

RAGEI 2019

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO DEL SECTOR
DESECHOS 2019



CATEGORÍAS:

**TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN
DE AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES**

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2019.

Categoría: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales

Subcategoría: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Preparado por:

Ministerio de la Producción

Viceministerio de MYPE e Industria

Dirección General de Asuntos Ambientales

Lima, 2023

CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	4
RESUMEN EJECUTIVO.....	5
1 INTRODUCCIÓN	7
2 SITUACIÓN DEL SECTOR	8
3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI.....	10
3.1 Organización para la elaboración del RAGEI	10
3.2 Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI	11
3.3 Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI	12
4 METODOLOGÍA APLICADA	12
4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI.....	14
4.2 Metodología para el análisis de incertidumbre.....	14
4.3 Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal	14
5 RESULTADO DE LA SUBCATEGORÍA AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	15
5.1 Método de cálculo	16
5.2 Datos de actividad	19
5.2.1 Datos de actividad del subsector productivo Industria y PYME.....	19
5.2.2 Datos de actividad del subsector productivo pesca y acuicultura	22
5.2.3 Correspondencia de los datos de actividad con la clasificación del IPCC.....	23
5.2.4 Tipo de tratamiento de aguas residuales industriales.....	25
5.3 Factores de emisión y conversión	26
5.4 Análisis de incertidumbre	30
5.5 Análisis de resultados	32
5.6 Actualización de la serie temporal.....	34
5.7 Control de calidad y garantía de la calidad.....	36
5.7.1 Control de calidad.....	37
5.7.2 Garantía de calidad.....	37
5.8 Sigüientes pasos.....	38
6 BIBLIOGRAFÍA.....	44
7 ANEXOS	47
7.1 Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI	47
7.2 Anexo 2: Procedimiento de control de calidad	48
7.3 Anexo 3: Procedimiento de garantía de la calidad.....	53

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ARI	Aguas Residuales Industriales
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
DGAAMI	Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria
DGAAMPA	Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas
DGSP	Dirección General de Sostenibilidad Pesquera
EI	Efluentes Industriales
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Directrices del IPCC de 2006	Directrices del IPCC del 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, en español)
MINAM	Ministerio del Ambiente
MYPE	Micro y pequeña empresa
OGEIEE	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos
PIUP	Procesos Industriales y Uso de Productos
PBI	Producto Bruto Interno
PRODUCE	Ministerio de la Producción
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SUNAT	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria

RESUMEN EJECUTIVO

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) del Sector Desechos, Categoría Aguas Residuales Industriales describe el proceso de estimación y resultados de las emisiones de GEI correspondientes al año 2019 y de la actualización de las estimaciones de los años 2016, 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000.

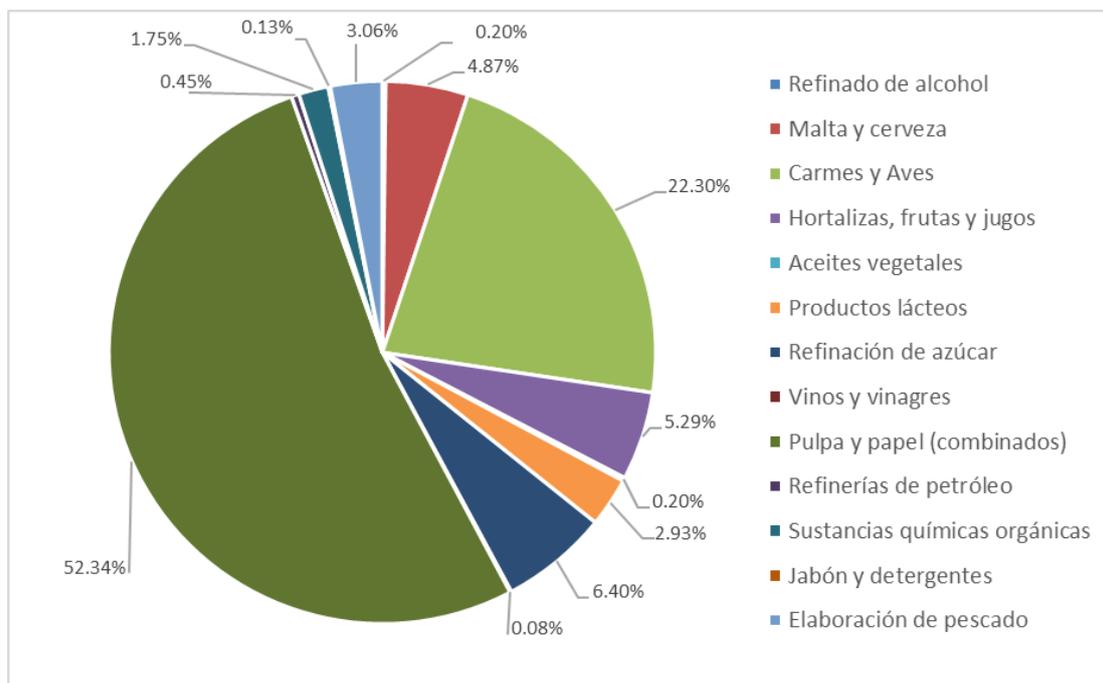
El RAGEI 2019 presenta los resultados de las emisiones metano (CH₄) asociados a la Categoría Aguas Residuales Industriales, calculados aplicando la metodología de las Directrices del Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en adelante, Directrices del IPCC de 2006).

Los valores de GEI se reportan en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), utilizando el Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación (AR5, por sus siglas en inglés), que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años.

Las emisiones de GEI del Sector Desechos, Categoría Aguas Residuales Industriales resultaron en 40.28 Gg CH₄ que equivalen a 1,127.71 Gg CO₂ eq.

En la siguiente figura se presenta este resultado en función a los rubros de producción considerados en el presente reporte, expresados en participación porcentual.

Figura 1. Participación porcentual de las emisiones de metano de la subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales en el año 2019

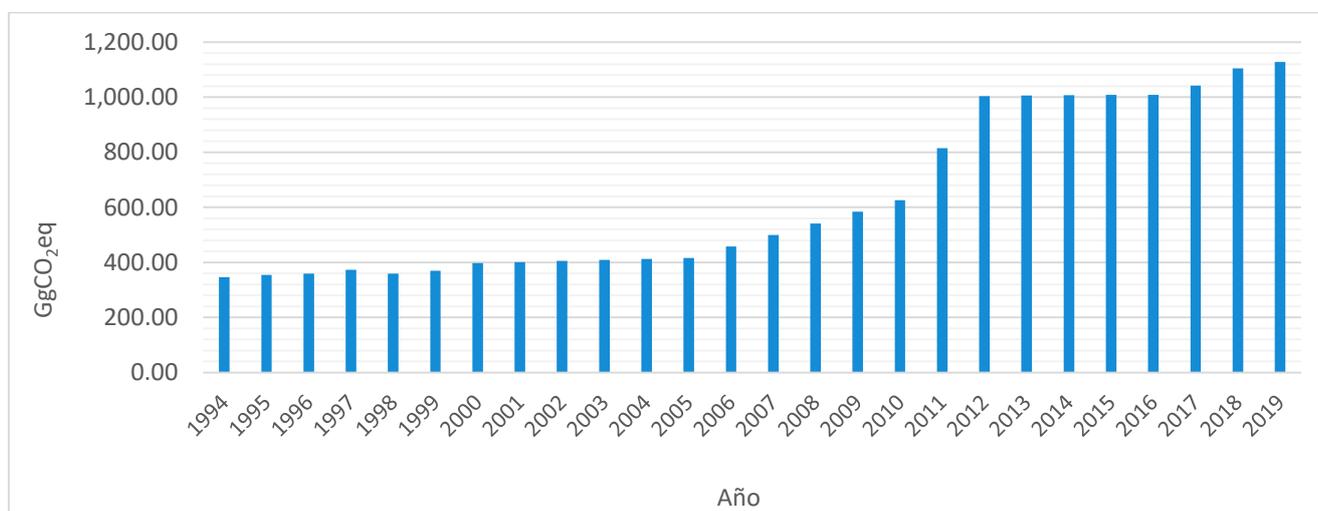


Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

De la figura anterior, se puede observar que la industria con mayor contribución en las emisiones es la industria de papel que participa con el 52.3 %. La segunda industria identificada con mayor participación es la correspondiente a la producción de carnes (22.3 %), la tercera es la industria del azúcar (6.4 %), la cuarta la industria de las hortalizas, frutas y verduras (5.3 %) y la quinta la industria de malta y cervezas (4.9 %).

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI desde el año 1994 al 2019, estimadas con la misma metodología, aunque utilizando métodos para completar vacíos en la serie de los datos de producción en los intervalos de años donde, en el marco de los RAGEI, no se ha realizado recopilación y/o procesamiento de información. La serie temporal se muestra en la siguiente figura:

Figura 2. Serie temporal de las estimaciones de emisiones de metano derivadas del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales del 1994 – 2019



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Los resultados muestran que las emisiones de esta subcategoría tienen un comportamiento creciente, con una directa relación con el comportamiento del sector industrial. Para comprender los factores que afectan las emisiones de esta subcategoría es importante analizar cada rubro o ítem productivo. A partir de la identificación de las principales industrias, se puede priorizar el análisis para determinar los factores más importantes que afectan las emisiones estimadas.

1 INTRODUCCIÓN

Entre los compromisos del Perú como país parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) está la elaboración periódica de su Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). En dicho contexto, mediante la Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM se establece que el Ministerio de la Producción (PRODUCE) es la entidad competente encargada de la elaboración del *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Procesos Industriales y Uso de Productos - Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los metales* y del *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos. Categoría: Aguas Residuales Industriales*. Los Reportes Anuales de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) se elaboran periódicamente para formar parte del INGEI que se presenta como país ante la CMNUCC.

El “Reporte Anual de Gases de Efecto - Invernadero de la categoría Aguas Residuales Industriales del año 2019” (RAGEI ARI 2019) tiene como objetivo reportar las emisiones de metano (CH₄) generadas en el país durante el año 2019 por el tratamiento y/o disposición de los efluentes industriales; y, está conformado por varios documentos que describen el proceso y presentan los resultados obtenidos que incluyen: el presente documento de reporte (informe), la planilla de cálculo que integra las estimaciones de los años 2019, 2016, 2014, 2012, 2010, 2005, 2000; y, el archivo de fuentes de información correspondiente.

Las estimaciones fueron realizadas siguiendo las metodologías recomendadas por el IPCC en las “Directrices IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (Directrices del IPCC de 2006). Asimismo, se emplearon los valores de Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el IPCC en su Quinto informe de evaluación del IPCC (AR5).

El RAGEI ARI 2019 ha sido elaborado por la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DGAAMI) del PRODUCE con la asistencia técnica de la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del Ministerio del Ambiente (MINAM).

2 SITUACIÓN DEL SECTOR

En el año 2019, el desempeño de la producción manufacturera, medida por el Índice de Volumen Físico (IVF) para el sector industrial manufacturero, registró una disminución de 1,7% respecto al año anterior (PRODUCE, 2020a). Los principales factores que afectan el desempeño de la producción manufacturera están relacionados con el comportamiento del sector externo, el comportamiento del sector interno y el comportamiento del sector construcción.

En relación con el sector externo, el desempeño de la producción manufacturera se vio afectado, entre otros factores, por la disminución de la demanda externa, donde se observa que el valor de las exportaciones se redujo con relación al año previo, lo que estaría asociado a la contracción de las actividades relacionadas a la elaboración y conservación de pescado, crustáceos y moluscos, así como la fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos (PRODUCE, 2020a). Esta última industria también fue afectada por la caída del precio internacional de los metales básicos (PRODUCE, 2020a).

