingresan a la red de alcantarillado
			Volumen Tratado de A.R.	m3	SUNASS (2014). Indicadores de gestión de las EPS a diciembre 2014. p.1, p. 4.	Aguas residuales que realmente son procesadas en plantas de tratamiento registradas por SUNASS.
		Sistema de tratamiento de los lodos empleados para las aguas residuales domésticas	NE			
		Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento (%)	NE			
		Metano Recuperado y/o quemado en antorcha (kg de CH ₄)	NE			

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS)

La información proporcionada por SUNASS se considera representativa del sector dado que reporta información para cada EPS a nivel nacional, teniendo información completa para el año 2014. La información no ha tenido que ser ajustada o modificada para su uso, solo procesada para poder ser input en los pasos metodológicos de la GL1996.

De acuerdo a la información existente, a nivel nacional no se cuenta con información detallada de la operación de todos los sistemas de tratamiento de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales y comerciales.

La SUNASS es la entidad competente en la supervisión del funcionamiento de las EPS, por lo que es el referente oficial para las estadísticas operativas de estas empresas que permiten estimar las emisiones de metano de la sub-categoría.

Las acciones de mejora identificadas referidas a los datos de actividad se listan en la sección 3.1. Estas acciones de mejora van por el lado de precisar el universo de población utilizada para el cálculo,



determinar los sistemas de tratamiento existentes y la fracción de agua tratada por cada una de ellas a nivel nacional.

No se ha realizado aún un análisis exhaustivo de la pertinencia e implicancias de migrar hacia la GL2006, quedando como una acción de mejora a mediano plazo.

No ha sido necesario aplicar metodologías nacionales o especializadas para implementar las ecuaciones de cálculo de la GL1996.

3.5.3 Factores de emisión y conversión

Factores de emisión

El factor de emisión se obtiene de multiplicar la capacidad máxima de producción de metano (B_o), la fracción de efluentes tratados por el sistema de tratamiento y el factor de conversión en metano (FCM), tal como se describe en las ecuaciones listadas a continuación.

Ecuación N° 6. Factor de emisión medio para las aquas residuales domésticas/comerciales



Donde:

- EF = Factor de emisión (kg CH₄ / kg DC) por tipo de agua residual
- Bo_i = capacidad máxima de producción de metano (kg CH₄/kg DBO) por tipo de agua residual i
- WS_{ix} = fracción del tipo i de aguas residuales tratada con el sistema de tratamiento x
- MFC_x = Factor de conversión en metano para cada sistema de tratamiento x

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol.6, p. 6.21

Nota: MFC es el FCM en español

Para el presente RAGEI no se ha contado con información detallada de todos los tipos de tratamiento de aguas residuales y la fracción de aguas tratadas en cada una de ellas. Para el cálculo se ha estimado la fracción de aguas tratadas por cada EPS (volumen tratado dividido entre el total de aguas residuales volcadas en las redes de alcantarillado del total de las EPS).

No se cuenta con los factores de conversión en metano a nivel nacional por lo que se utiliza el valor por defecto dispuesto en la GL1996, aplicándolo para la fracción de tratamiento de aguas asignada a cada EPS.

La capacidad máxima de producción de metano utilizada es el valor por defecto propuesto por la GL1996.

En base a esta información se determina el factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales. Anteriormente, se realizaba el cálculo de factores de emisión por cada EPS, lo cual puede seguir realizándose, pero representa un error en la aplicación de la metodología de la GL1996 y por ende reduce la comparabilidad de los resultados. Toda estimación de emisiones en base a factores de emisión a nivel de cada EPS puede realizarse, pero sólo a modo referencial, sin agregar las emisiones para la contabilidad de las emisiones de la sub-categoría.

Ecuación N° 7. Factor de emisión por tipo de lodo

Ecuación 11
$EF_j = Bo_j \times \Sigma(SS_{jx} \times MFC_y)$

Donde

- EF = Factor de emisión (kg CH₄ / kg DC) por tipo de lodo
- Bo_j = capacidad máxima de producción de metano (kg CH₄/kg DBO) por tipo de lodo j

- WS_{jx} = fracción del tipo j de lodos tratados con el sistema de tratamiento y
- MFC_x = Factor de conversión en metano para cada sistema de manejo de lodos y

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol.6, p. 6.21

Nota: FCM es Methane conversion factor en versión en inglés - MCF

Dado que no se realizan estimaciones de emisiones por tratamiento de lodos, en el presente RAGEI no se estima el factor de emisión asociado.

La siguiente tabla describe la información relativa a factores de emisión o conversión utilizados.

