

RAGEI 2019

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO DEL SECTOR
ENERGÍA 2019



CATEGORÍAS:

| COMBUSTIÓN MÓVIL

Reporte Anual De Gases De Efecto Invernadero del Sector Energía 2019.
Categoría: Combustión Móvil

Preparado por:
Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Viceministerio de Transportes
Dirección General de Asuntos Socio Ambientales

Lima, 2023

CONTENIDO

SIGLAS	8
1 INTRODUCCIÓN.....	11
2 SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR	12
2.1 Parque de medios de transporte	12
2.2 Consumo de combustible	12
3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI.....	14
3.1 Organización para la elaboración del RAGEI.....	14
3.2 Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI.....	14
3.3 Control de calidad del RAGEI	15
3.4 Garantía de la calidad	18
4 METODOLOGÍA APLICADA	22
4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI	22
4.2 Metodología para el análisis de la incertidumbre	23
4.2.1 Actividades de quema de combustibles	23
4.3 Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal.....	24
5 RESULTADO SECTORIAL	25
5.1 Análisis de resultados	25
5.2 Resultados de incertidumbre.....	27
5.3 Resultados serie temporal	28
5.3.1 Actualización de emisiones de la serie temporal.....	28
5.3.2 Tendencia de emisiones	29
6 RESULTADO POR SUB-CATEGORÍA.....	31
6.1 Aviación civil (1A3a).....	31
6.1.1 Método de cálculo	32
6.1.2 Datos de actividad	33
6.1.3 Factores de emisión y de conversión.....	35
6.1.4 Análisis de resultados	36
6.1.5 Sigüientes pasos.....	37
6.2 Transporte Terrestre (1A3b).....	38
6.2.1 Método de cálculo	39
6.2.2 Ecuaciones utilizadas	41
6.2.3 Datos de actividad	42
6.2.4 Factores de emisión y de conversión.....	44
6.2.5 Análisis de resultados	45
6.2.6 Sigüientes pasos.....	47

6.3	Ferrocarriles (1A3c)	47
6.3.1	Método de Cálculo.....	47
6.3.2	Ecuaciones utilizadas	49
6.3.3	Datos de actividad	49
6.3.4	Factores de emisión y de conversión.....	50
6.3.5	Análisis de resultados	51
6.3.6	Siguientes pasos.....	51
6.4	Navegación marítima y fluvial (1A3d).....	52
6.4.1	Método de Cálculo.....	52
6.4.2	Ecuaciones utilizadas	54
6.4.3	Datos de actividad	54
6.4.4	Factores de emisión y de conversión.....	54
6.4.5	Análisis de resultados	56
6.4.6	Siguientes pasos.....	57
6.5	Otro tipo de transporte (1A3e).....	57
6.5.1	Método de Cálculo.....	58
6.5.1.1	Transporte por tuberías (1A3ei).....	58
6.5.1.2	Todo terreno (1A3eii).....	59
6.5.2	Ecuaciones utilizadas	60
6.5.3	Datos de actividad	61
6.5.4	Factores de emisión y de conversión.....	61
6.5.5	Análisis de resultados	63
6.5.6	Siguientes pasos.....	64
6.6	Móvil no especificado (1A5b)	65
6.6.1	Método de cálculo	65
6.6.2	Datos de actividad	65
6.6.3	Factores de emisión y de conversión.....	65
6.6.4	Análisis de resultados	66
6.6.5	Siguientes pasos.....	67
6.7	Partidas informativas	67
7	BIBLIOGRAFÍA.....	69
8	ANEXOS.....	70
	Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procedimientos generales de control de calidad 2019	16
Tabla 2. Comentarios recibidos por revisor internacional y acción tomada en el RAGEI 2019	20
Tabla 3. Descripción de categorías en el Sector de Energía-Combustión Móvil considerados en el RAGEI 2019	22
Tabla 4. Nivel de incertidumbre asociado con los datos de actividad de combustión móvil	23
Tabla 5. Descripción de actualización de los RAGEI.....	24
Tabla 6. Emisiones de GEI y precursores, del sector energía (combustión móvil) - 2019	26
Tabla 7. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones por actividades de quema de combustibles – Combustión Móvil	27
Tabla 8. Serie temporal de emisiones (Gg CO ₂ eq) originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016	29
Tabla 9. Subcategorías y sus definiciones IPCC – Aviación	31
Tabla 10. Nivel de cálculo en Aviación civil.....	33
Tabla 11. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3a	34
Tabla 12. Factores de emisión empleados – Aviación civil.....	35
Tabla 13. Factores de emisión GEI – Aviación civil	35
Tabla 14. Factores de contaminantes criterios – Aviación civil	35
Tabla 15. Densidades empleadas – Aviación civil.....	35
Tabla 16. VCN empleadas – Aviación civil	36
Tabla 17. Acciones de mejora para futuros RAGEI – Aviación civil.....	37
Tabla 18. Clasificación de las Directrices del IPCC de 2006 vs clasificación nacional de los vehículos	38
Tabla 19. Nivel de cálculo en Transporte Terrestre.....	41
Tabla 20. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3b	43
Tabla 21. Factores de emisión empleados – Transporte terrestre	44
Tabla 22. Factores de emisión – Transporte terrestre	44
Tabla 23. Factores de contaminantes criterios – Transporte Terrestre	44
Tabla 24. Densidades empleadas en Transporte Terrestre	45
Tabla 25. VCN empleadas en Transporte Terrestre.....	45
Tabla 26. Acciones de mejora para futuros RAGEI en Transporte Terrestre	47