Por su parte, en el sector interno, las principales actividades industriales orientadas a la demanda interna cerraron el año con comportamientos mixtos (PRODUCE, 2020a). Por un lado, el menor consumo privado afectó a algunas actividades tales como: impresión y productos de molinería (PRODUCE, 2020a). Por otro lado, se observa un aumento en la producción de bebidas gaseosas y aguas, productos de panadería y bebidas malteadas y de malta. Asimismo, de productos farmacéuticos y medicinales, influenciado por una mayor demanda de la población. (PRODUCE, 2020a)

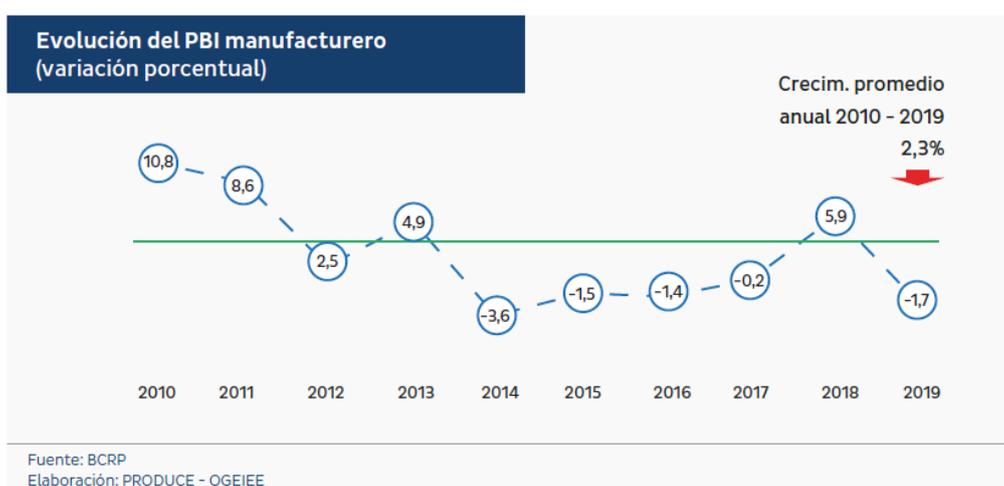
El débil desempeño del subsector fabril no primario en el año 2019 está asociado al reducido crecimiento registrado por los sectores económicos vinculadas a la industria manufacturera, siendo estos el sector construcción y comercio (PRODUCE, 2020a). En 2019, el sector construcción creció apenas 1,3%, esta tasa incidió en algunas actividades industriales, principalmente, por el menor abastecimiento de insumos (PRODUCE, 2020a). Sin embargo, el ligero incremento que registró el sector construcción se debió a un aumento en la ejecución de proyectos de infraestructura privada, el cual incidió en el desempeño positivo de la producción industrial de estructuras metálicas, materiales de construcción y artículos de hormigón y cemento. (PRODUCE, 2020a)

En el año 2019, el Producto Bruto Interno (PBI) del sector manufacturero alcanzó los S/. 67 334 millones, manteniéndose como uno de los sectores con mayor participación en el PBI Nacional con un 12.3% (PRODUCE, 2020a). Sin embargo, se observa una contracción de 1,7% en relación con el año anterior, esto debido a que, a pesar de que la actividad productiva del subsector fabril no primario aumentó, la actividad productiva primario tuvo una caída mayor de -8,8% (PRODUCE, 2020a). El desempeño positivo del subsector fabril no primario fue resultado de la industria de bienes de consumo y bienes intermedios, mientras que la disminución del subsector manufacturero primario se debió a la caída de tres de las cinco ramas que la componen debido a una menor demanda interna y externa (PRODUCE, 2020a). Las tres ramas que se contrajeron son de la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos, de la industria de refinación de petróleo y de los productos primarios de metales preciosos y no ferrosos (PRODUCE, 2020a).

Por otro lado, el PBI Pesca extractiva en el 2019 alcanzó los S/. 1 831 millones, valor que representó una disminución de 25,23% con relación al año anterior (PRODUCE, 2020b). Esta disminución estuvo determinada por la menor captura de anchoveta para el consumo humano indirecto, la cual se redujo en 44,31 % al volumen extraído el año previo, principalmente debido a la menor cuota de pesca establecida para el año 2019 (PRODUCE, 2020b). Además, como parte del manejo sostenible de las pesquerías, hubo periodos en los que se suspendieron las actividades extractivas en determinadas zonas de pesca (PRODUCE, 2020b). En contraste con esto, el desembarque de recursos hidrobiológicos destinado para el consumo humano directo, presentó un crecimiento de 20,58% respecto al año 2018, siendo una causa de mayor dinamismo en términos de empleo e ingresos regionales (PRODUCE, 2020b).

Las Figuras 1 y 2 muestran la evolución del PBI manufacturero y de la Pesca extractiva, respectivamente.

Figura 3. Evolución del PBI Manufacturero



Fuente: PRODUCE, 2020^a

Figura 4. Evolución del PBI Pesca extractiva



Fuente: PRODUCE, 2020b

3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

3.1 Organización para la elaboración del RAGEI

En diciembre del 2014 se promulgó el Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM, mediante el cual se aprobaron las Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases 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).

En julio de 2016, con la Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM se aprobaron las guías para la elaboración de reportes anuales de gases de efecto invernadero y la difusión del inventario nacional de gases de efecto invernadero, donde se establece, entre varios aspectos, que el PRODUCE es la entidad encargada de la elaboración del RAGEI de la fuente de emisión de Efluentes Industriales del sector Desechos del IPCC. Esta fuente es denominada actualmente como Aguas Residuales Industriales (ARI)¹.

En tal sentido, desde el 2016, el PRODUCE viene conduciendo de manera directa los procesos para la elaboración de sus propios RAGEI y presentándolos al MINAM en el marco del Inforcarbono. En resumen, desde entonces, PRODUCE ha llevado a cabo cuatro procesos de elaboración de RAGEI ARI: i) RAGEI del año 2014 – IPCC, elaborado entre los años 2016 y 2017 en base a la metodología del IPCC (2000); ii) RAGEI del año 2016 , elaborado entre los años 2017 y 2018 en base a la metodología del IPCC (2000); iii) RAGEI del año 2016 , elaborado entre los años 2020 y 2021 en base a la metodología del IPCC (2006); y, iii) el actual proceso del RAGEI del año 2019, iniciado en el año 2021 en base a la metodología del IPCC (2006)².

La elaboración del RAGEI se realiza bajo la coordinación de la Dirección General de Asuntos Ambientales de la Industria (DGAAMI) del Ministerio de la Producción, específicamente desde la Dirección de Gestión Ambiental (DIGAMI).

Además de la DGAAMI, la elaboración del presente RAGEI requiere de la participación de la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas (DGAAMPA). En la siguiente tabla se resume la asignación de roles en la elaboración del RAGEI ARI 2019.

¹ Este cambio ocurre cuando se cambia la versión de la metodología del IPCC usada (de la “Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (IPCC, 2000) a las “Directrices del IPCC del 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero” (IPCC, 2006).

² En adelante, se referirán como RAGEI 2014, RAGEI 2016, RAGEI 2019, respectivamente

Tabla 1. Rol de las oficinas involucradas en la elaboración del RAGEI

Entidad	Rol en la elaboración de RAGEI
Ministerio de la Producción Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria - DGAAMI	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de coordinar la recopilación de información nacional sobre la actividad del sector industrial del subsector PYME e Industria. • Responsable de preparar el RAGEI de aguas residuales industriales (conformado por un informe, una planilla de cálculo y documentación de sustento). • Responsable de integrar el RAGEI en la versión a presentar al Ministerio del Ambiente.
Ministerio de la Producción Dirección General de Asuntos Ambientales, Pesqueros y Acuícolas – DGAAMPA	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de coordinar la recopilación de información nacional sobre la actividad industrial del subsector Pesca y Acuicultura y hacerla llegar a la DGAAMI.
Ministerio de la Producción Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de realizar estudios que respaldan el diseño de las políticas nacionales y sectoriales de desarrollo productivo, así como de administrar el Sistema Estadístico del sector, en coordinación y alineamiento con el Sistema Estadístico Nacional.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

Para la elaboración del RAGEI ARI 2019, la DIGAMI de la DGAAMI, se organizó internamente, asignando un profesional a cargo de la supervisión y coordinación del RAGEI y contratando especialistas para apoyar con la recopilación de información, el cálculo de las emisiones y el desarrollo del reporte.

3.2 Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

- La DGAAMI del PRODUCE es la encargada de recopilar, sistematizar y archivar la información utilizada para la elaboración de los RAGEI en el marco del INFOCARBONO. Una vez recopilada y procesada, la información se archiva digitalmente bajo la siguiente estructura: i) Informe, ii) Planilla de cálculo, y iii) Documentos de soporte, a fin de facilitar la carga de la información disponible en la página web del INFOCARBONO (Plataforma Alfresco).
- El archivo de la data recopilada y procesada es digital, sin embargo, también puede implicar la digitalización de documentos físicos, así como el vaciado de los datos en la planilla de cálculo. Como resultado final, se cuenta con un archivo con las fuentes de información utilizadas y con nombres estandarizados. Los documentos de sustento del dato de actividad se encuentran en el archivo digital que forma parte del presente RAGEI y también se referencian en la planilla de cálculo del RAGEI.
- La principal información recopilada o descargada de páginas web oficiales es de la producción industrial, la cual es generada y publicada por el Ministerio de Producción y presentada en dos partes en correspondencia con sus dos subsectores: (a) MYPE e Industria y (ii) Pesca y Acuicultura. Esta información suele publicarse en los Anuarios Estadísticos de PRODUCE, pero cuando está no está aún publicada, se solicita a la Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos y/o a la DGAAMPA. En el caso

del presente RAGEI, la información utilizada ya se encontraba publicada en el portal de PRODUCE.

- Asimismo, se debe recopilar información con solicitudes a fuentes externas como a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) sobre los informes primigenios de las solicitudes de vertimiento presentadas por las industrias a esta entidad. Esto con la finalidad de obtener información sobre los tipos de tratamiento realizados a los efluentes industriales previo a su vertimiento a un cuerpo natural de agua. Esta información ya se encontraba disponible como parte del RAGEI anterior (del año 2016, actualizado en el 2021), por lo que no fue necesario reiterar el pedido a la ANA.
- En adición a la información solicitada a fuentes externas, se utiliza información complementaria pública que se encuentra disponibles en los portales web oficiales.
- Asimismo, a través de la DGAAMI, se coordinaron las consultas a la DGAAMPA sobre la información referida a la producción anual de productos hidrobiológicos, principalmente, cuando esta no se encuentra publicada.
- De otro lado, a la medida de los recursos disponibles, se continúa intentando obtener información directamente de las industrias³.

3.3 Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI

El procedimiento de control de calidad (CC) es un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del inventario a medida que se compila y lo realiza el personal encargado de compilar el inventario. El procedimiento de CC está diseñado para lo siguiente: hacer controles rutinarios y coherentes que garanticen la integridad de los datos, su corrección y su exhaustividad; detectar y subsanar errores y omisiones; documentar y archivar el material de los inventarios y registrar todas las actividades de CC.

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

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

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

³ El directorio de empresas se obtiene mediante la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT).

El RAGEI ARI 2019 ha venido siendo sometido al control de la calidad por los especialistas de la DGCCD del MINAM y de la DGAAMI del PRODUCE⁴. Esta actividad ha incluido reuniones periódicas para la revisión de los avances de las planillas de cálculo y los alcances de las estimaciones. Los hallazgos y acciones llevadas a cabo para el control de calidad se describen en la sección 5.7 del presente informe.

El Anexo 2, describe las actividades y procedimientos de CC vienen siendo consideradas.

3.4 Garantía de la calidad del RAGEI

La Garantía de calidad (GC) es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de compilación/elaboración del inventario. Las revisiones, efectuadas preferiblemente por terceros independientes, se llevan a cabo sobre un inventario terminado, tras la puesta en práctica de los procedimientos de CC. En este sentido, el proceso de garantía de la calidad es llevado a cabo bajo la coordinación de la DGCCD del MINAM mediante la contratación revisores expertos en el sector Desechos.

El proceso de garantía de la calidad para el RAGEI ARI 2019 se realizó durante los meses de enero y febrero del 2023, se han llevado a cabo interacciones⁵ donde se discutieron los hallazgos con el equipo revisor (consultora GAUSS) y el MINAM. El informe final de la garantía de la calidad que se genere a la conclusión de este proceso de GC incluirá recomendaciones para el próximo ciclo del inventario y a largo plazo. Sin embargo, las principales recomendaciones identificadas durante las mencionadas interacciones han sido incluidas en las secciones 5.7.2 y 5.8 (siguientes pasos).

El Anexo 3, presenta algunas preguntas guías que deben considerarse durante el procedimiento de garantía de la calidad.

⁴ Específicamente de la DIGAMI.

⁵ Teleconferencias e intercambio de correos.

4 METODOLOGÍA APLICADA

4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006), la subcategoría 4D2 “Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales”, pertenece a la categoría denominada “Tratamiento y Eliminación de aguas residuales” (4D) del sector Desechos (4). Las emisiones generadas por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales han sido estimadas aplicando el método de nivel 1 de dichas directrices. La siguiente tabla describe las emisiones de GEI estimadas en el RAGEI 2019.