Tabla N° 16. Factores utilizados – Aguas residuales domésticas y comerciales (6B2a)

Tabla N° 16. Factores utilizados – Aguas residuales domesticas y comerciales (6B2a)					
Fuente de emisión / captura	Factor	Valor	Unidad	Fuente de información	
	Componente orgánico degradable	50	g/hab.día	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. en g/hab.día	
	Fracción del componente orgánico degradable retirado como lodos para cada región/ciudad	0	Sin dimensión	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, Módulo 6, p. 6.15. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdfiles/spnch6-1.pdf	
Aguas residuales domésticas y comerciales	Factor de Conversión en Metano para el sistema de tratamiento	80	%	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, Módulo 6, p. 6.20. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdfiles/spnch6-1.pdf	
	Capacidad máxima de producción de metano para las aguas residuales	0.6	kg CH ₄ /kg DBO	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2000) Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Capítulo 5, p. 5.18. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5 Waste E S.pdf	
	Capacidad máxima de producción de metano correspondiente a los lodos (kg CH ₄ /kg DBO)	NE		-	

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Se deben implementar acciones para obtener valores nacionales para todos los factores de emisión requeridos en la aplicación de las metodologías de la GL1996. Aún no se ha desarrollado un análisis exhaustivo y detallado de las implicancias y necesidades de migrar hacia la GL2006, quedando como una acción de mejora en el mediano plazo.

Factores de conversión de unidades

Los factores de conversión de unidades utilizados se listan a continuación:

Tabla N° 17. Factores de conversión de unidades utilizados – Aguas residuales domésticas y comerciales (6B2a)

Masa					
1 tonelada =	1.00	Mg			
1 tonelada =	1,000.00	k			
1 kilogramo =	1,000.00	g			
1 tonelada =	1,000,000.00	g			

Fuente: GL2006, Volumen 8, Anexo 8A.1, p. A1.2.

1 m3	1,000.00	I

Fuente: Conversor unidades de medidas, Wight. Hat Ltd. Recuperado de: http://www.metric-conversions.org/es/volumen/tabla-de-conversion-de-centimetros-cubicos-a-litros.htm

Prefijo	Símbolo	Factor de multiplicación
Deca	da	10.00
Hecto	h	100.00
Kilo	k	1,000.00
Mega	М	1,000,000.00
Giga	G	1,000,000,000.00
Tera	Т	1,000,000,000,000.00

Fuente: GL2006, Volumen 8, Anexo 8A.1, p. 8A1.2.

Volumen				
1 centímetro cúbico	0.001	I		

Fuente: Conversor unidades de medidas, Wight. Hat Ltd. http://www.metric-conversions.org/es/volumen/tabla-de-conversion-de-centimetros-cubicos-a-litros.htm

3.5.4 Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la 6B2a se ha realizado aplicando el mismo método que para la subcategoría, es decir, el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesto por la OBP2000. Para ello, se utilizaron los siguientes valores por defecto dado que no se ha implementado un procedimiento de juicio de expertos para determinar valores nacionales.

Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y de los datos de actividad se utilizaron los valores por defecto recomendados por la OBP2000.

Tabla N° 18. Rangos de Incertidumbre por defecto en las aguas residuales domésticas

Parámetro	Rango de Incertidumbre
Población Humana	5%
DBO/persona	30%
Capacidad máxima de producción de metano (B _o)	30%
Fracción sometida a tratamiento anaeróbico	Debe determinarse mediante el dictamen de
	expertos, teniendo en cuenta que se trata de una
	fracción, y que las incertidumbres no deben
	hacer que se salga del rango de 0 a 1.

Fuente: OBP 2000, cuadro 5.3, p. 5.51

Para poder ingresar la información en la tabla de cálculo propuesta por la OBP2000 es necesario obtener un valor de incertidumbre para los datos de actividad y otro para los factores de emisión. Dado que no es posible estimar una incertidumbre cuantificada para la fracción sometida a tratamiento anaeróbico, se considera solo la incertidumbre de Bo para el caso de la incertidumbre de los factores de emisión. En el caso de los datos de actividad, se realiza una combinación de incertidumbres por multiplicación (regla B de la OBP2000).

Tabla N° 19. Incertidumbre combinada de los factores de emisión y datos de actividad

Combinación de incertidumbres			
Factores de emisión	30.00%		
Datos de Actividad	30.41%		

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

En la medida de lo posible, se deberá acudir al dictamen de expertos para mejorar la determinación de los valores de incertidumbre a utilizar, tomando en consideración la realidad nacional.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de metano para el año 2014 es igual a ± 42.72 %, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de la sub-categoría es igual a ± 113.96 %. Estos valores son considerados altos y por ende deben mejorarse la información de entrada y realizar juicios de expertos para determinar la real incertidumbre asociada.