Tabla 27. Nivel de cálculo en Ferrocarriles	49
Tabla 28. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3c	49
Tabla 29. Factores de emisión empleados – Ferrocarriles	50
Tabla 30. Factores de emisión GEI - Ferrocarriles	50
Tabla 31. Factores de contaminantes criterios – Ferrocarriles	50
Tabla 32. Densidades empleadas en Ferrocarriles	50
Tabla 33. VCN empleadas en Ferrocarriles	51
Tabla 34. Acciones de mejora para futuros RAGEI en ferrocarriles.....	51
Tabla 35. Estructura de la subcategoría de Navegación marítima y fluvial	52
Tabla 36. Nivel de cálculo en Navegación marítima y fluvial	53
Tabla 37. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3d	54
Tabla 38. Factores de emisión empleados – Navegación Marítima y Fluvial	55
Tabla 39. Factores de emisión GEI para transporte marítimo y fluvial.....	55
Tabla 40. Factores de contaminantes criterios – Marítimo y fluvial	55
Tabla 41. Densidades empleadas en Navegación marítima y fluvial	55
Tabla 42. VCN empleadas en Navegación marítima y fluvial.....	56
Tabla 43. Acciones de mejora para futuros RAGEI en navegación marítima y fluvial	57
Tabla 44. Nivel de cálculo en transporte por tuberías.....	59
Tabla 45. Nivel de cálculo en todo terreno.....	60
Tabla 46. Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Otro tipo de transporte	61
Tabla 47. Factores de emisión empleados – Otro tipo de transporte	61
Tabla 48. Factores de emisión –transporte por tuberías.....	62
Tabla 49. Factores de emisión –todo terreno.....	62
Tabla 50. Factores de contaminantes criterios – Otro tipo de transporte	62
Tabla 51. Densidades empleadas en Otro tipo de transporte	63
Tabla 52. VCN empleadas en Transporte Terrestre.....	63
Tabla 53. Acciones de mejora para futuros RAGEI en Otro tipo de transporte.....	64
Tabla 54. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A5b	65
Tabla 55. Factores de emisión empleados	65

Tabla 56. Factores de emisión GEI	66
Tabla 57. Factores de contaminantes criterios.....	66
Tabla 58. Densidades empleadas	66
Tabla 59. VCN empleadas	66
Tabla 60. Acciones de mejora para futuros RAGEI - Móvil	67
Tabla 61. Emisiones GEI correspondientes a Aviación Civil y Navegación Marítima Internacional	67
Tabla 62. Emisiones de CO ₂ de los biocombustibles	67

SIGLAS

AdP	: Aeropuertos del Perú
APN	: Autoridad Portuaria Nacional
AR5	: Quinto Informe de Evaluación del IPCC
BNE	: Balance Nacional de Energía
CH ₄	: Metano
CMNUCC	: Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	: Dióxido de carbono
CO ₂ eq	: Dióxido de carbono equivalente
CORPAC	: Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial
DGAAM	: Dirección de Asuntos Ambientales
DGAC	: Dirección General de Aeronáutica Civil
DGCCD	: Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
DPNTF	: Dirección General de Políticas de Transporte Ferroviario
INFOGAS	: Servicio de difusión de información del mercado de GNV
GEI	: Gas de efecto invernadero
Gg	: Gigagramos
Directrices IPCC 2006	: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
INGEI	: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	: Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (<i>International Panel on Climate Change</i>)
LAP	: Lima Airport Partners
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
N ₂ O	: Óxido nitroso
OGPP	: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto
OSINERGMIN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PCG	: Poder de Calentamiento Global
RAGEI	: Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SUNARP	: Superintendencia Nacional de Registros Públicos