Tabla 2. Gases estimados en el RAGEI 2019

Codificación		Descripción	Categorización IPCC (Directrices del IPCC de 2006)	Gases GEI y precursores	GEI estimados en el RAGEI 2019
4		Desechos	Sector		
	4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Categoría		
	4D2	Tratamiento y Eliminación de Aguas residuales industriales	Subcategoría	CH ₄	CH ₄

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

El alcance de esta subcategoría considera las emisiones de metano que provienen del tratamiento de aguas residuales industriales con significativo contenido de material orgánico y pueden dar origen a emisiones de metano en condiciones anaerobias. En este sentido, este reporte se refiere a la estimación de las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento in situ de las aguas residuales industriales⁶. Según los niveles de producción y la carga orgánica en cada tipo de industria se generan efluentes de distintos volúmenes y niveles de DQO (también referido por sus siglas en inglés COD que significa *Chemical Oxygen Demand*), los que condicionan la mayor o menor generación de emisiones.

4.2 Metodología para el análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre se ha realizado aplicando el método 1 descrito en las Directrices del IPCC de 2006. Este método consiste en la estimación de las incertidumbres usando la ecuación de propagación de errores mediante reglas de combinación. Se obtiene una estimación del nivel de incertidumbre combinada (factores de emisión y datos de actividad) para la subcategoría y la incertidumbre de la tendencia entre el año de análisis y el año base, que en el presente caso son el 2016 y el 2000⁷, respectivamente. Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y de los datos de actividad se utilizaron los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006.

⁶ Esta subcategoría también incluye los lodos orgánicos industriales, pero esta actividad se ha considerado nula la separación de lodos y por lo tanto la estimación para lodos no se aplica.

⁷ El año base ha sido establecido en el marco del INGEI 2016 para todos los sectores

4.3 Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal

Para la estimación de las emisiones de GEI del año 2019 y la actualización de las estimaciones de los años 2016, 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 se ha aplicado la misma metodología. Las fuentes de información usadas provienen en su mayoría del mismo informante (PRODUCE), salvo en algunas ocasiones donde la información era de muchos años atrás y se encuentra pública en la plataforma web de INEI (Series Nacionales Estadísticas). Aun así, la información utilizada de INEI es una recopilación de reportes del PRODUCE.

Asimismo, como parte del RAGEI 2019, con los datos obtenidos de los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016 y 2019, se ha realizado la estimación de las emisiones de GEI para la serie temporal desde el año 1994 al 2019. Los datos faltantes han sido completados aplicando las siguientes técnicas de empalme de las Directrices del IPCC de 2006:

- **Interpolación⁸** que se utiliza siempre que se vea que existe una tendencia estable en la serie y cuando se prevé que los datos a estimar tendrán un comportamiento similar.
- **Datos subrogados⁹** el cual relaciona los datos a estimar con el dato subyacente o el inmediato disponible, se utiliza para simular una tendencia cuando no existe una clara, para el caso de aguas residuales domésticas se puede utilizar a la población como proxi.
- **Técnica de empalme por datos sustitutos¹⁰** que vincula emisiones o absorciones con actividades subyacentes u otros datos indicativos, es decir se usan los cambios en estos datos para simular la tendencia de las emisiones o absorciones. Se utiliza cuando se tiene vacíos de una variable de actividad donde su estimación se realiza a partir de otra serie con la cual tiene una relación física o teórica entre variables.

⁸ Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.3 Pág. 5.11. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

⁹ Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.2 Pág. 5.10. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

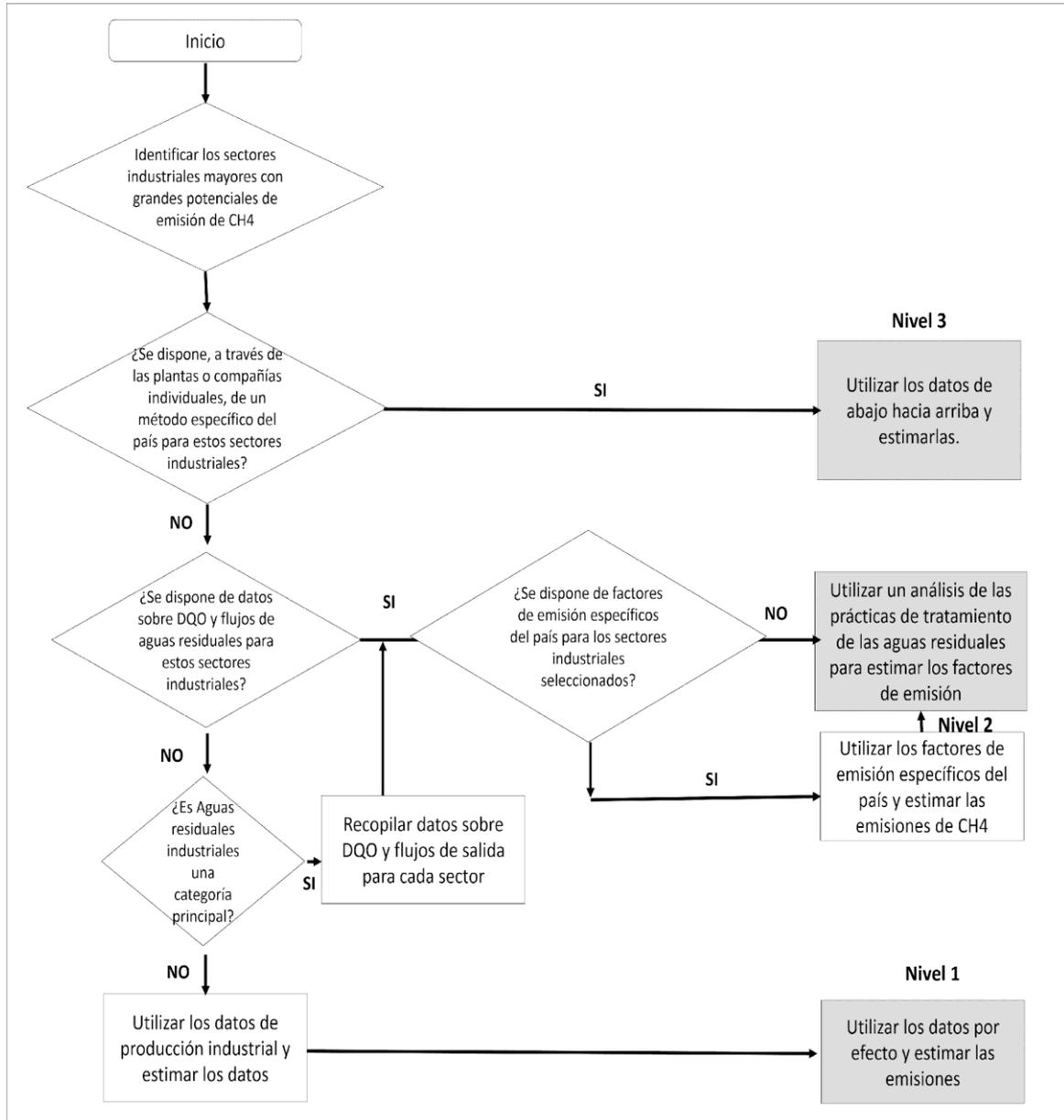
¹⁰ Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.2 Pág. 5.9. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

5 RESULTADO DE LA SUBCATEGORÍA AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

5.1 Método de cálculo

La siguiente figura presenta el árbol de decisión aplicable a las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales establecido en las Directrices del IPCC de 2006.

Figura 5. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Pág. 6.21.

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

- A nivel nacional no existe información detallada sobre el tratamiento de aguas residuales industriales para cada tipo de industria que permita determinar de forma confiable la generación de efluentes o la carga orgánica de las industrias.
- Las emisiones de esta subcategoría no son consideradas principales.

Por lo anterior, el árbol de decisiones sugiere utilizar los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y estimar las emisiones de metano con el método del Nivel 1. La siguiente tabla describe el nivel metodológico elegido.

Tabla 3. Nivel metodológico aplicado para las emisiones de CH₄ - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Tier/nivel
4D2	Aguas Residuales Industriales	Producción industrial por rubro de producción.	Producción industrial según tipo de industria del Subsector MYPE e Industria	1
			Producción industrial según tipo de industria del Subsector Pesca y Acuicultura	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

Los pasos para estimar las emisiones de metano se describen a continuación:

Paso 1: Estimar el total de carbono orgánico degradable en las aguas residuales industriales (TOW)

Para ello se utiliza la siguiente ecuación, que corresponde a la ecuación 6.6 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación 1. Materia orgánica degradable en las aguas residuales industriales

$$TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot DQO_i$$

Donde:

- TOW = Total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria i durante el año del inventario, kg. de DQO/año.
- i = sector industrial.
- P_i = producto industrial total del sector industrial i, t/año.
- W_i = aguas residuales generadas, m³/t_{producto}
- DQO_i = demanda química de oxígeno (componente industrial orgánico degradable en las aguas residuales), kg DQO/m³

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.6, Pág. 6.22.

El TOW muestra la cantidad de materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales industriales. Este parámetro depende de la producción industrial P (toneladas/año), de la generación de las aguas residuales W (m³/tonelada de producto) y de la DQO (kg DQO/m³).

Para proceder con el cálculo del TOW, en primer lugar, se debe identificar a los sectores industriales que generan aguas residuales con contenido de carbono orgánico y aprovechar esa

identificación para indagar sobre las sustancias degradables presentes en las aguas residuales industriales, el volumen de esta generación y el tipo de tratamiento realizado *in situ*.

Para la estimación del TOW del presente RAGEI, la DGAAMI – PRODUCE, se contó con información de la producción industrial por rubros principales de producción en diversas unidades, las cuales fueron convertidas a toneladas por año utilizando diversos factores de conversión.

Paso 2: Calcular el factor de emisión utilizando la capacidad máxima de producción de metano y el factor de corrección de metano específico para cada tipo de tratamiento en cada rubro industrial identificado.

Se utiliza la siguiente ecuación, que corresponde a la ecuación 6.5 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación 2. Factor de emisión de CH₄ para las aguas residuales industriales

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j$$

Donde:

- EF_j = Factor de emisión para tipo de tratamiento y/o eliminación, kg CH₄/kg DQO
- B_o = Capacidad máxima de producción de CH₄, kg CH₄/kg DQO
- MCF_j = factor de corrección para el metano (fracción) (tomado de la Tabla N°13).

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.5, Pág. 6.23.

Las Directrices del IPCC de 2006 instan a los países a emplear valores específicos del país y propios de las industrias para la estimación del factor de emisión. Sin embargo, al no darse ese caso en Perú, se opta por utilizar el valor por defecto de la capacidad máxima de producción de metano como 0.25 kg CH₄/kg DQO y asignar un valor de factor de corrección de metano dado por la Directrices del IPCC de 2006 de acuerdo con el tipo de tratamiento realizado en cada rubro de producción.

Paso 3: Estimar las emisiones de metano, ajustando la ecuación en caso exista separación de lodos y recuperación de metano.

Estas emisiones se calculan con la siguiente ecuación, que corresponde a la ecuación 6.4 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación 3. Emisiones totales de CH₄ procedentes de las aguas residuales industriales

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

Donde:

- Emisiones de CH₄ = Emisiones de CH₄ durante el año del inventario, kg. de CH₄/año
- TOW = Total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria i durante el año del inventario, kg. de DQO/año
- i = sector industrial

S_i	= componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de DQO/año
	= factor de emisión para la industria i , kg. de CH_4 /kg. de DQO por tipo de tratamiento y/o
EF_i	eliminación utilizado(s) en el año del inventario

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.4, Pág. 6.22.

5.2 Datos de actividad

Como se indica en las siguientes secciones, los datos nacionales utilizados para el RAGEI ARI 2019 para caracterizar el dato de actividad (producción industrial según tipo de industria) se obtienen de información de dos subsectores productivos: i) subsector MYPE e Industria¹¹ y ii) Subsector Pesca y Acuicultura¹². Estos datos nacionales han sido obtenidos a partir de las estadísticas nacionales que registra el Ministerio de la Producción¹³.