Tabla N° 20. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones de metano – 6B2a

	Α			E	F	G	M	
Código de sector y categorías de fuentes		Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales	
	1996)				Datos de entrada	Datos de entrada	√ (E ² + F ²)	√ (K² + L²)
				%	%	%	%	
6В	6B Tratamiento de Aguas Residuales							
6B2a		Aguas residuales domésticas y comerciales	CH₄	30.41%	30.00%	42.72%	113.96%	

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

3.5.5 Control de calidad

Se han considerado los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la sección 2.4 del presente reporte. Además, la OBP2000 recomienda procedimientos específicos para la categoría de tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales). Estos procedimientos y las acciones llevadas a cabo (cuando aplican) se describen en la siguiente tabla.

Tabla N° 21. Aplicación de los procedimientos específicos de control de calidad - Aguas residuales domésticas y comerciales

Procedimiento específico	Comentario sobre la aplicación	
	(Procedimiento realizado por MVCS)	
COMPARACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LAS EMISIONES POR MÉTODOS DIFERENTES En lo que respecta a las aguas residuales domésticas, los organismos encargados de los inventarios deberán comparar la	Se ha realizado el cálculo de las emisiones con el método de examen. Es necesario profundizar el análisis realizado para explicar las discrepancias encontradas.	
estimación nacional, según corresponda, con las emisiones que se hayan estimado utilizando los valores por defecto del IPCC o el "método de examen". Este tipo de comparación recíproca debe constituir una práctica corriente de CC en todos los casos en que no se apliquen parámetros por defecto en el método de estimación. Los organismos encargados de los inventarios deberán registrar los resultados de dichas comparaciones con fines de documentación interna, e investigar cualquier discrepancia que resulte inexplicable.		

REVISIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- En el caso de las aguas residuales domésticas, los organismos encargados de los inventarios deberán comparar los valores de Bo específicos del país con el valor por defecto del IPCC (0,25 kg de CH4/kg de DQO o 0,6 kg de CH4/kg de DBO). Si bien no se dispone de valores por defecto del IPCC para la fracción de los desechos que se somete a tratamiento anaeróbico, se exhorta a los organismos encargados de los inventarios a que confronten los valores de los FCM con los de otros países que apliquen prácticas similares de tratamiento de las aguas residuales.
- Los organismos encargados de los inventarios deberán confirmar que las unidades utilizadas para el carbono degradable presente en los desechos concuerden con las unidades usadas para la B_o. A los efectos del cálculo de las emisiones, ambos parámetros deberán basarse en las mismas unidades (ya sea DBO o DQO). Deberá tenerse en cuenta esta misma consideración cuando se comparen las emisiones con los resultados del método de examen o con las emisiones de otro país.
- En lo que respecta a los efluentes industriales, los organismos encargados de los inventarios deberán confrontar los valores de FCM con los de otros inventarios nacionales que tengan características similares en lo relativo a los efluentes industriales.

No aplica, dado que se usan sólo valores por defecto para el caso del B_0 .

En relación a la recomendación sobre confrontar los valores de FCM con los de otros inventarios nacionales, no se ha realizado la comparación por no contar con información detallada para este fin.

Se incluye como mejora estimar el valor nacional del factor de conversión para el metano – FCM.

Si se ha realizado una confirmación de la consistencia entre los parámetros de carbono degradable utilizados en el presente RAGEI.

REVISIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD

- En el caso de los efluentes industriales, los organismos encargados de los inventarios deberán revisar los conjuntos de datos secundarios (p.ej., las estadísticas nacionales o los datos suministrados por organismos reguladores, asociaciones para el tratamiento de las aguas residuales o asociaciones industriales) que se hayan utilizado para estimar y clasificar la producción de desechos industriales en términos de DQO. En algunos países puede haber un control reglamentario de las descargas industriales, en cuyo caso es posible que ya existan protocolos importantes de GC/CC para determinar las características de los efluentes de cada industria.
- Los organismos encargados de los inventarios deberán comparar los datos específicos del país (la DBO de las aguas residuales domésticas o la DQO de la producción industrial) con los valores por defecto del IPCC. Si los organismos encargados de los inventarios utilizan valores específicos del país, deberán documentar las causas de las diferencias existentes entre esos valores específicos del país o de la industria, y los valores por defecto.

No aplica (recomendaciones para efluentes industriales).