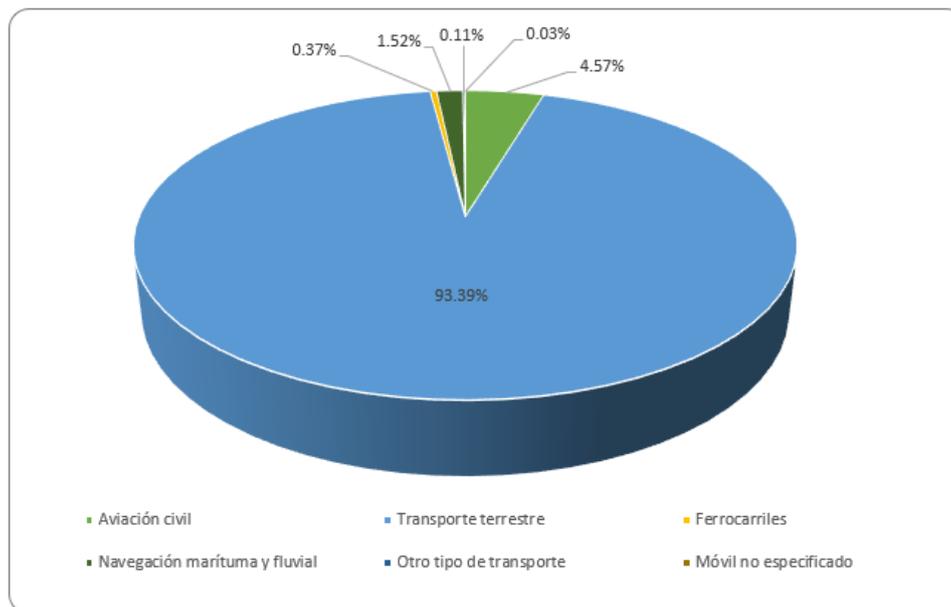
RESUMEN EJECUTIVO

El presente Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) describe el proceso de estimación y resultados de las emisiones de GEI y gases precursores de GEI del sector energía correspondientes al año 2019 para las categorías de i) Aviación civil, ii) Transporte terrestre, iii) Ferrocarriles, iv) Navegación marítima y fluvial, v) Otro tipo de transporte y vi) Móvil no especificado; siguiendo las Directrices de 2006 del Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC) para los inventarios nacionales de GEI (en adelante, Directrices del IPCC de 2006).

El RAGEI 2019 reporta los valores de GEI 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 energía – combustión móvil resultaron en 25,654.13 Gg CO₂eq para el año 2019, siendo la principal fuente de emisión el transporte terrestre con 23,958.96 Gg CO₂eq, representando el 93.39% de las emisiones del sector. Las cinco (5) fuentes de emisión restantes agregan el 6.58% de las emisiones cubiertas por este RAGEI.

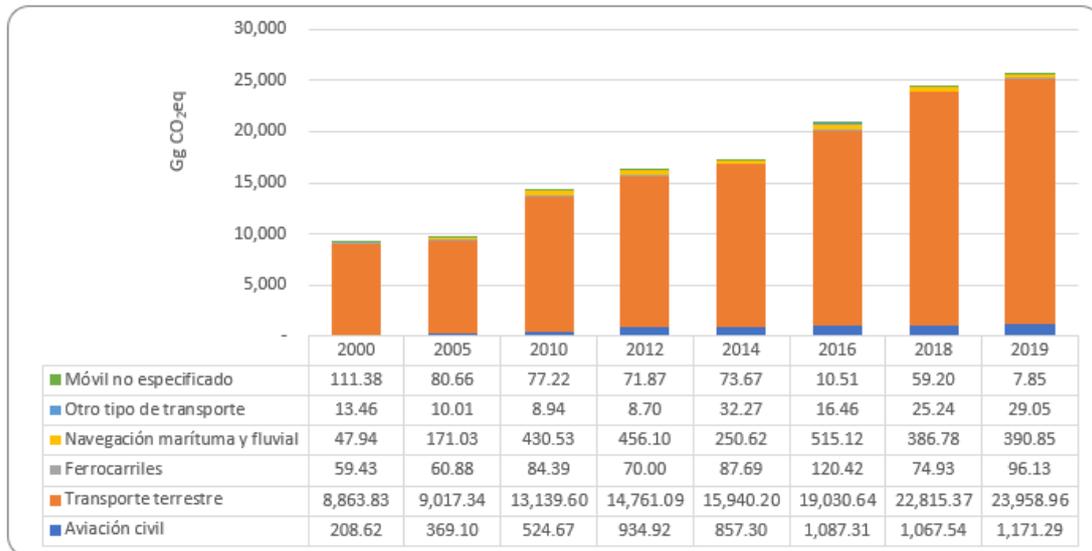
Figura 1. Emisiones de GEI del Sector Energía -Combustión Móvil 2019 (Gg CO₂eq)



Fuente: DGAAM – MTC

Se han actualizado las estimaciones de GEI correspondientes a los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016. Esto tomando en consideración algunas actualizaciones de los datos de actividad, mejoras metodológicas en el cálculo y cambio en los PCG empleados. Respecto a la evolución de las emisiones de GEI, se aprecia que las emisiones totales abarcadas por el presente RAGEI, presentaron una tendencia creciente. Este comportamiento se debe principalmente al crecimiento del parque automotor del transporte terrestre, siendo un 77.78% mayor que el año 2000.

Figura 2. Emisiones GEI del sector Energía – Combustión Móvil



Fuente: DGAAM – MTC

El RAGEI contiene mejoras respecto a las estimaciones realizadas anteriormente. Esto debido a la revisión exhaustiva del equipo de la Dirección General de Asuntos Ambientales. Entre las mejoras incluidas en el presente RAGEI se resaltan las siguientes: i) Utilización del consumo final del sector transporte reportado, por modos de transporte, en el Balance Nacional de Energía, lo que permite guardar consistencia entre ambos reportes, ii) inclusión de las emisiones de CH₄ y N₂O en los totales del RAGEI, iii) estimación de las emisiones de gases precursores de GEI. La revisión de las estimaciones anteriores ha permitido generar un RAGEI más exhaustivo y preciso.

1 INTRODUCCIÓN

El presente Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2019 (RAGEI 2019) ha sido elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAAM). Este reporte considera las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por fuentes de combustión móvil, no considera la combustión por fuentes estacionarias y emisiones fugitivas al ser una actividad de trabajo del Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

El RAGEI presentado corresponde al año 2019 e incluye la cuantificación de las emisiones de GEI generadas en este año, pero además presenta la actualización de las estimaciones de GEI de los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016. Además, en los resultados descritos para la serie histórica, se incluyen las estimaciones de las emisiones para el 2018.