La identificación de industrias principales que recomienda las Directrices del IPCC de 2006 se realizó en función de la información disponible, abordando los siguientes rubros: refinado de alcohol, malta y cerveza, productos lácteos, procesamiento del pescado, carnes y aves, sustancias químicas orgánicas, refinerías de petróleo, pulpa y papel (combinados), jabón y detergentes, refinación del azúcar, aceites vegetales, verduras, frutas y zumos y vino y vinagre. A cada producto de los rubros mencionados se asignó una clase de industria según lo establecido en las Directrices del IPCC de 2006¹⁴.

Cabe indicar que, los efluentes industriales pueden ser tratados in situ o liberados en las redes de alcantarillado de las aguas residuales domésticas. Sin embargo, este reporte solo debe referirse a la estimación de las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento in situ de las aguas residuales industriales¹⁵. Si los efluentes industriales se liberan en redes domésticas sin tratamiento in situ, sus emisiones deberán analizarse junto con las de las aguas residuales domésticas en la subcategoría 4D1.

Es posible que una fracción importante de los efluentes industriales se descargue en el alcantarillado urbano para su tratamiento o disposición junto con las aguas residuales domésticas, sin embargo, no se cuenta con esta caracterización y las estimaciones en el presente reporte para esta subcategoría 4D2 se realizan asumiendo que el 100 % corresponde a tratamiento in situ. Se espera esta estimación ayude a mejorar el inventario del sector desechos y que a futuro se determinen valores más precisos sobre el tratamiento in situ.

¹¹ La información se obtuvo del Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno y es generada por la Oficina General de Estudios Económicos (OGEIEE) del PRODUCE (listado Principales líneas de productos según clase CIU).

¹² La información es generada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas (DGAAMPA) del PRODUCE (listado de procesamiento de recursos hidrobiológicos) y se publica en el Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura.

¹³ Para el RAGEI 2019, se utilizó información de Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE) y de la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas (DGAAMPA), la cual se encontró publicada en los Anuarios Estadísticos del Ministerio de la Producción.

¹⁴ Estas clases corresponde a las presentadas en el cuadro 6.9 del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC de 2006, que presenta los datos por defecto para los efluentes por tipo de industria.

¹⁵ Esta subcategoría también incluye los lodos orgánicos industriales, pero esta actividad se ha considerado nula la separación de lodos y por lo tanto la estimación para lodos no se aplica.

Asimismo, dado que no se cuenta con información detallada sobre los tipos de tratamiento de aguas residuales industriales para cada tipo de industria, para realizar la estimación de emisiones de esta subcategoría, se han establecido supuestos basados en información sobre los tratamientos de aguas residuales domésticas reportada en el marco del RAGEI de Aguas Residuales Domésticas del año 2019¹⁶ (RAGEI ARD 2019). Esta decisión metodológica fue realizada en base a las recomendaciones del experto consultado por el MINAM para mejorar el RAGEI 2016¹⁷, que indicaron que la existencia de un tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas es señal que su tecnología es conocida y empleada en el país y, por tanto, se podría asumir, que su uso es posible para el tratamiento de aguas residuales industriales. En este sentido, para el presente reporte, se han utilizado los porcentajes de los tipos de tratamiento registrados para las aguas residuales domésticas del RAGEI ARD 2019.

5.2.1 Datos de actividad del subsector productivo Industria y PYME

La siguiente tabla describe la información utilizada para caracterizar al subsector productivo Industria y PYME.

Tabla 4. Descripción del dato de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2019, subsector MYPE e Industria – Subcategoría de Aguas Residuales Industriales

Clasificación	Fuente	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
4D2	Aguas residuales industriales	Producción industrial para cada industria, toneladas anuales.	Producción industrial según tipo de industria del Subsector MYPE e Industria.	Masa (Toneladas, Kilogramos) o Volumen (Litros, Galones, Barriles).	Ministerio de la Producción. (2020). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2019. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre del 2022, de Ministerio de la Producción: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-e-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/940-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2019	El dato nacional es convertido a masa dependiendo de la unidad en que se encuentre disponible, para luego multiplicarlo por los valores por defecto de generación de efluentes y DQO del IPCC en las Directrices del IPCC de 2006 para obtener el TOW.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

La fuente de información utilizada para la estimación de las emisiones del 2019 fue la producción de las principales líneas de productos según clase CIU del año 2019, la cual fue proporcionada por la OGEIEE del PRODUCE. Luego de la revisión, homologación y priorización, la información que se utiliza para la estimación se presenta en la siguiente tabla:

¹⁶ Obtenido de la DGCCD del MINAM durante su proceso de elaboración.

¹⁷ Durante el proceso de actualización del RAGEI 2016 para migrar a las metodologías del IPCC (2006), conducido por MINAM.

Tabla 5. Valores de los datos nacionales utilizados para el año 2019 del Subsector MYPE e Industria - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

	Dato nacional	Unidad	Valor	Fuente de información
Producción, procesamiento y conservación de productos alimenticios	Carnes ahumadas	KG	2,022,370.00	Ministerio de la Producción. (2020). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2019. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos.
	Chorizos	KG	7,365,040.00	
	Hot dog - salchichas	KG	32,274,220.00	
	Jamón	KG	8,939,330.00	
	Jamonada	KG	11,938,880.00	
	Paté	KG	574,720.00	
	Carne de Ave Beneficiada	TM	1,762,850.00	
	Carne de caprino beneficiada	TM	5,100.00	
	Carne de porcino beneficiada	TM	172,720.00	
	Carne de Vacuno Beneficiada	TM	193,010.00	
	Carne de llama beneficiada	TM	3,840.00	
	Carne de ovino beneficiada	TM	33,780.00	
	Carne de alpaca beneficiada	TM	12,590.00	
	Espárragos Congelados	KG	11,534,000.00	
	Espárragos en conserva	KG	24,584,000.00	
	Alcachofa	KG	27,337,594.00	
	Jugos y néctares	KG	212,629,939.00	
	Pimiento (conserva, deshidratado)	KG	34,185,336.00	
	Mango (congelado, conserva)	KG	38,344,996.00	
	Manteca diversas	TM	89,970.00	
	Margarina	TM	23,340.00	
	Aceite vegetal	TM	329,430.00	
	Leche Evaporada	TM	468,067.00	
	Yogurt	KG	168,269,532.00	
	Leche fresca (pasteurizada)	KG	137,681,412.00	
	Helados	KG	2,059,489.00	
	Quesos maduros	KG	5,652,585.00	
	Quesos frescos	KG	3,562,310.00	
Mantequilla	KG	5,458,280.00		
Crema de leche	LT	42,592,272.00		
Azúcar	TM	1,198,823.00		
Café (tostado y molido)	KG	52,556,497.00		
Elaboración de bebidas	Piscos	LT	4,964,516.00	
	Vinos	LT	15,108,532.00	
	Cerveza blanca	LT	1,363,582,139.00	
Fabricación de papel y de productos de papel	Papel corrugado	TM	55,161.00	
	Cartones diversos	TM	199,713.00	
	Papel higiénico	TM	204,499.00	
	Papel Bond	TM	14,703.00	
	Servilleta	TM	22,739.00	
	Papel toalla	TM	28,590.00	
	Papeles diversos	TM	52,935.00	
	Cartulina	CTO	9,547.00	
Productos de la refinación del petróleo	Petróleo (Diesel)	BL	28,211,142.00	
	Petróleo industrial	GL	336,995,841.00	
Fabricación de sustancias químicas básicas	Alcohol etílico	LT	72,576,374.00	
	Acetileno	KG	293,034.00	
Fabricación de otros productos químicos	Detergente	KG	212,074,189.00	
	Jabón para Lavar Ropa	KG	33,363,884.00	
	Lavavajillas	KG	35,415,188.00	
	Desengrasante	LT	282,964.00	
	Limpiador	LT	30,280,863.00	
	Shampoo	LT	1,294,828.00	
	Jabón de Tocador	LT	15,462,042.00	

Nota: Las abreviaciones de las unidades de los datos nacionales pueden variar en escritura dependiendo de la fuente de información, aquí las posibles equivalencias: Kg = KG = Kilogramo; L = LT = Litro; t = TM = Toneladas (métricas); CTO = ciento; BL = Barril; GL = Galón

5.2.2 Datos de actividad del subsector productivo pesca y acuicultura

La siguiente tabla describe la información utilizada para caracterizar al subsector pesca y acuicultura.

Tabla 6. Descripción del dato de actividad utilizado y los datos nacionales utilizados en la estimación del año 2019 - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Clasificación	Fuente	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
4D2	Aguas residuales industriales	Producción industrial para cada industria, toneladas anuales.	Producción industrial según tipo de industria del Subsector Pesca y Acuicultura	Masa (Toneladas)	Ministerio de la Producción. (2020). Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2019. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en abril de 2022, de Ministerio de la Producción: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones-publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019	El dato nacional es convertido a masa, dependiendo de la unidad en que se encuentre disponible, para luego multiplicarlo por los valores por defecto de generación de efluentes y DQO del IPCC en las Directrices del IPCC de 2006 para obtener el TOW.

Fuente: Elaboración propia (PRODUCE)

La información utilizada para la estimación de las emisiones del 2019 fue el procesamiento de recursos hidrobiológicos marítimos y continentales, el cual fue proporcionado por la DGAAMPA del PRODUCE. Dicho procesamiento, consideró la producción de enlatado, congelado, curado y harina de pescado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Valores de los datos nacionales utilizados para el año 2019 del Subsector Pesca y Acuicultura - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Dato nacional		Unidad	Valor	Fuente de información
PRODUCCIÓN DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS SEGÚN GIRO INDUSTRIAL	Producción de Enlatado	TM	84,990.00	Ministerio de la Producción. (2020). Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2019. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos.
	Producción de Congelado	TM	485,495.00	
	Producción de Curado	TM	31,840.00	
	Producción de Harina	TM	810,530.00	
	Producción de Aceite crudo	TM	105,008.00	
Nota: Las abreviaciones de las unidades de los datos nacionales pueden variar en escritura dependiendo de la fuente de información, aquí las posibles equivalencias: t = TMB = Toneladas Métricas Brutas = toneladas				

Fuente: Elaboración propia (PRODUCE)

5.2.3 Correspondencia de los datos de actividad con la clasificación del IPCC

La correspondencia de los productos por rubro de industria con las clases descritas en las Directrices del IPCC de 2006 se describe en la siguiente tabla¹⁸. Esta correspondencia se aplica en todos los años de la serie temporal del presente RAGEI.

Tabla 8. Correspondencia con clasificación de las Directrices del IPCC de 2006 para la asignación de los valores por defecto – Aguas Residuales Industriales

Dato Nacional		Clasificación de los valores por defecto (Directrices del IPCC de 2006)
Producción industrial según tipo de industria del Subsector MYPE e Industria		
1	Carnes ahumadas	Carnes y aves
2	Chorizos	Carnes y aves
3	Hot dog - salchichas	Carnes y aves
4	Jamón	Carnes y aves
5	Jamonada	Carnes y aves
6	Paté	Carnes y aves
7	Carne de Ave Beneficiada	Carnes y aves
8	Carne de caprino beneficiada	Carnes y aves
9	Carne de porcino beneficiada	Carnes y aves
10	Carne de Vacuno Beneficiada	Carnes y aves
11	Carne de llama beneficiada	Carnes y aves
12	Carne de ovino beneficiada	Carnes y aves
13	Carne de alpaca beneficiada	Carnes y aves
14	Espárragos Congelados	Hortalizas, frutas y jugos
15	Espárragos en conserva (también como conservas de espárragos)	Hortalizas, frutas y jugos
16	Alcachofa	Hortalizas, frutas y jugos
17	Jugos y néctares (también como jugos y refrescos diversos)	Hortalizas, frutas y jugos
18	Pimiento (conserva, deshidratado)	Hortalizas, frutas y jugos
19	Mango (congelado, conserva)	Hortalizas, frutas y jugos
20	Manteca diversas	Aceites vegetales
21	Margarina	Aceites vegetales
22	Aceite vegetal (también como aceites vegetal y compuesto)	Aceites vegetales
23	Leche Evaporada	Productos lácteos
24	Yogurt	Productos lácteos
25	Leche fresca (pasteurizada)	Productos lácteos
26	Helados	Productos lácteos
27	Quesos maduros	Productos lácteos
28	Quesos frescos	Productos lácteos
29	Mantequilla	Productos lácteos
30	Crema de leche	Productos lácteos
31	Azúcar (también como azúcar refinada)	Refinación de azúcar
32	mermeladas de frutas diversas	Hortalizas, frutas y jugos
33	tomate cáetchup / ketchup	Hortalizas, frutas y jugos
34	pasta de tomate	Hortalizas, frutas y jugos
35	quesos	Productos lácteos
36	Piscos	Refinación de alcoholes
37	Vinos (también como vinos y espumantes)	Vinos y vinagres

¹⁸ Solo considera ítems de producción utilizados en la estimación.