PARTICIPACIÓN DE EXPERTOS DE LA INDUSTRIA EN LA REVISIÓN

- En algunos países, el tratamiento de las aguas residuales domésticas está sometido a una vigilancia y una reglamentación estrictas (especialmente en las zonas urbanas), lo que puede dar lugar a que se solicite la intervención de especialistas en la materia para que revisen los elementos que se hayan tenido en cuenta en el cálculo de las emisiones. Esta revisión deberá ser realizada por expertos que conozcan el parámetro de entrada utilizado. La revisión por especialistas es particularmente importante a los efectos de verificar los valores de FCM y otros parámetros para los cuales el IPCC no establece valores por defecto que permitan hacer comparaciones recíprocas.
- En lo que respecta a los efluentes industriales, los organismos encargados de los inventarios deberán hacer

No se ha realizado el involucramiento de expertos de la industria en la revisión de las estimaciones.

participar a expertos industriales que conozcan determinados parámetros de entrada. Estos expertos deberán, por ejemplo, revisar las características de los efluentes industriales y su método de tratamiento, sobre la base de sus conocimientos especializados sobre una determinada industria. La revisión por especialistas es particularmente importante a los efectos de verificar los valores de FCM y otros parámetros para los cuales el IPCC no establece valores por defecto que permitan hacer comparaciones recíprocas.

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS) en base a OBP2000, Capítulo 5, p. 5.26

No se han aplicado procedimientos de gestión de calidad en el presente RAGEI.

3.5.6 Análisis de resultados de la subcategoría

El resultado de la estimación de las emisiones de metano en base a los pasos metodológicos de la GL 1996 para la sub-categoría de aguas residuales domésticas y comerciales del Sector Desechos – 6B2a es igual a 87.11 Gg de CH₄ que equivalen a 1,829.28 Gg CO₂ eq.

700.00
600.00
500.00
400.00
300.00
200.00
1.89

Óxido nitroso
[GgN2O]

Emisiones de GEI
[GgCO2eq]

Figura N° 9. Emisiones de metano en Gg CO₂ eq de aguas residuales domésticas y comerciales del Sector Desechos – 6B2a, 2014

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

A nivel de la serie temporal de las emisiones de metano, se puede determinar una tendencia lineal creciente y la correlación directa con las emisiones totales de la subcategoría en Gg de CO₂eq. La dinámica de las emisiones de este gas se explica en la sección 4.3.

100.00 3,000.00 87.11 90.00 2,500.00 80.00 70.79 70.00 2,000.00 54.29 60.00 50.00 1,500.00 43.21 41.01 40.00 1,000.00 30.00 20.00 500.00 10.00 2000 2005 2010 2012 2014 Emisiones CH4 Emisiones CO2eq Lineal (Emisiones CH4)

Figura N° 10. Emisiones de metano en Gg CH4 y emisiones de la sub-categoría en Gg de CO2 eq de aguas residuales domésticas y comerciales del Sector Desechos – 6B2a, serie temporal

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

La actualización de las estimaciones de la serie de años 2000, 2005, 2010 y 2012 se realizó utilizando el mismo procedimiento descrito para el año 2014, sin necesidad de técnicas especiales (ej. extrapolación, superposición parcial, etc.) y empleando las mismas fuentes de información para asegurar comparabilidad y coherencia.

Adicionalmente a las emisiones estimadas en base a la GL1996, se han estimado las emisiones de metano en base al método de examen dispuesto en la OBP2000. Las emisiones se encuentran directamente relacionadas con la población nacional.

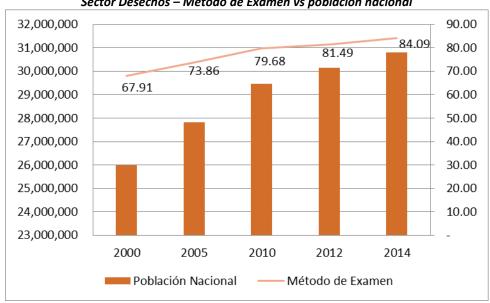


Figura N° 11. Emisiones de metano en Gg de CH4 de aguas residuales domésticas y comerciales del Sector Desechos – Método de Examen vs población nacional

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

La OBP 2000 indica que "Cuando en un país no se dispone de datos para determinar el porcentaje de la población que está conectada a los distintos tipos de tratamiento en uso y, en particular, cuando gran parte de la población carece de sistemas de alcantarillado, la aplicación completa del procedimiento del IPCC puede pasar por alto emisiones de importancia, por lo que se hace necesario cotejar sus resultados con los resultados del método de examen". A nivel nacional, se cumple con lo descrito en la OBP2000 y los resultados de emisiones de metano con el método de examen son mayores en todos los años salvo en el 2014.