Los resultados obtenidos son de gran relevancia para el sector porque le permite identificar cuáles son las actividades que generan mayores emisiones de GEI en la actualidad y además porque permite evaluar sus respectivas tendencias históricas. En ese sentido, el RAGEI es un instrumento de gestión importante para la toma de decisiones en lo que refiere a la mitigación del cambio climático, gestión muy necesaria para el Perú y otros países que forman parte de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) al estar comprometidos a reducir, en el marco de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), importantes cantidades de GEI.

Este RAGEI incluye también la cuantificación de emisiones de los gases precursores de GEI, los cuales afectan al ambiente y bienestar social. Dicha cuantificación permite aproximar los impactos atmosféricos generados por cada una de las actividades del sector energía.

El desarrollo del presente RAGEI ha sido logrado gracias al apoyo y coordinación constante con la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del Ministerio del Ambiente (MINAM).

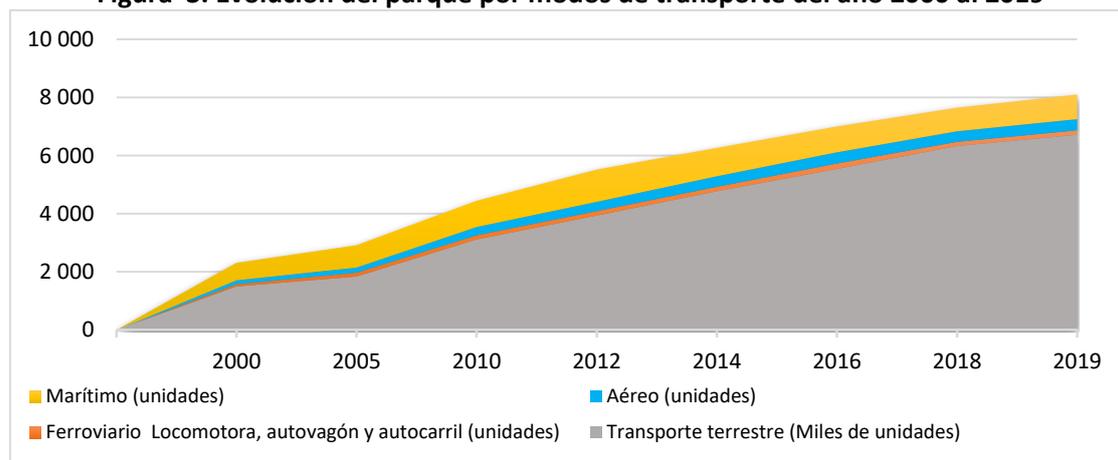
2 SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR

A continuación, se realiza un breve análisis de dos variables que influyen en el aumento de las emisiones GEI en la Combustión Móvil: Crecimiento del parque de transporte y venta/consumo de combustibles.

2.1 Parque de medios de transporte

El parque vehicular, ferroviario, aéreo y marítimo y fluvial se ha incrementado en los últimos años, principalmente por el crecimiento poblacional.

Figura 3. Evolución del parque por modos de transporte del año 2000 al 2019



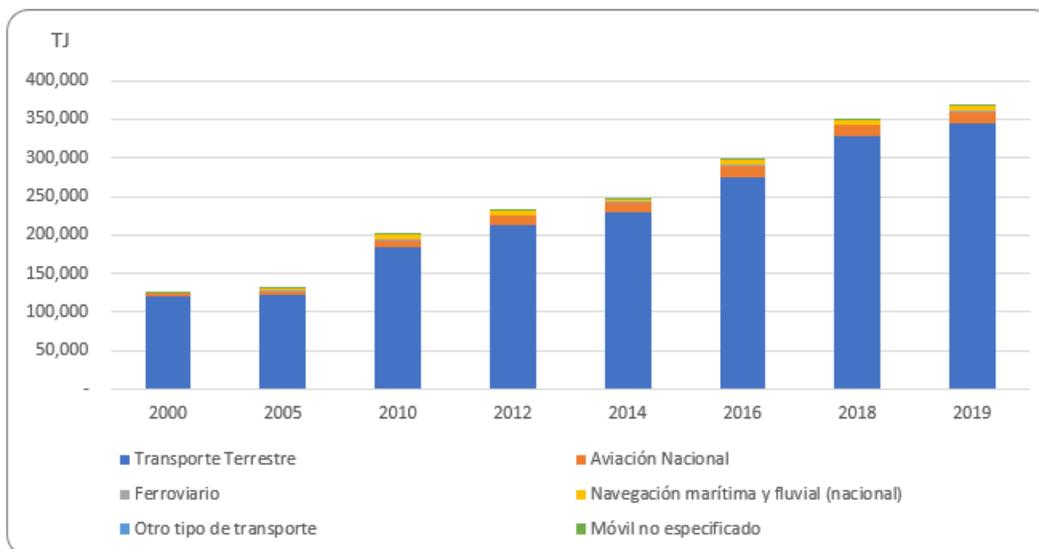
Fuente: Anuario estadístico 2019 del MTC, pág. 132, 168 y 193
Terrestre: MTC / OGPP – Oficina de estadística.