38	Cerveza blanca	Cerveza y malta
39	Ron	Refinación de alcoholes
40	Cerveza negra	Cerveza y malta
41	Papel corrugado	Pulpa y papel (combinados)
42	Cartones diversos	Pulpa y papel (combinados)
43	Papel higiénico	Pulpa y papel (combinados)
44	Papel Bond (también como papel bond y similares)	Pulpa y papel (combinados)
45	Servilleta	Pulpa y papel (combinados)
46	Papel toalla	Pulpa y papel (combinados)
47	Papeles diversos	Pulpa y papel (combinados)
48	Cartulina	Pulpa y papel (combinados)
49	Papel Kraft y similares	Pulpa y papel (combinados)
50	Cartón liner	Pulpa y papel (combinados)
51	Cartón dúplex	Pulpa y papel (combinados)
52	Cartón corrugado	Pulpa y papel (combinados)
53	Petróleo (Diesel)	Refinarías de petróleo
54	Petróleo industrial	Refinarías de petróleo
55	Petrodiésel 2	Refinarías de petróleo
56	Alcohol etílico (también como alcohol etílico rectificado)	Sustancias químicas orgánicas
57	Acetileno	Sustancias químicas orgánicas
58	Carmín de cochinilla	Sustancias químicas orgánicas
59	Productos de limpieza del hogar en litro	Jabón y detergentes
60	Productos de limpieza del hogar en kilogramo	Jabón y detergentes
61	Detergente	Jabón y detergentes
62	Jabón para Lavar Ropa	Jabón y detergentes
63	Lavavajillas	Jabón y detergentes
64	Desengrasante	Jabón y detergentes
65	Limpiador	Jabón y detergentes
66	Shampoo (también como champú)	Jabón y detergentes
67	Jabón de Tocador	Jabón y detergentes
Producción industrial según tipo de industria del Subsector Pesca y Acuicultura		
68	Producción de Enlatado	Elaboración de pescado
69	Producción de Congelado	Elaboración de pescado
70	Producción de Curado	Elaboración de pescado
71	Producción de Harina	Elaboración de pescado
72	Producción de Aceite crudo	Elaboración de pescado

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

La información que se describe en la tabla anterior solo presenta los productos considerados en las estimaciones presentadas en el presente RAGEI. Esta lista es el resultado de la priorización realizada en las tablas de homologación (PRODUCE, 2017c) y de la revisión posterior de los datos.

En la siguiente tabla, se incluyen los productos que fueron priorizados en las tablas de homologación¹⁹, pero que no fueron considerados en la estimación de emisiones debido a alguno de los siguientes motivos: (a) No se considera porque no se cuenta con datos reales de

¹⁹ Las tablas de homologación se mantienen de los RAGEI anteriores. Fueron elaboradas en el 2016-2017 para el RAGEI 2014, sin embargo, se asignaron clases de IPCC (2000). Luego para el RAGEI 2016 se actualizaron las clasificaciones en base a IPCC (2006), pero no se reformularon las tablas de homologación. Aún se utilizan como filtro de la información base (PRODUCE, 2017c).

efluentes y su carga orgánica, ni suficientes valores por defecto para la correcta aplicación de las metodologías de cálculo, (b) No se considera porque no se cuenta con factor para convertir el dato a unidades de masa (variable de ingreso de la información en las metodologías de cálculo) o (c) No se considera porque se refiere a consumo y no a producción (y no existe factor de conversión a producción). Estos productos se incluyen en las planillas de cálculo con el fin de hacer transparente el análisis y para cada caso se explica en notas la razón por la cual no fue incluido en las estimaciones.

Tabla 9. Productos no considerados en la estimación de las emisiones – Aguas Residuales Industriales

Justificación de no considerar el producto y descripción		Clasificación propuesta para la asignación de valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006
<i>No se considera porque no se cuenta con datos reales de efluentes y ni de su carga orgánica, ni suficientes valores por defecto para la estimación.</i>		
1	Café (tostado y molido) (también como Café soluble)	Café
2	Alimento balanceado para ave	Alimentos para animales
3	Alimento balanceado para peces - crustáceos	Alimentos para animales
4	Alimento balanceado para mascota	Alimentos para animales
5	Alimento balanceado para ganado (también como alimento balanceado para vacuno)	Alimentos para animales
6	Alimento balanceado para cerdo (también como alimento balanceado para cerdo)	Alimentos para animales
7	dinamita	Explosivos
<i>No se considera porque no se cuenta con factor para convertir el dato a unidades de masa.</i>		
8	Sacos multipliegos	Pulpa y papel (combinados)
9	Cajas de cartón corrugado	Pulpa y papel (combinados)
10	Toallas higiénicas	Pulpa y papel (combinados)
11	Pañales tipo calzón	Pulpa y papel (combinados)
12	Producción de llantas (autos, camionetas)	Plásticos y resinas
13	Producción de llantas (tractor y fuera de carretera)	Plásticos y resinas
14	Producción de llantas (camión)	Plásticos y resinas
<i>No se considera porque se refiere a consumo y no a producción. Se identifica para evaluar posibles correlaciones de datos.</i>		
15	Polietileno (Consumo de)	Plásticos y resinas
16	Poliestireno (Consumo de)	Plásticos y resinas
17	Polipropileno (Consumo de)	Plásticos y resinas
18	P V C (Consumo de)	Plásticos y resinas
19	Plastificantes D O P (Consumo de)	Plásticos y resinas
20	Masterbatch (Consumo de)	Plásticos y resinas
21	Resina Pet para Envases (Consumo de)	Plásticos y resinas
22	Sulfato tribásico de plomo (Consumo de)	Plásticos y resinas
23	Polietileno (Consumo de)	Plásticos y resinas
24	Poliestireno (Consumo de)	Plásticos y resinas

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Para más información y comprensión sobre la actualización de la serie se recomienda revisar las planillas de cálculo y el archivo de fuentes de información del RAGEI.

5.2.4 Tipo de tratamiento de aguas residuales industriales

Otro dato de actividad es el tipo de tratamiento de aguas residuales que reciben los efluentes industriales in situ, previo a su vertimiento como se muestra a continuación:

Tabla 10. Descripción del dato de actividad utilizado y el dato nacional utilizado en la estimación del año 2019 - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
4D2	Aguas residuales industriales	Tipos de tratamiento	Tipo de tratamiento de las aguas residuales industriales previos a su vertimiento al cuerpo de agua natural	-	Informes técnicos sobre autorización de vertimientos otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020 y PRODUCE-MINAM, 2021a)	Para estimar el contenido orgánico degradable en el agua

Fuente: Elaboración propia (DGSP - PRODUCE)

Para el presente RAGEI, se obtuvo información sobre el tipo de tratamiento de las aguas residuales industriales de seis de los trece rubros industriales, teniendo como fuente a los archivos primigenios de solicitud de autorización de vertimiento de aguas residuales industriales a cuerpos naturales de agua. Estas solicitudes las realizan ciertas industrias a la ANA para cumplir con la normativa ambiental nacional.

Tabla 11. Tipos de tratamientos de aguas residuales industriales identificados

Rubro de producción	Tipo de tratamiento de acuerdo con la ANA
Refinado de alcohol	Se desconoce
Malta y cerveza	Tratamiento biológico
Carnes y Aves	Tratamiento biológico
Hortalizas, frutas y jugos	Se desconoce
Aceites vegetales	Tratamiento biológico
Productos lácteos	Tratamiento biológico
Refinación de azúcar	Se desconoce
Vinos y vinagres	Se desconoce
Pulpa y papel (combinados)	Físico químico
Refinerías de petróleo	Se desconoce
Sustancias químicas orgánicas	Se desconoce
Jabón y detergentes	Se desconoce
Elaboración de pescado	Físico químico

Fuente: Elaboración propia en base a los informes técnicos sobre autorización de vertimientos otorgado por la ANA (ANA, 2020 y MINAM-PRODUCE, 2021a)

5.3 Factores de emisión y conversión

Los factores utilizados para el cálculo del factor de emisión son: la capacidad máxima de producción de metano (B_0) y el FCM de cada rubro de producción relacionado a su tipo de tratamiento de aguas residuales industriales. Debido a que esta información no se encuentra disponible en el país, se han utilizado los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 12. Valores de los factores de emisión y de conversión utilizados - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Factor de emisión	Valor	Unidad	Calculado (C) / Por Defecto (D)	Fuente de información y justificación de la elección
Factor de corrección de metano - FCM	varios	fracción	D	Cuando no se dispone de datos específicos del país, se puede utilizar este valor por defecto, sobre la base de un cálculo teórico, las Directrices del IPCC. Directrices del IPCC de 2006 Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.8, Pág. 6.23.
Capacidad máxima de producción de metano - Bo	0.25	kg CH ₄ /kg CD	D	Cuando no se dispone de datos específicos del país, se puede utilizar este valor por defecto, sobre la base de un cálculo teórico, las Directrices del IPCC. Directrices del IPCC de 2006 Volumen 5, Capítulo 6, Pág. 6.23. Valor por defecto Bo=0.25 kg CH ₄ /kg DQO
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	varios	Kg DQO/m ³ agua residual	D	Valor por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.9, Pág. 6.25.
Agua residual generada (W)	varios	m ³ /tonelada de producto	D	Valor por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.9, Pág. 6.25.
Porcentaje promedio del efluente industrial que es tratado in situ	100 %	porcentaje	C ²⁰	No se cuenta con información que caracterice el tratamiento in situ y/o la descarga de los efluentes industriales a la red doméstica. Por lo que se ha supuesto el valor de 100 % para todos los tipos de industria, pero en la realidad, según lo indicado en el proceso de garantía de la calidad (GAUSS, 2023), este valor debería ser menor y es específico a cada industria y/o empresa.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

El FCM asociado a los tipos de tratamientos identificados para este reporte se tomó de la siguiente tabla.

Tabla 13. Valores de FCM por defecto para las aguas residuales industriales

Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	Comentarios	FCM*	Intervalo
No tratadas			
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con altas cargas de orgánicos pueden volverse anaeróbicos, pero esta situación no se considera aquí.	0,1	0 – 0,2
Tratadas			
Planta de tratamiento aeróbico	Debe ser bien gestionada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento aeróbico	Gestión deficiente. Sobrecargada	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico (e. ej., UASB Reactor de	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0

²⁰ Dado el formato del MINAM para el reporte, se le ha asignado la "C", pero es un supuesto.

membrana fija)			
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros, recurrir al dictamen de expertos.	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros	0,8	0,8 – 1,0
* Basado en dictamen de expertos realizado por los autores principales de esta sección			

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Cuadro 6.8, Pág. 6.23.

Para aquellos rubros industriales donde se desconoce el tipo de tratamiento (siete rubros), se estimó el Factor de Corrección de Metano de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas empleadas en el país, asumiendo de que es probable que las industrias hayan implementado este tipo de tecnologías en sus instalaciones por ser conocidas a nivel nacional. Es así como, a todos los rubros donde se desconoce los tipos de tratamientos, se les atribuyó el factor de emisión medio calculado.