No ha sido posible profundizar el análisis entre el resultado de las emisiones aplicando ambas metodologías, por lo que queda como una acción de mejora a futuro verificar que los cálculos se han aplicado de la forma más apropiada y que son comparables con los resultados del método de examen.

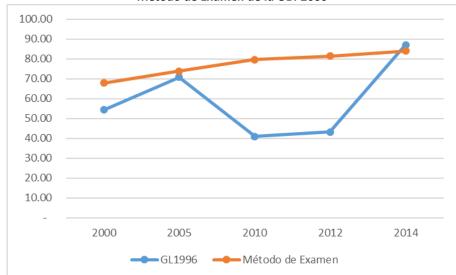


Figura N° 12. Emisiones de metano en Gg de CH₄ resultantes de la aplicación de la GL1996 y el Método de Examen de la OBP2000

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

3.5.7 Siguientes pasos

- Es deseable obtener una clasificación del tipo de tecnología utilizado en sistemas de tratamiento de las aguas residuales y la fracción de las aguas tratadas en cada una de ellas para poder aplicar los pasos metodológicos de la GL1996. Previamente se realizaba una aplicación parcial, dado que no se cuenta con la lista total de sistemas de tratamiento y la fracción de aguas residuales tratadas por cada una de ellas.
- Estimar el factor de conversión en metano de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional como parte del cálculo del factor de conversión global (nacional). Este punto está directamente relacionado con el punto anterior.
- 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. Actualmente no se estiman emisiones asociadas al tratamiento de lodos y por tanto es relevante completar esta fuente de emisión para mejorar la exhaustividad del RAGEI.
- Reevaluar la utilización de la información del ámbito urbano (sugerido por la GL1996) y el uso de la producción de efluentes de este universo de población para determinar su pertinencia en futuros RAGEI.
- Estimar el valor nacional de la capacidad máxima de producción de metano para los efluentes
 Bo, así como valores nacionales del resto de parámetros utilizados.

- Estimar el valor nacional de la fracción de nitrógeno en la proteína (kg nitrógeno/kg proteína) definiendo para este fin la mejor metodología de estimación.
- Profundizar el análisis realizado para explicar las discrepancias encontradas al aplicar el método de examen.
- Determinar el componente orgánico degradable (DBO) en base a información medida (real) para dejar de usar información teórica provista por el Reglamento Nacional de Edificaciones del año 2006.
- Acudir a juicio de expertos para mejorar los resultados del análisis de incertidumbre, revisar los datos de actividad y los factores de emisión.
- Del mismo modo, es deseable determinar un factor de conversión para el metano FCM específico para al país, que se deriva del promedio ponderado de los factores de conversión del metano (FCM) de los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en el país, la OBP2000 describe la metodología general para ello.
- Asimismo, la fracción de efluentes tratados también podría ser hallada para un nivel nacional.
 Al aproximarse a la realidad nacional estos factores permiten obtener un factor de emisión más representativo al país y aumentar la exactitud de las estimaciones.
- Es prioritario fortalecer las capacidades para hacer de la elaboración del RAGEI un proceso continuo.

Las mejoras planificadas se enlistan en la sección 1. Una primera tarea sería es establecer una hoja de ruta para la implementación de las mejoras en el marco de la elaboración de los próximos RAGEI.

3.6 Subcategoría 6B2b: Excremento humano

La subcategoría 6B2b, pertenece a la categoría denominada Aguas Residuales (6B) del sector Desechos (6). La metodología a seguir para realizar la estimación de emisiones se detalla a continuación.

3.6.1 Elección del método

Según las GL1996, la metodología establece un solo método de cálculo el cual está en función del volumen del total de población a nivel nacional y el consumo medio anual per-cápita de proteína, multiplicados por factores de emisión para la estimación de emisiones de óxido nitroso.

El IPCC no presenta un árbol de decisiones para la estimación del óxido nitroso, dado que se detalla sólo un nivel metodológico y una ecuación de cálculo. En el RAGEI 2014 se aplica el método de cálculo el IPCC dispuesto en la GL1996, en base a los parámetros por defecto que proporciona este documento.

Tabla N° 22. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de N₂O, Sub-categoría Aguas Residuales Domésticas y Comerciales (6B2b)

Clasifica ción	Fuente de emisión / captura	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	TIER/Nivel
6B2b	Excremento humano	Población (cifra)	Población total	1
		Consumo medio anual per-cápita de proteína en kg/persona/año	Consumo total de proteínas 2006-08	1

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Las emisiones de óxido nitroso se calculan con las siguientes ecuaciones.