Tal como se aprecia en la figura 3, los vehículos del transporte terrestre presentan un crecimiento sostenido, representando el 82.95% del total de unidades de todos los medios de transportes a nivel nacional para el 2019. Esta participación guarda relación con las emisiones del transporte terrestre que representa el 93.39% de las emisiones totales reportada en el presente RAGEI.

2.2 Consumo de combustible

En el 2019 el sector transporte consumió aproximadamente 367,072.72 TJ, siendo el transporte terrestre el mayor consumidor, representando el 93.69% del total de energía utilizada por los tipos de transporte que se reporta en este RAGEI. Ver Figura 4.

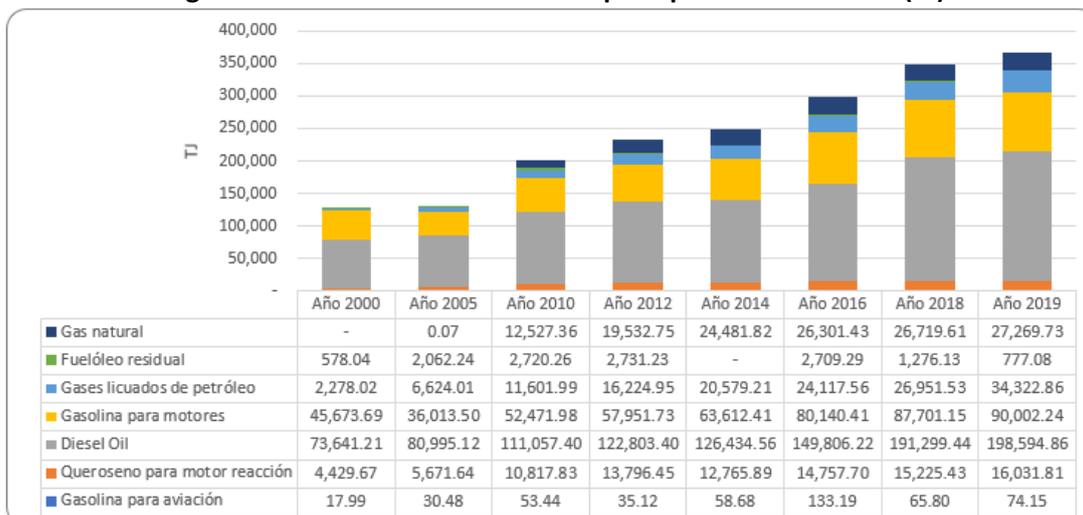
Figura 4. Consumo de combustible por medios de transporte (TJ)



Fuente: DGAAM – MTC

De la Figura 5, se aprecia que los principales combustibles utilizados son el diésel y gasolina. En menor cantidad el gas licuado de petróleo, gas natural, querosene para motor a reacción, fuelóleo residual y gasolina para aviación. La participación del gas natural se incrementó de forma escalonada a partir del 2010 con un pico en el 2016 y luego una marcada ralentización en su crecimiento.

Figura 5. Consumo de Combustible por tipo de combustible (TJ)



Fuente: DGAAM – MTC

3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

3.1 Organización para la elaboración del RAGEI

En el marco del Decreto Supremo Nº 013-2014-MINAM y de la Resolución Ministerial Nº 168-2016-MINAM, el MTC es la entidad competente encargada de la elaboración del RAGEI del Sector Energía - Combustión Móvil. Dentro del MTC, la DGAAM como autoridad ambiental sectorial y punto focal de cambio climático, es la unidad orgánica que elabora y presenta el RAGEI 2019 a la DGCCD del MINAM, como autoridad nacional de cambio climático.

3.2 Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

Los niveles de actividad requeridos han sido obtenidos en su mayoría del Balance Nacional de Energía publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Asimismo, se contó con información proveída por instituciones involucradas en el sector transporte como INFOGAS, empresas concesionarias en aeropuertos, MTC (direcciones de línea), entre otros.

Sobre los factores de conversión como el poder calorífico neto se han utilizado los mismos datos del RAGEI del sector energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas a fin de guardar consistencia entre ambos reportes. Los factores de emisión son los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 aplicados en el reporte anterior (RAGEI 2016), a excepción del gas natural, que se cuenta con un valor calculado para el 2019.

Se sostuvo reuniones con algunas de estas instituciones para fortalecer el trabajo colaborativo del RAGEI, con énfasis en la mejora de la calidad de los datos y el involucramiento en la elaboración de estos reportes.

A. Nivel interno (dentro del Ministerio)

▪ Acciones y arreglos implementados para el presente RAGEI

Durante el proceso de elaboración del presente RAGEI, no se implementaron arreglos institucionales internos oficiales, no obstante, se realizaron coordinaciones con algunos órganos de asesoramiento y de línea del MTC.

- ✓ **Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC):** Se gestionó información sobre el número de vuelos aerocomerciales por tipo de nave, origen –destino y distancia. Se sostuvo reuniones con el equipo de la DGAC para realizar la correspondencia de las naves nacionales con la clasificación presentada en la “Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019”, metodología aplicada para estimar las emisiones de GEI de la aviación civil nacional.
- ✓ **Dirección de Políticas y Normas en Transporte Ferroviario:** Se gestionó información de consumo de combustibles de las locomotoras y autovagones de las empresas concesionarias y operadoras de los ferrocarriles del país.