Tabla 14. Estimación del Factor de emisión de metano medio (año 2019)

Año	FCM medio	Capacidad máxima de producción de CH ₄ (kg. de CH ₄ /kg. de DBO)	Factor de emisión medio (kg CH ₄ /kg DQO)
2019	0.244	0.25	0.061

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)

La siguiente tabla muestra los factores de emisión asignados a cada rubro industrial. Para el caso de los tipos de tratamiento que indican tratamiento fisicoquímico se le asignó el FE de 0.025 kg CH₄/kg DQO correspondiente al vertimiento a río, lago o mar. Para aquellos que indicaron tratamiento biológico se les asignó el FE de 0.075 kg CH₄/kg DQO correspondiente a las plantas de tratamiento centralizado aeróbico – gestión deficiente/mal operada. Finalmente, para aquellos rubros donde se desconoce los tipos de tratamiento, se les asignó el FE medio estimado previamente. Los FCM aplicados para la estimación se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 15. Valores de FCM por defecto para las aguas residuales industriales (año 2019)

Rubro	Tipo de tratamiento de acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Correspondencia a los tratamientos indicados en las Directrices del IPCC de 2006 para aguas residuales	Valor del Factor de emisión (Kg CH ₄ /DQO)
Refinado de alcohol	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061
Malta y cerveza	Tratamiento biológico	Se le asigna planta de tratamiento aeróbico, mal operada	0.075
Carnes y Aves	Tratamiento biológico	Se le asigna planta de tratamiento aeróbico, mal operada	0.075
Hortalizas, frutas y jugos	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061
Aceites vegetales	Tratamiento biológico	Se le asigna planta de tratamiento aeróbico, mal operada	0.075
Productos lácteos	Tratamiento biológico	Se le asigna planta de tratamiento aeróbico, mal operada	0.075
Refinación de azúcar	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061
Vinos y vinagres	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061
Pulpa y papel (combinados)	Físico químico	Se le asigna eliminación en río, lago y mar	0.025
Refinerías de petróleo	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061

Sustancias químicas orgánicas	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061
Jabón y detergentes	Se desconoce	Se asume la combinación promedio del año	0.061
Elaboración de pescado	Físico químico	Se le asigna eliminación en río, lago y mar	0.025

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)

Por otro lado, para obtener datos de producción en masa, en algunos casos se tuvo que convertir unidades de volumen a masa utilizando las densidades que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 16. Densidades utilizadas para obtener la producción industrial - Subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Descripción	Valor	Unidad	Fuente de información
Densidad del agua (utilizada cuando se desconoce la densidad del líquido)	1	kg/l	http://www.inti.gob.ar/interlaboratorios/informes/2010/alimentos/2010_informe_final_vinos.pdf (página 7)
Densidad del vino	996.5	g/l	http://www.inti.gob.ar/interlaboratorios/informes/2010/alimentos/2010_informe_final_vinos.pdf (página 7)
Densidad de cerveza (gravedad específica)	1.05	g/cm ³	https://www.morebeer.com/brewingtechniques/librar-y/backissues/issue1.3/manning.html
Densidad del etanol	789	g/l	http://www.inchem.org/documents/sids/sids/64175.pdf (página 150)
Densidad del petróleo (diésel)	0.00000314	Gg/gal	Estimado en base a los reportes de REPSOL y PETROPERÚ para el RAGEI del Ministerio de Energía y Minas (RAGEI 2016)
Densidad del petróleo industrial	0.00000373	Gg/gal	Estimado en base a los reportes de REPSOL y PETROPERÚ para el RAGEI del Ministerio de Energía y Minas (RAGEI 2016)

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

Cuando no se pudo obtener un valor específico de densidad para el producto, se aplicó la conversión con la densidad del agua, sin embargo, es importante tener en cuenta que esto afecta la exactitud del resultado y que lo deseable es tener densidades por producto y de fuentes de información nacionales.

Finalmente, al no contar con información de fuentes primarias de cantidad de aguas residuales industriales generadas por tipo de industria y su DQO característico, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17. Datos sobre aguas residuales industriales

Tipo de industria	Generación de aguas residuales W	Intervalo para W	DQO	Intervalo de DQO
	(m ³ /tonelada)	(m ³ /tonelada)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
Refinado de alcohol	24	16 – 32	11	5 – 22
Malta y cerveza	6,3	5,0 – 9,0	2,9	2 – 7
Café	ND	ND –	9	3 – 15
Productos lácteos	7	3 – 10	2,7	1,5 – 5,2
Procesamiento del pescado	ND	8 – 18	2,5	
Carnes y aves	13	8 – 18	4,1	2 – 7
Sustancias químicas	67	0 – 400	3	0,8 – 5

orgánicas				
Refinerías de petróleo	0,6	0,3 – 1,2	1,0	0,4 – 1,6
Plásticos y resinas	0,6	0,3 – 1,2	3,7	0,8 – 5
Pulpa y papel (combinados)	162	85 – 240	9	1 – 15
Jabón y detergentes	ND	1,0 – 5,0	ND	0,5 – 1,2
Producción de almidón	9	4 – 18	10	1,5 – 42
Refinación del azúcar	ND	4 – 18	3,2	1 – 6
Aceites vegetales	3,1	1,0 – 5,0	ND	0,5 – 1,2
Verduras, frutas y zumos	20	7 – 35	5,0	2 – 10
Vino y vinagre	23	11 – 46	1,5	0,7 – 3,0
Notas: ND = No Disponible. Fuente: Doorn <i>et al.</i> (1997).				

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Cuadro 6.9, Pág. 6.22.

Cabe señalar, que los diferentes parámetros señalados en esta sección se han mantenido constante para toda la serie de años estimados.

Finalmente, para expresar las emisiones de metano en CO₂eq se utilizó el Potencial de Calentamiento Global (PCG)²¹ proporcionado por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años. El valor utilizado se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 18. PCG utilizado para el Metano

Gas	PCG en un horizonte temporal de 100 años
Metano	28

Fuente: Quinto Reporte de Evaluación AR5 IPCC 2013²², tiempo de horizonte de 100 años.

5.4 Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la subcategoría Aguas Residuales Industriales se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesto por las Directrices del IPCC de 2006.

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

Tabla 19. Valores de incertidumbre para los datos de actividad

Código	Subcategoría	Dato de Actividad	Incertidumbre	Fuente	Comentarios
4D2	Tratamiento y eliminación de	Producción industrial	25%	Cuadro 6.10, Directrices del IPCC de 2006	

²¹ El Potencial de calentamiento global (PCG) compara el forzamiento radiactivo de una tonelada de un gas de efecto invernadero en un período de tiempo dado (p. ej. 100 años) con una tonelada de CO₂. Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 1, p. 1.5.

²² Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

Código	Subcategoría	Dato de Actividad	Incertidumbre	Fuente	Comentarios
	aguas residuales industriales	Cantidad de DQO / unidad de aguas residuales (DQO)	100%	Cuadro 6.10, Directrices del IPCC de 2006 y supuesto	Este valor es referente al "Uso de agua y carga orgánica"
Incertidumbre combinada			103.08%		

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

La incertidumbre de los datos sobre el nivel de actividad está asociada a las incertidumbres de la producción industrial y de la relación de DQO por unidad de aguas residuales. Se realizó la combinación de incertidumbre aplicando las Directrices del IPCC de 2006, y se obtuvo un valor de 103.08% para la incertidumbre combinada del dato de actividad de esta subcategoría.

Tabla 20. Valores de incertidumbre para los factores de emisión

Código	Subcategoría	Factor de Emisión	Incertidumbre	Fuente
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Capacidad máxima de producción de CH ₄ (Bo)	30%	Cuadro 6.10 IPCC 2006
		Factor de corrección para el metano (FCM)	50%	Cuadro 6.7 IPCC 2006
Incertidumbre combinada			58.31%	

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

Asimismo, la incertidumbre del factor de emisión se obtuvo de la combinación de las incertidumbres de la capacidad máxima de producción de metano (Bo) y el factor de corrección para el metano (FCM). Se realizó la combinación de incertidumbre y se obtuvo un valor de 58.31% para la incertidumbre combinada del factor de emisión de esta subcategoría.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de la subcategoría de aguas residuales industriales en el año 2019 es igual a $\pm 118.43\%$, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones de esta subcategoría es igual a $\pm 413.29\%$, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI de Aguas Residuales Industriales

Código de sector y categorías de fuentes	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
			Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2 + F^2}$ %	$\sqrt{K^2 + L^2}$ %
4	Desechos					
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales					
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH ₄	103.08%	58.31%	$\pm 118.43\%$	$\pm 413.29\%$

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

5.5 Análisis de resultados

Aplicando el método del Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, en el año 2019 las emisiones de metano generados por el Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales fueron de 40.28 Gg de CH₄ que equivalen a 1,127.71 GgCO₂eq.

Tabla 22. Resultados de las estimaciones de emisiones de la subcategoría 4D2

Categorías	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	(*) GgCO ₂ eq
	(Gg)							
4 DESECHOS								
4A Eliminación de Desechos Sólidos								
4B Tratamiento Biológico de Desechos Sólidos								
4C Incineración e incineración abierta de desechos sólidos								
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales								
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		40.28	NA	NA	NA	NA	NA	1,127.71

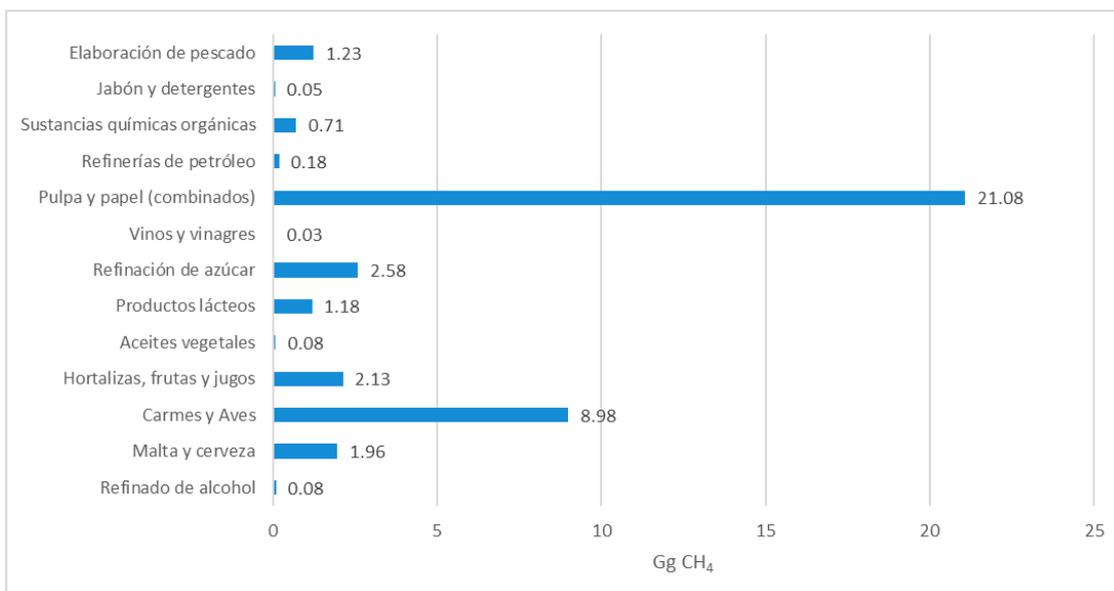
Fuente de formato: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1, Capítulo 8, Anexo 8.A2. Tabla 4. Pág. T52

NA: No Aplica

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

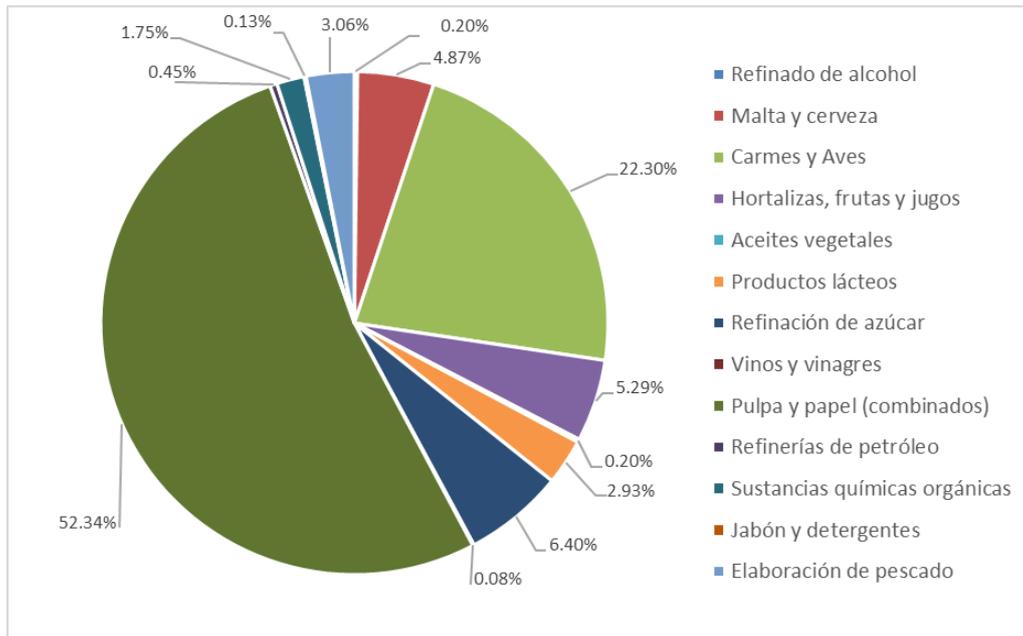
En la siguiente figura se presenta este resultado en función a los rubros de producción considerados en el presente reporte.