Ecuación N° 8. Emisiones de N₂O procedentes del excremento

Ecuación 15

 $N_2O_{(S)}$ = Proteína x Frac_{NPR} x NRPEOP_{LE} x EF₆

Donde:

- $N_2O_{(s)}$ = emisiones de N_2O del alcantarillado humano (kg N_2O -N/año)
- Proteína = ingesta per cápita de proteína (kg/persona/año)
- NR_{PEOPLE} = número de personas en el país
- EF₆ = factor de emisión (defecto 0.01 (0.002-0.12) kg N₂O-N/kg alcantarillado -N producido) (Ver Tabla 4-18 en el Capítulo de Agricultura)
- Frac_{NPR} = fracción de nitrógeno en la proteína. Valor por defecto = 0.16 kg N/kg proteína) (Ver Tabla 4-19 en el Capítulo de Agricultura)

Fuente: GL1996. Manual de Referencia, Vol. 6, p. 6.28

Para el presente RAGEI no se ha contado con información nacional actualizada del consumo per-cápita de proteína, del factor de emisión o de la fracción de nitrógeno en la proteína; recurriendo así a los valores por defecto dispuestos por el IPCC. La población nacional si es provista por estadísticas nacionales oficiales.

3.6.2 Descripción del nivel de actividad

La siguiente tabla describe la información utilizada para estimar las emisiones de óxido nitroso presente en el excremento humano.

Tabla N° 23. Descripción del nivel de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación de emisiones de óxido nitroso del año 2014– 6B2b

Clasificación	Fuente de emisión / captura	Nivel de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de Información	Uso de la información
		Población (cifra)	Población total	personas	INEI (2014). Población y Vivienda. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/est adisticas/indice- tematico/poblacion-y- vivienda/	Base para la estimación del total de
6B2b	Excremento humano	Consumo medio anual per- cápita de proteína en kg/persona /año	Consumo total de proteínas 2006-08	g/persona/ día	FAO (2011). Perfil de País: Indicadores de Seguridad Alimentaria. Recuperado de:http://www.fao.org/filead min/templates/ess/documen ts/food_security_statistics/c ountry_profiles/esp/Peru_S. pdf	nitrógeno en la proteína de las aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (DGAA- MVCS)

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

Las acciones de mejora identificadas para mejorar los datos de actividad se listan en la sección 3.1. Estas acciones de mejora van por el lado de actualizar la información relativa al consumo total de proteína por persona y establecer las bases para que esta se actualice y publique de forma periódica.

No se ha realizado aún un análisis exhaustivo de la pertinencia e implicancias de migrar hacia la GL2006, quedando como una acción de mejora a mediano plazo.

No ha sido necesario aplicar metodologías nacionales o especializadas para implementar las ecuaciones de cálculo de la GL1996.

3.6.3 Factores de emisión y conversión

Factores de emisión

El factor de emisión es dado por defecto por la GL 1996 y la fracción de nitrógeno en la proteína también se basa datos por defecto de la misma guía.

Tabla N° 24. Factores de emisión y conversión utilizados – excremento humano (6B2b)

Fuente de emisión / captura	Factor de emisión	Valor	Unidad	Fuente de información
Excremento humano	Fracción de nitrógeno en la proteína (kg N/kg proteína)	0.16	Kg N/Kg proteína	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, Módulo 6, p. 6.25. Recuperado de http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/pdfiles/spnch6-2.pdf
	Factor de emisión EF6 (kg N₂O-N/kg de N)	0.01	kg N₂O-N/kg de N	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, Módulo 6, p. 6.25. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdfiles/spnch6-2.pdf

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

Se deben implementar acciones para obtener valores nacionales de la fracción de nitrógeno en la proteína y el factor de emisión aplicable.

Aún no se ha desarrollado un análisis exhaustivo y detallado de las implicancias y necesidades de migrar hacia la GL2006, quedando como una acción de mejora en el mediano plazo.

Factores de conversión de unidades

Los factores de conversión de unidades utilizados son los mismos que los presentados en la sección 3.5.3.

3.6.4 Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la 6B2b se ha realizado aplicando el mismo método que para la subcategoría, es decir, el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesto por la OBP2000. Para ello, se utilizaron valores por defecto dado que no se ha implementado un procedimiento de juicio de expertos para determinar valores nacionales. Los valores por defecto de la incertidumbre de los datos de actividad se han recogido de la GL2006 dado que no existen valores referenciales en la GL1996 o en la OBP2000. Si bien la metodología de cálculo de la GL2006 no es exactamente igual que la aplicada en el presente RAGEI, si contempla parámetros equivalentes, por lo que se considera apropiado usar los valores de esta guía.