▪ Acuerdos de acciones y arreglos para siguientes RAGEI

Se gestionará la conformación de un equipo de trabajo que garantice la presencia de los órganos técnicos del MTC con expertise en las materias que comprende este reporte. Asimismo, se solicitará la participación de otros actores involucrados como el MINEM, entre otros; a fin de incrementar la exhaustividad y consistencia del RAGEI.

B. Nivel interinstitucional (con otras instituciones del sector público y/o privado)

Para la elaboración del presente RAGEI, la DGAAM solicitó información a varios actores involucrados:

- ✓ **MINEM:** Información de consumo de combustibles del sector transporte reportado por modo de transporte en el Balance Nacional de Energía.
Se tuvieron coordinaciones para que los próximos reportes del BNE incluya información de los consumos en unidades originales proveídas por las instituciones.
- **Autoridad Portuaria Nacional (APN):** Información de abastecimiento de combustible en las naves marítimas de los puertos del Perú.
- **SUNARP:** Información sobre la cantidad de vehículos inscritos por tipo de transporte y combustible.
- **Empresas de aeropuertos (TALMA, CORPAC, LAP, AdP):** Cantidad de combustible consumido por los vehículos internos de los aeropuertos.
- **APM Terminals:** Cantidad de combustible consumido por los vehículos internos de los aeropuertos.
- **COFIDE (InfoGas):** Cantidad de gas natural vehicular vendido a nivel nacional.
- **OSINERGMIN:** Información sobre la demanda nacional de los establecimientos de venta al público de combustibles, grifos flotantes y combustibles de aviación.

3.3 Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI

El RAGEI ha sido elaborado bajo un permanente proceso de control de calidad con la finalidad de evitar posibles errores, los mismos que se puedan suscitar por una mala transcripción de los datos, errores en la conversión de unidades, la ejecución de las estimaciones a través de fórmulas automatizadas, entre otros; todo ello con el fin de mejorar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud del RAGEI. Este proceso se ha realizado siguiendo las recomendaciones de las Directrices del IPCC de 2006 y se han aplicado tanto para los niveles de actividad, la planilla de cálculo y los datos y resultados presentados en el siguiente reporte.

Por otro lado, es importante mencionar que el RAGEI 2016 fue revisado por la firma consultora Gauss International Consulting, contratada por Global Green Growth para apoyar al gobierno de Perú en la revisión externa del respectivo RAGEI. Las recomendaciones realizadas por los expertos internacionales se describen en el numeral 3.3.2. Los resultados de dicha revisión fueron tenidos en cuenta para la elaboración de este RAGEI.

Adicionalmente, precisar que este RAGEI también ha sido revisado y las recomendaciones de mejora serán implementadas de forma progresiva en los siguientes reportes. En el anexo 2 se presenta las recomendaciones realizadas.

3.3.1 Control de calidad

A continuación, se presentan los procedimientos generales de control de calidad aplicados al RAGEI 2019.

Tabla 1. Procedimientos generales de control de calidad 2019

Procedimiento IPCC	Detalle de los procedimientos realizados por MTC
Efectuar la verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación con la información relativa a las categorías y garantizar que estén registrados y archivados correctamente.	Se verificó que los datos de actividad, los factores de emisión y otros parámetros (factores de conversión) han sido registrados y archivados correctamente.
Confirmar que las referencias bibliográficas estén citadas correctamente en la documentación interna.	Se evitaron errores de transcripción cerciorándose que los datos de entrada están bien referenciados.
Efectuar la verificación cruzada de una muestra de datos de entrada de cada categoría (fueran mediciones o parámetros utilizados en los cálculos) para detectar errores de transcripción.	Se realizaron revisiones de datos aleatoriamente garantizando que estos han sido tomados correctamente.
Reproducir un conjunto de cálculos de emisiones y absorciones.	Se reprodujeron una serie de cálculos de forma externa a los cálculos propios del RAGEI con fines comparativos y aseguramiento de cálculos realizados.
Controlar que las unidades estén identificadas correctamente en las planillas de cálculos.	Se revisó minuciosamente que las unidades utilizadas figuren en la planilla de cálculo.
Controlar que se mantengan las unidades correctamente desde el comienzo hasta el final de los cálculos.	Se revisó minuciosamente que las unidades utilizadas se apliquen consistentemente en la planilla de cálculo. Algunos errores fueron identificados en pleno proceso de cálculo.
Controlar que los factores de conversión sean correctos.	Los factores de conversión respecto a unidades fueron obtenidos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), por sus siglas en inglés). Los factores de conversión respecto a las propiedades de los combustibles se trabajaron en base a los datos que fueron entregados por los mismos productores de combustible.
Confirmar que los pasos correctos para el procesamiento de la información se encuentren bien representados en la base de datos.	Se constató a través de análisis de balance de masa, siempre que haya sido factible, que toda la información referida a niveles de actividad ha sido debidamente utilizada. Se compararon los valores utilizados para factores de conversión como poder calorífico y densidad con otras fuentes internacionales de manera que se asegura la utilización de datos coherentes. Se realizaron aleatoriamente algunos cálculos de forma independiente obteniéndose los mismos resultados que figuran en la planilla de cálculo utilizado.
Confirmar que las relaciones de los datos se encuentren bien representadas en la base de datos.	Se realizó la trazabilidad de los datos para de esta manera asegurar que los datos están bien representados.
Garantizar que se archive la documentación adecuada de la estructura y el funcionamiento de la base de datos y del modelo.	Toda la documentación referida a datos utilizados directa o indirectamente (como insumo para la estimación requerida) ha sido debidamente archivada por el compilador de la DGAAM en el aplicativo del INFOCARBONO.