Figura 6. Emisiones de metano en Gg CH₄ de Aguas Residuales Industriales, 2019



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

Figura 7. Participación porcentual de las emisiones de metano de la subcategoría de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales en el año 2019

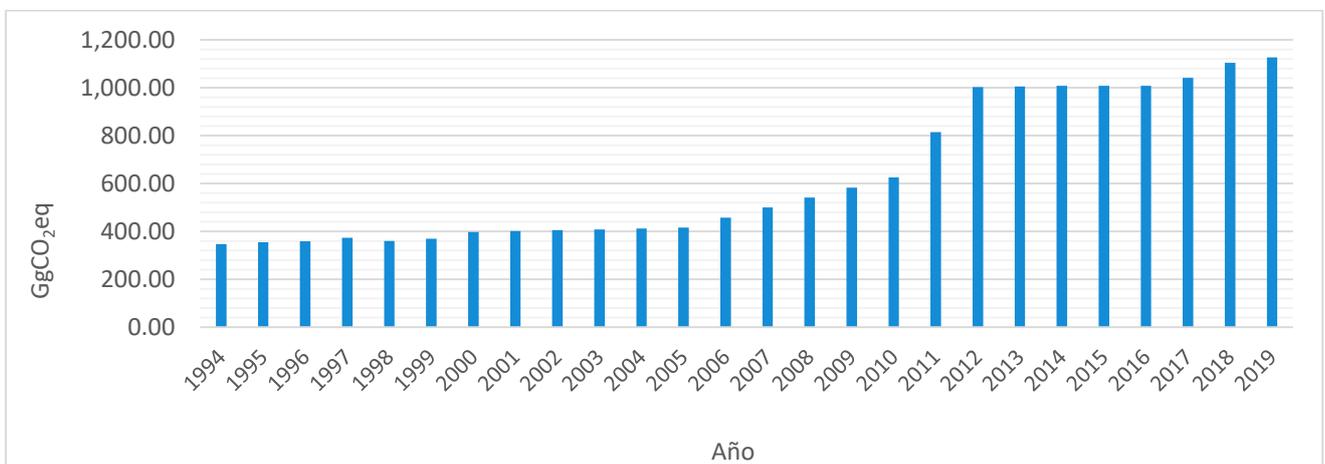


Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

De la figura anterior, se puede observar que la industria con mayor contribución en las emisiones es la industria de papel que participa con el 52.3 %. La segunda industria identificada con mayor participación es la correspondiente a la producción de carnes (22.3 %), la tercera es la industria del azúcar (6.4 %), la cuarta la industria de las hortalizas, frutas y verduras (5.3 %) y la quinta la industria de malta y cervezas (4.9 %).

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI desde el año 1994 al 2019, estimadas con la misma metodología, aunque utilizando métodos para completar vacíos en la serie de los datos de producción en los intervalos de años donde, en el marco de los RAGEI, no se ha realizado recopilación y/o procesamiento de información. La serie temporal se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. Serie temporal de las estimaciones de emisiones de metano derivadas del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales del 1994 – 2019



Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

Los resultados muestran que las emisiones de esta subcategoría tienen un comportamiento creciente, con una directa relación con el comportamiento del sector industrial. Para comprender los factores que afectan las emisiones de esta subcategoría es importante analizar cada rubro o ítem productivo. A partir de la identificación de las principales industrias, se puede priorizar el análisis para determinar los factores más importantes que afectan las emisiones estimadas.

5.6 Actualización de la serie temporal

Los resultados históricos presentados en el numeral 5.5 se obtuvieron a partir de la actualización de la serie de los años 2010, 2012, 2014, 2016 y 2019. Esta actualización modificó algunos datos nacionales de actividad de determinados rubros/ítems de producción. Asimismo, se actualizó el valor de PCG del metano de 21 a 28. Como consecuencia, el resultado de emisiones para todos los años de la serie fue actualizado. Los valores de los datos nacionales utilizados en la actualización de la serie temporal y sus fuentes de información se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 23. Datos nacionales de nivel de actividad utilizados en la actualización de la serie temporal²³

2019			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valores	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Ministerio de la Producción (2020). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2019. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre del 2022, de Ministerio de la Producción: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/940-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2019
Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Ministerio de la Producción (2020). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2019. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en abril de 2022, de Ministerio de la Producción: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019
2016			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valores	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Ministerio de la Producción. (2017). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2016. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre de 2022, de Ministerio de la Producción: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/775-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2016

²³ El detalle de los valores está en la planilla de cálculo del RAGEI 2019. Asimismo, las abreviaciones de las unidades de los datos nacionales pueden variar en escritura dependiendo de la fuente de información, aquí algunas de las equivalencias: Kg = KG = Kilogramo; L = LT = Litro; t = TM = Toneladas (métricas); CTO = ciento; BL = Barril; GL = Galón

Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Ministerio de la Producción. (2017). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre de 2022, de Ministerio de la Producción: https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/775-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2016
2014			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valores	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Ministerio de la Producción. (2016). Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Ministerio de la Producción. (2015). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima: Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero del Viceministerio de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf
2012			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Ministerio de la Producción. (2016). Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf
Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Ministerio de la Producción. (2015). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima: Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero del Viceministerio de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf
2010			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Ministerio de la Producción. (2013). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2012. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-2012.pdf

Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Ministerio de la Producción. (2015). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima: Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero del Viceministerio de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf
2005			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Ministerio de la Producción. (2013). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2012. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial. Obtenido de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-2012.pdf
Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Ministerio de la Producción. (2015). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima: Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero del Viceministerio de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf
2000			
Dato Nacional de nivel de actividad	Valor	Unidad	Fuente de información
Producción industrial según tipo de industria - subsector MYPE e Industria	(varios valores)	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles) / año	Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/
Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	(varios valores)	Masa (Toneladas) / año	Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI, PRODUCE)

Con los resultados obtenidos de las estimaciones de la serie de años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016 y 2019, se ha realizado la estimación de las emisiones para la serie del año 1994 al 2019. Los datos faltantes han sido completados aplicando técnicas de empalme de las Directrices del IPCC de 2006. Se aplicaron dichas técnicas de las siguientes maneras:

- La información de producción industrial, incluyendo pesca y acuicultura, relacionada a los años faltantes de la serie del 2000 al 2016, se obtuvo utilizando el método de interpolación.
- La información de producción industrial, incluyendo pesca y acuicultura, de los años 1994 a 1999, se obtuvo aplicando el método de empalme de datos sustitutos, utilizando la serie del PBI de los mismos años.

5.7 Control de calidad y garantía de la calidad

5.7.1 Control de calidad

La siguiente tabla muestra los hallazgos encontrados producto del control de calidad llevado a cabo, tanto de parte de los especialistas del MINAM como de los especialistas de PRODUCE.

Tabla 24. Hallazgos del proceso de control de calidad

Hallazgos	Acciones implementadas
Actualizar la densidad del pisco, asumiendo que aplica la del agua, pues no se conoce dato específico.	El valor ha sido ajustado.
Actualizar los datos nacionales de actividad del año 2016 con los valores publicados por PRODUCE en sus anuarios estadísticos. Reemplazando la información reportada de manera adelantada por el la OGEEIE para el RAGEI 2016.	Los valores fueron actualizados.
Aplicar con un supuesto de porcentaje de la producción de "mantecas diversas" que serían de origen vegetal, para excluir las de origen animal cuyas emisiones no se incluyen en la cuantificación del IPCC (2006), como "aceites vegetales".	Se aplicó un porcentaje de 50 %.
Actualizar el valor de PCG del metano al Quinto Informe de Evaluación del IPCC.	Se cambió el valor de 21 a 28.
Obtener información sobre los tipos de tratamiento de aguas residuales industriales in situ, cantidad de agua generada y la carga orgánica de la misma.	Al momento de elaboración del presente reporte, no se contó con dicha información por lo cual se han realizado supuestos en base a juicio de experto. Sin embargo, se ha colocado como una acción de mejora del RAGEI.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

5.7.2 Garantía de calidad

El RAGEI ARI 2019 ha sido cometido al proceso de garantía de la calidad. El informe final de la garantía de la calidad incluye recomendaciones de acción urgente, recomendaciones para el próximo ciclo del inventario y recomendaciones a largo plazo, recibidas del equipo consultor durante el mes de febrero del 2023 (GAUSS, 2023). Las recomendaciones de acciones urgentes han sido atendidas e incorporadas en las últimas versiones de los documentos del presente RAGEI (informe y planillas), tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 25. Principales conclusiones del proceso de garantía de calidad, Sector Desechos - Categoría Aguas Residuales Industriales

Observación (GAUSS, 2023)	Acciones implementadas
<p><u>Observación:</u> <i>"Se parte del supuesto de que todos los sitios industriales disponen de una depuradora in-situ. Se trata de una situación poco habitual. Sin embargo,</i></p>	<p>Se ha incluido en el plan de mejoras del informe (sección 5.8 de siguientes pasos), tareas para</p>

<p><i>para las zonas no documentadas, la asignación entre tipos de tratamiento se basa en la utilizada para el agua de uso doméstico.</i></p> <p><i>4D es una categoría clave, sin embargo, se aplica un método de nivel 1 para 4D2 (uso de valores por defecto para estimar la carga orgánica de las aguas industriales). Nota: contrariamente a las especificaciones del árbol de decisión de las directrices de 2006, no es necesario definir un BO nacional.</i></p> <p><i>Debido a la falta de datos detallados sobre el tratamiento de las aguas residuales industriales, hay muchas hipótesis que pueden afectar a los resultados de las emisiones."</i></p> <p><u>Recomendación para el próximo ciclo de inventario:</u> Mejorar el conocimiento del tratamiento in situ de las aguas industriales por parte de los sectores industriales (distribución por tipo de tratamiento) y de la fracción de las aguas vertidas al alcantarillado, por ejemplo mediante un estudio de las principales plantas industriales.</p> <p><u>Recomendación a largo plazo:</u> Estimar y utilizar variables nacionales (contenido de DQO del agua y volúmenes generados) por sector industrial.</p>	<p>revisar el supuesto del tratamiento in-situ y para incrementar el conocimiento sobre los tratamientos por tipo de industria.</p>
<p><u>Observación:</u> "Se observan algunos errores de vinculación en el fichero RAGEI-ARI-2019_Planilla de cálculo_16.01.2023, pestaña IEG 1994-2019", sin impacto en las emisiones, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En las celdas G72-G97, la fórmula utiliza el valor del factor de emisión (Kg CH₄/DQO) de Malta y cerveza (J11 en la pestaña IP 4D2 FETipos de tratamiento) en lugar de Carmes y Aves (J12); • En las celdas G72-G97, la fórmula utiliza el valor del factor de emisión (Kg CH₄/DQO) de Malta y cerveza (J11 en la pestaña IP 4D2 FETipos de tratamiento) en lugar de Aceites vegetales (J14); • En las celdas G72-G97, la fórmula utiliza el valor del factor de emisión (Kg CH₄/DQO) de Malta y cerveza (J11 en la pestaña IP 4D2 FETipos de tratamiento) en lugar de Productos lácteos (J15)". <p><u>Recomendación de acción urgente:</u> Corregir los errores de vinculación de los factores de emisión en la planilla de cálculo.</p>	<p>Se realizó la corrección de los valores indicados.</p>

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI - PRODUCE)

5.8 Sigüientes pasos

La siguiente tabla presenta las acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI (plan de mejoras):

Tabla 26. Acciones de mejora generales planificadas para futuros RAGEI (plan de mejoras)

Nº	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Avance en la implementación	Periodo de implementación ²⁴
1	Involucrar a los proveedores de información en el proceso de elaboración del RAGEI incluyéndolos en reuniones y capacitaciones con el fin de que conozcan la importancia de generar la información requerida para una mejora en el inventario.	Mejora la exhaustividad del RAGEI.	Se ha establecido contacto con la ANA. Sin embargo, se requiere formalizar su participación continua. Por otro lado, aún no se han tomado acciones de contacto con las EPS. Esto debería ser coordinado con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (Se mantiene el avance del RAGEI ARI 2016)	Corto plazo
2	Requerir la información sobre el tratamiento de las aguas residuales industriales haciendo un muestreo de los principales rubros de producción identificados como mayores emisiones (industria de papel, industria de carnes, industria del azúcar, industria de las hortalizas, frutas y verduras y la industria de elaboración de cerveza y malta).	Mejora la exactitud de los cálculos.	Se ha establecido contacto con SUNAT quienes brindaron información sobre las empresas registradas en SUNAT. El contacto directo con las empresas está por iniciarse. (Se mantiene el avance del RAGEI ARI 2016)	Corto plazo
3	Profundizar el análisis de las principales industrias identificadas y los factores que afectan sus emisiones.	Mejora la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones.	Mediano plazo
4	Obtener datos nacionales sobre capacidad máxima de producción de metano y de factores de corrección de metano.	Mejora la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones.	Largo plazo
5	Respecto a los factores de conversión a unidades de masa, es deseable determinar factores nacionales. En tal sentido, las densidades utilizadas deben ser específicas al producto (para el caso de etanol, cerveza, vino), en la medida de lo posible.	Mejora la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones.	Mediano plazo
6	Para el caso de la información de producción que se presenta en unidades de producto, como es el caso de la cartulina y llantas, se propone evaluar la posibilidad de obtener factores que permitan la conversión a unidades de masa.	Mejora la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones.	Mediano plazo

²⁴ Es recomendable que las entidades realicen un plan de trabajo interno más detallado, y que luego de ser validado se inserte en el siguiente RAGEI.