Tabla N° 25. Incertidumbre por defecto para los datos de actividad de emisiones de óxido nitroso

Definición	Valor por Defecto	Intervalo			
Datos de actividad					
Cantidad de personas en el país	Específico del país	± 10 %			
Consumo anual de proteína per cápita	Específico del país	±	10 %		
Fracción de nitrógeno contenido en la proteína (kg. de N/kg. de proteína)	0.16	0.15	0.17		

Fuente: GL2006. Volumen 5, Capítulo 6, cuadro 6.11, p 6.30

Ante la falta de un rango de valores de incertidumbre, el valor asociado al factor de emisión se estima en base al rango de valores provisto por la GL1996.

Tabla N° 26. Incertidumbre por defecto para el factor de emisión de las emisiones de óxido nitroso

Definición	Valor por Defecto	Inte	rvalo
Factor de emisión			
Factor de emisión, (kg. de N₂O-N/kg. de N)	0.01	0.002	0.12

Fuente: Tabla elaborada en base a GL1996. Manual de Referencia, Vol. 6, p. 6.28

Para poder ingresar la información en la tabla de cálculo propuesta por la OBP2000 es necesario obtener un valor de incertidumbre para los datos de actividad y otro para los factores de emisión. Dado que existe más de un valor de incertidumbre asociado a los datos de actividad se realiza una combinación de incertidumbres por multiplicación (regla B de la OBP2000).

Tabla N° 27. Incertidumbre combinada de los factores de emisión y datos de actividad

Combinación de incertidumbres										
Factores de emisión	510.00%									
Datos de Actividad	15.36%									

Fuente: Elaboración propia (DGAA – MVCS)

Dado el importante rango de valores para el factor de emisión, resulta indispensable acudir al dictamen de expertos para mejorar la determinación de los valores de incertidumbre nacional. El dictamen de expertos también se deberá implementar para los parámetros de los datos de actividad.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de óxido nitroso para el año 2014 es igual a ± 510.23%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de la sub-categoría es igual a ± 713.83%. Estos valores son considerados muy altos y deben derivar en acciones de mejora en el corto plazo.

Tabla N° 28. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones de óxido nitroso – 6B2b

			Α	В	E	F	G	M
	Código de sector y categorías de fuentes (GL 1996)		Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
•					Datos de entrada	Datos de entrada	√ (E² + F²)	√ (K² + L²)
					%	%	%	%
	6B		Tratamiento de Aguas Residuales					
	6B2b Excremento humano N ₂ O 15.36%		510.00%	510.23%	713.83%			

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

3.6.5 Control de calidad

Se han considerado los procedimientos de control de calidad que se han descrito en la sección 2.4 del presente reporte. No existen procedimientos adicionales aplicables a la estimación de óxido nitroso por excremento humano.

No se han aplicado procedimientos de gestión de calidad en el presente RAGEI.

3.6.6 Análisis de resultados de la subcategoría

El resultado de la estimación de las emisiones de óxido nitroso de la sub-categoría de aguas residuales domésticas y comerciales del Sector Desechos – 6B2b para el año 2014 es igual a 1.89 Gg de N_2O que equivalen a 587.35 Gg CO_2 eq.

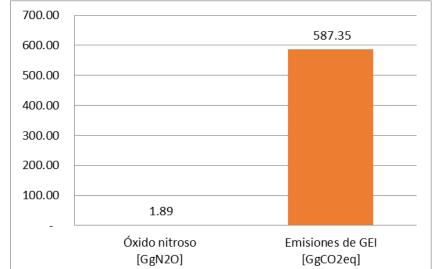
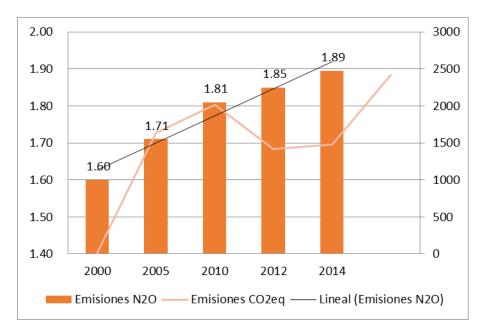


Figura N° 13. Emisiones de óxido nitroso en Gg CO₂ eq , Sector Desechos – 6B2b, 2014

Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

A nivel de la serie temporal de las emisiones de óxido nitroso, se puede determinar una tendencia lineal creciente. La correlación con las emisiones totales de la subcategoría en Gg de CO₂eq se da a través de la tendencia global de la serie, pero dado que las emisiones de la sub-categoría son altamente influenciadas por las emisiones de metano, no existe una relación directa de las variaciones anuales. La dinámica de las emisiones de este gas se explica en la sección 4.3.