Procedimiento IPCC	Detalle de los procedimientos realizados por MTC
Identificar parámetros (p. ej. datos de la actividad, constantes) comunes a muchas categorías y confirmar que haya coherencia en los valores usados para estos parámetros en los cálculos de emisión/absorción.	Se compararon resultados obtenidos en distintas fuentes de emisión de GEI que requieren del mismo factor de emisión o conversión de manera que se aseguró la coherencia de estos.
Controlar que se transcriban correctamente los datos de emisiones y absorciones entre los diferentes productos intermedios.	Se ha asegurado que los resultados obtenidos por primera vez han ido escalando de forma correcta hasta los resultados finales
Comprobar que las incertidumbres calculadas estén completas y hayan sido calculadas correctamente.	Se verificaron los cálculos realizados a través de una revisión minuciosa a los cálculos realizados.
Controlar la coherencia temporal de los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Se compararon los resultados de las emisiones de GEI según fuentes entre todos los inventarios desarrollados a manera de asegurar la coherencia entre dichos resultados.
Verificar la coherencia del algoritmo/método utilizado para los cálculos a través de la serie temporal.	La serie de datos temporales se utilizó para garantizar la coherencia de los resultados.
Verificar los cambios metodológicos y de datos que producen nuevos cálculos.	Se verificaron los cambios metodológicos en los inventarios actualizados.
Confirmar que se declaren las estimaciones para todas las categorías y para todos los años, a partir del año de base correspondiente, hasta el período del inventario actual.	Se identificaron fuentes que anteriormente no fueron consideradas, estas se han actualizado en todos los inventarios elaborados.
Para las subcategorías, confirmar que quede cubierta la categoría en su totalidad.	Se han considerado todas las fuentes de emisión de GE, se buscará mejoras.
Para cada categoría, deben compararse las estimaciones actuales del inventario con las estimaciones anteriores, si están disponibles. Si hay cambios significativos o divergencias de las tendencias esperadas, volver a controlar las estimaciones y explicar las diferencias. La existencia de cambios significativos en las emisiones o absorciones de los años anteriores puede indicar posibles errores de entrada o cálculo.	Se han comparado los resultados obtenidos con los de inventarios anteriores, encontrándose valores cercanos y por tanto coherentes.
Verificar si se advierten tendencias inusuales e inexplicadas para los datos de la actividad u otros parámetros en la serie temporal.	Se verificó y se contrastó con los respectivos niveles de actividad
Comprobar que exista documentación interna detallada que respalde las emisiones y permita la reproducción de las estimaciones de emisión, absorción e incertidumbre.	Se dispone de todas las referencias a la información utilizada en el RAGEI trabajado.

Procedimiento IPCC	Detalle de los procedimientos realizados por MTC
Comprobar que los datos del inventario, los datos de respaldo y los registros del inventario se archiven y guarden para facilitar la revisión detallada.	Se dispone de una carpeta en donde se almacena toda la información digital utilizada para el proceso de cálculo del RAGEI.
Controlar que el archivo esté cerrado y se conserve en sitio seguro, una vez finalizado el inventario.	Una vez finalizado se creó una copia al informe elaborado y la planilla de cálculo empleado, ambos archivos poseen seguridad a través de una contraseña.
Control de calidad de la elaboración de factor de emisión nacional – Gas Natural	
Si los factores de emisión se basan en ensayos específicos del sitio o del nivel de la fuente, se debe controlar si el programa de medición incluyó los procedimientos de CC adecuados.	El F.E del CO ₂ para el gas natural, ha sido elaborado por el MINEM.
Control de calidad de datos de actividad a un nivel nacional	
Evaluar y documentar las actividades de CC asociadas al dato nacional, determinando si cumple con los procedimientos de CC general del inventario.	Se realizaron acciones de verificación de transcripción de los datos a través de muestreo aleatorio y análisis de data de combustibles a nivel nacional.
Siempre que sea posible, debe efectuarse un control de comparación de los datos de la actividad nacional con fuentes de datos de la actividad compilados en forma independiente.	Los niveles de actividad en su mayoría han sido obtenidos de fuentes primarias, de las que se desconoce si tras esta existe o no un adecuado control de la calidad. No se realizaron comparaciones con fuentes internacionales.
Comparaciones con muestras a nivel subnacional o a nivel de plantas. Deben ser representativas y la técnica de extrapolación debe capturar bien la población total analizada.	No se realizaron comparaciones con muestras a nivel subnacional o a nivel de plantas.
Controlar de tendencia de los datos de la actividad. Dado que se suponen cambios relativamente coherentes año a año, todo cambio sustancial debe documentarse y de ser posible explicar la ausencia de errores.	Se compararon los niveles de actividad con los datos históricos para identificar posibles irregularidades entre los datos. Los datos siempre han sido a nivel nacional obtenidos de la misma fuente.