Nº	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Avance en la implementación	Periodo de implementación ²⁴
7	Revisar las tablas de homologación en RAGEI 2014 (PRODUCE, 2017c) y la asignación de correspondencia de los productos por tipo de industria con las clases descritas de las Directrices del IPCC de 2006; y revisar los productos a los que no se les asignó ninguna correspondencia por falta de información. Para ello, es recomendable profundizar en el conocimiento del alcance de la fuente de información del dato.	Mejora la exactitud de los cálculos.	No se han iniciado acciones.	Corto plazo
8	Estimar las emisiones de gases precursores (NMVOC, NO _x , SO ₂) utilizando las guías EMEP/EEA 2019, disponibles en https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019 Con las variables de actividad reproducidas, identificando los factores de emisión correspondientes en las guías EMEP/EEA.	Mejora la exhaustividad.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.

Nº	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Avance en la implementación	Periodo de implementación ²⁴
9	<p>Para el siguiente RAGEI (del 2021), se deberá reiterar la solicitud de información a la Autoridad Nacional del Agua, actualizando la información sobre las autorizaciones de vertimientos de aguas residuales tratadas (de su base de datos "Registro administrativo de vertimientos y reusos de aguas residuales tratadas"), en ese proceso, se evaluaría la información nuevamente, y se llevaría a cabo reuniones con representantes de la ANA, para evaluar el alcance de su base de datos e identificar los vacíos de información. Asimismo, se identificarán los rubros productivos que no estén considerados por la ANA, para ser evaluados con otras fuentes de información, como puede ser: solicitar la información a empresas representativas mediante encuestas y/o revisar información de sus instrumentos ambientales. Considerando que el trabajo de búsqueda, revisión y análisis de fuentes de información complementarias puede implicar tiempo, se deberá realizar una priorización de rubros productivos. Es una mejora progresiva.</p>	<p>Mejora la exhaustividad y exactitud.</p>	<p>No se han iniciado acciones de implementación.</p>	<p>Corto plazo.</p>
10	<p>Mejorar el conocimiento del tratamiento in situ de las aguas industriales por parte de los sectores industriales (distribución por tipo de tratamiento) y de la fracción de las aguas vertidas al alcantarillado, por ejemplo, mediante un estudio de las principales plantas industriales. Revisar el supuesto de que el 100 % es tratamiento in-situ.</p>	<p>Mejora la exactitud y transparencia.</p>	<p>No se han iniciado acciones de implementación.</p>	<p>Corto plazo.</p>

Nº	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Avance en la implementación	Periodo de implementación ²⁴
11	Mejorar la transparencia en las planillas sobre el porcentaje del efluente industrial que es tratado in-situ y las decisiones y supuestos para su estimación	Mejora la transparencia	Se ha incluido en la sección de factores de conversión el supuesto asumido, sin embargo, faltaría realizar los vínculos a las fórmulas que evidencien el supuesto, asimismo, actualizar los cambios en las planillas de años anteriores.	Corto plazo
12	Se debe levantar información sobre los tipos de tratamiento y carga orgánica de los efluentes industriales.	Mejora la exactitud	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)

A fin de enfatizar la importancia de las acciones de mejora propuestas en el punto 1, 2 y 4 de la tabla anterior, se reitera los siguientes hallazgos²⁵:

- **Sobre la importancia de involucrar a otros actores en la elaboración del inventario radica en lo siguiente:**

- *La Autoridad Nacional del Agua - ANA:* Proveedor de información sobre tipos de tratamiento de aguas residuales industriales que presentan las industrias para solicitar las autorizaciones de vertimiento a cuerpos naturales de agua. Es preciso indicarles, que es importante la digitalización de dicha información para presentarla al PRODUCE en cuanto se requiera.
- *Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento – EPS:* Aunque estas empresas están más relacionadas a las aguas residuales domésticas, es posible que gran parte de los vertimientos de las aguas residuales industriales van al alcantarillado doméstico y es por ello por lo que las EPS deben tener un registro de las aguas industriales que ingresan y sus características de vertimiento. Al tomar contacto con ellas, se les debe hacer conocer la importancia de que se solicite a las industrias, información sobre la existencia y el tipo de tratamiento de aguas residuales industriales in situ previo a su vertimiento al alcantarillado doméstico.

- **Sobre la importancia del requerimiento de información de las empresas registradas en SUNAT:**

Al tomar contacto con las empresas, seleccionadas de la base de datos de empresas registradas en SUNAT, se debe solicitar la siguiente información:

- Volumen de producción anual.
- Lugar de descarga de aguas residuales industriales.

²⁵ Encontrados durante el proceso RAGEI ARI 2016, pero que aún están vigentes.

- Tipo de tratamiento realizado a las aguas residuales industriales in situ previo a su descarga.
 - Volumen anual de agua residual generada producto de sus actividades de producción.
- **Sobre la importancia de hallar datos nacionales para los siguientes valores:**
 - **Capacidad máxima de producción de metano:** Es pertinente, contar con un valor nacional para la capacidad máxima de producción de metano para los efluentes (B_0). Ello implica, investigar en base a valores reales y específicos del país, según los tipos de agua residual industrial.
 - **Factor de corrección para el metano (FCM):** Es ideal contar con un FCM específico para el país, que se deriva del promedio ponderado de los factores de corrección del metano (FCM) de los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en el país.

Finalmente, cabe mencionar que, para que la elaboración del RAGEI se convierta en un proceso institucionalizado de mejora continua, se realice la priorización de las mejoras que se han de implementar en base a los recursos disponibles y su nivel de complejidad. Se recomienda, elaborar un plan de trabajo para la implementación de estas, con plazos, responsables y recursos requeridos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Agua. (2020). Autorizaciones de vertimientos de aguas residuales tratadas (2009-2020) - Registro administrativo de vertimientos y reusos de aguas residuales tratadas. Información reportada por la Autoridad Nacional del Agua, en el marco de la elaboración del RAGEI 2016 (por Jorge Silva Morán).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Series Nacionales: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <http://series.inei.gob.pe:8080/sirtod-series/>
- GAUSS. (2023). Presentación “Garantía de la calidad del inventario nacional de gases de efecto invernadero del 2019 del Perú (2023)”, sobre los hallazgos y recomendaciones en el marco de la Garantía de la Calidad del RAGEI del sector Desechos del año 2019, equipo GAUSS (Celine Gueguen) del 03 de febrero de 2023. Obtenido en reunión de febrero del 2023 con representantes del Ministerio del Ambiente y del Ministerio de la Producción.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2012, Infocarbono. Lima: Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos.
- Ministerio del Ambiente. (2016). Guía N° 6: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Desechos. Categoría: Efluentes Industriales. Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2022). RAGEI 4D1 Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas año 2019 - Información de avance a noviembre del 2022.
- Ministerio de la Producción – Ministerio del Ambiente. (2021a). Evaluación de tratamientos de efluentes industriales (para RAGEI 2016, por Inés Mendoza) a partir de información reportada por la Autoridad Nacional del Agua, en el marco de la elaboración del RAGEI 2016, de "autorizaciones de vertimientos de aguas residuales tratadas" de su "Registro administrativo de vertimientos y reusos de aguas residuales tratadas".
- Ministerio de la Producción – Ministerio del Ambiente. (2021b). Juicio experto sobre tipos de tratamiento de aguas residuales (Juan Martín Ortega, IPCC) en RAGEI de ARI del 2016 (actualización de enero del 2021), página 42.
- Ministerio de la Producción – Ministerio del Ambiente. (2021c). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de Aguas Residuales Industriales (actualización de enero de 2021, con directrices del IPCC de 2006).
- Ministerio de la Producción. (2020a). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2019. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre del 2022, de Ministerio de la Producción: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos->

publicaciones/publicaciones-anauales/item/940-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2019

- Ministerio de la Producción. (2020b). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2019. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en abril de 2022, de Ministerio de la Producción: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>
- Ministerio de la Producción. (2017a). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2016. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre de 2022, de Ministerio de la Producción: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/775-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2016>
- Ministerio de la Producción. (2017b). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016. Ministerio de la Producción. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Obtenido en noviembre de 2022, de Ministerio de la Producción: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anauales/item/775-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2016>
- Ministerio de la Producción (2017c). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de Aguas Residuales Industriales (actualización de enero de 2021, con orientaciones de buenas prácticas del IPCC de 2000).
- Ministerio de la Producción. (2016). Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evvaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de Mype e Industria. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf>
- Ministerio de la Producción. (2015). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima: Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero del Viceministerio de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf>
- Ministerio de la Producción. (2013). Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2012. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial. Obtenido de Ministerio de la Producción: <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-2012.pdf>

- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (National Greenhouse Gas Inventories Programme, H. Eggleston, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Edits.) Japón: IGES. Obtenido de The Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2000). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Marco Antonio Osorio Villegas
Cargo	Especialista ambiental de industria Coordinador del RAGEI
Correo Electrónico	mosorio@produce.gob.pe
Teléfono - Anexo	6162222 - 3513
Dirección de Línea	Dirección de Gestión Ambiental Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria Viceministerio de MYPE e Industria
Institución	Ministerio de la Producción

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	M. Paloma Oviedo Rodríguez
Cargo	Especialista en gestión de emisiones de GEI Consultora para el RAGEI
Correo Electrónico	paloma.oviedo@gmail.com
Teléfono - Anexo	949454250
Dirección de Línea	Dirección de Gestión Ambiental Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria Viceministerio de MYPE e Industria
Institución	Ministerio de la Producción

7.2 Anexo 2: Procedimiento de control de calidad

Tabla N° 26. Procedimientos generales de control de calidad

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

	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos. - Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño. - Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes. - Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.
Revisar el archivo y la documentación interna.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos. - Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación). - Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. - Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario. - Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. - Verificar la coherencia en el método/ algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal. - Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.
Verificar la coherencia de la serie temporal.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. - Verificar la coherencia en el método/ algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal. - Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.
Verificar la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el período del inventario actual. - En relación con las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta. - Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo. - Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación con el total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').
Revisiones de tendencias	<ul style="list-style-type: none"> - Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo. - Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones? - Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)

Tabla N° 27. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 4D2 – Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Industriales

Actividad de CC	Procedimientos
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	<p>Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.</p> <p>Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.</p> <p>Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.</p> <p>Documentar los resultados de esta evaluación.</p>
Revisar los factores específicos del país.	<p>Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.</p>

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

Verificar las estimaciones de GEI.	Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.
------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)

7.3 Anexo 3: Procedimiento de garantía de la calidad

Tabla N° 28. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a la categoría 4.D Tratamiento y eliminación de aguas residuales

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

	se recupera gas de vertedero para su uso energético, ¿realiza el país un reporte consistente en los diferentes sectores y categorías del inventario?	lodos sustraídos de la variable de actividad de la categoría 4D debería ser igual a la cantidad de lodos depositada en vertedero (4A), aplicada en suelos agrícolas (AFOLU), incinerado (4C) o tratado de otra forma.
Transparencia /documentación	¿Son la metodología, variable de actividad y factores de emisión documentados de forma suficiente por el inventario?	El informe de inventario debe contener una documentación adecuada que permita reproducir las series de variable de actividad y de emisiones. Esto es también esencial para la transparencia.

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)