Figura N° 14. Emisiones de óxido nitroso en Gg N₂O y emisiones de la sub-categoría en Gg de CO₂eq del excremento humano, del Sector Desechos – 6B2b, serie temporal



Fuente: Elaboración propia (DGAA - MVCS)

3.6.7 Siguientes pasos

- Estimar el consumo promedio per-cápita de proteína actualizado para el cálculo de las
 emisiones de óxido nitroso, dado que actualmente se utilizan valores de los años 2006-2008.
 Este proceso implica determinar las competencias de esta acción, realizar las coordinaciones
 necesarias y definir una metodología y periodicidad de actualización. Asimismo, se considera
 pertinente explorar la posibilidad de estimar el consumo promedio para los años de los
 inventarios anteriores y así actualizar la serie temporal de emisiones, o implementar técnicas
 de extrapolación y otras que permitan obtener esta información.
- Estimar el valor nacional de la fracción de nitrógeno en la proteína (kg nitrógeno/kg proteína).
 Debe contemplar las mismas acciones que para el punto anterior.
- Estimar el valor nacional del factor de emisión de óxido nitroso por excremento humano. Este
 dato es de especial relevancia dada la alta incertidumbre asociada a su uso. En este sentido,
 la determinación del valor medio para los años de la serie temporal debe ir acompañada por
 un análisis de incertidumbre basada en juicio o dictamen de expertos nacionales.
- Revisar el análisis de incertidumbre (los datos de incertidumbre y su cálculo) y acudir a
 dictamen de expertos para validar y/o estimar los valores de incertidumbre a utilizar (factores
 de emisión y datos nacionales), tomando en consideración la realidad nacional. Este
 procedimiento debe cumplir con los pasos y condiciones mínimas dispuestas en las directrices
 del IPCC.
- Fortalecer las capacidades para hacer de la elaboración del RAGEI un proceso continuo.

Las mejoras planificadas se enlistan en la sección 1. Una primera tarea pendiente es establecer una hoja de ruta para la implementación de las mejoras en el marco de la elaboración de los próximos RAGEI.

BIBLIOGRAFÍA

- INFOCARBONO. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012.* Lima: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.
- SUNASS (2014). Indicadores de gestión de las EPS a diciembre 2014. p.1, p. 4.
- INEI (2014). Población y Vivienda. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/
- 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
- 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. en g/hab.día
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, Módulo 6, p. 6.15. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdfiles/spnch6-1.pdf
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2000) Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Capítulo 5, p. 5.18. Recuperado de http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, Módulo 6, p. 6.125. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdfiles/spnch6-2.pdf
- SUNASS (2015). Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de Operación de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento. Recuperado de: www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar2.pdf

ANEXO:

Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI

Datos	Descripción								
Nombres y Apellidos	Marissa Andrade Gambarini								
Cargo	Especialista Ambiental								
Correo Electrónico	mandrade@mvcs.gob.pe								
Teléfono - Anexo	2117930-2242								
Dirección de Línea	Dirección General de Asuntos Ambientales								
Institución	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.								

Anexo 2: Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI

Código de sector y categorías de fuentes (GL 1996)	Categoría del IPCC	Emisiones año base (INGEI 2010)	Emisiones año t (RAGEI 2014)		Incertidumhre	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Sensibilidad tipo A	Sensibilidad tipo B	emisiones emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre	
		Datos de entrada Gg CO ₂ eq	Datos de entrada Gg CO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{(E^2 + F^2)}$ %	(G·D) / Σ D	%	D/ΣC %	l • F %	J · E · √2 %	√ (K ² + L ²) %

6	Desechos												
6B	Tratamiento de Aguas Residuales												
6B2	Aguas residuales domésticas y comerciales	CH ₄	861.21	1,829.28	30.41%	30.00%	42.72%	32.34%	-140.93%	128.61%	-42.28%	55.32%	69.62%
		N ₂ O	561.10	587.35	15.36%	510.00%	510.23%	124.01%	-140.11%	41.30%	-714.57%	8.97%	714.63%
		Total	1.422.31	2.416.63				128.16%				+/-	718.01%

Fuente: OBP2000, Capítulo 6, p. 6.17 (The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000)