Fuente: DGAAM – MTC

3.3.2 Garantía de la calidad

Las principales recomendaciones realizadas por los expertos de Gauss International Consulting, como resultado de la revisión llevada a cabo al anterior RAGEI fueron:

- Los consumos energéticos totales del inventario nacional deben ser consistentes con el consumo de combustible final del balance energético. En caso de existir discrepancias, éstas deben poder ser explicadas por el equipo de inventario y las diferencias se deben explicar en el informe de inventario. Se recomienda realizar una comparación entre los consumos agregados del inventario nacional para cada combustible y los consumos finales oficiales del balance energético. Se recomienda identificar los motivos de las discrepancias y actualizar el inventario, en su caso.
- Las estimaciones de metano y N₂O de la biomasa (incluidos biocombustibles líquidos) deben agregarse a los totales nacionales.

- La compilación de las emisiones de combustión estacionaria (categorías 1A1, 1A2, 1A4, 1A5, 1B1 y 1B2) se realiza de forma separada de la combustión móvil (categoría 1A3), por distintos expertos del país. Actualmente no existe una consolidación (integración) de las estimaciones realizadas y los consumos de combustibles utilizados. Las tablas de reporte de inventario tienen que incluir el total del sector energético, y el inventario nacional debe asegurar que los consumos de combustibles utilizados en todos los sectores son consistentes entre sí y consistentes con el balance energético. Por este motivo, se recomienda abordar una mejora de la coordinación entre los compiladores de inventario de combustión móvil y combustión estacionaria, y se recomienda realizar un informe y tablas sumario integradas (tablas de variable de actividad, emisiones y factores de emisión para toda la serie temporal). Esto facilitará las actividades de control y aseguramiento de calidad, y facilitará el futuro reporte a la CMNUCC.
- En la categoría 1A3a se utiliza una metodología tier 3 procedente de las guías EMEP/EEA. Cuando se utiliza un método avanzado, es necesario estimar las emisiones tier 1 y comparar las emisiones tier 3 con las emisiones tier 1. Esta comparación se realiza para asegurar la validez de la aplicación de la metodología tier 3. El análisis de las diferencias entre resultados debe poder explicarse. Las diferencias entre el consumo de combustible estimado en el tier 3 con respecto al consumo nacional de combustible de aviación son muy elevadas, lo que puede indicar que no se está considerando todo el combustible utilizado en aviación. Se recomienda incorporar en las actividades de control y garantía de calidad (QA/QC) del inventario esta comparación entre las emisiones obtenidas utilizando el tier 3 de transporte con el tier 1.

En la Tabla 2. a continuación se presenta los resultados de la revisión detallada llevada a cabo en el proceso de aseguramiento de calidad, así como la acción tomada (implementada o no implementada).

Tabla 2. Comentarios recibidos por revisor internacional y acción tomada en el RAGEI 2019

Elemento AC	Hallazgo, si aplica	Recomendación, ajuste	Acciones Tomadas
Datos de actividad			
	En la categoría 1A3ei se está considerando el consumo de combustibles para el transporte por tuberías. Sin embargo, se ha identificado que ese consumo de combustible se está teniendo en cuenta en la categoría de uso de combustibles para uso propio (1A1ai). De este modo, existe una doble contabilidad en el inventario.	Se recomienda evitar la doble contabilidad de los combustibles. La regla general de IPCC 2006 es reportar las emisiones donde se consumen, de modo que se recomienda reportar sólo en la categoría 1A3ei.	Las emisiones por el consumo de combustibles en las estaciones de bombeo del oleoducto Norperuano se reportan en la categoría 1A3ei. Este consumo se ha descontado de la categoría de uso de combustibles para uso propio (1A1ai) para evitar doble contabilidad.
	Para el caso del transporte, Perú descuenta las proporciones biogénicas de los combustibles fósiles y estima sus emisiones de forma separada. Sin embargo, las emisiones de CH ₄ y N ₂ O de los biocombustibles no se están considerando en los totales (y deberían considerarse, según el capítulo 3 del volumen 2 de IPCC 2006).	Considerar las emisiones de metano y N ₂ O en los totales del inventario	Se está incluyendo las emisiones de metano y N ₂ O en los totales del RAGEI.
	EL consumo estimado utilizando el método tier 3 de EMEP es de 14 611 TJ para el combustible turbo A1 en aviación nacional, mientras que el balance energético reporte el consumo de 43 450 TJ de combustible turbo. Esta diferencia tiene que poder ser explicada por el equipo de inventario, ya que puede indicar que la cobertura de la actividad no es 100% (es decir, que no se considera todo el combustible consumido). Durante la revisión no se pudieron comprobar los parámetros introducidos en las planillas de EMEP (duración de vuelo, km, etc.).	Se recomienda comparar los resultados de los métodos tier 3 vs tier 1 para asegurar que no hay diferencias muy grandes. Se recomienda incluir esta comparación como una actividad QC específica en el plan actividades de control y garantía de calidad (QA/QC)	En la planilla Excel se ha incluido la comparación de los resultados aplicando el método 1 y 3 para aviación nacional obteniéndose una diferencia de 1.6%.
Documentación de los Datos de Actividad	Las fuentes y las suposiciones sobre los datos de actividad se documentaron de forma transparente en las hojas de cálculo.	-	
Factores de emisión	Los factores de emisión utilizados son consistentes con las buenas prácticas IPCC 2006.	-	
Documentación de los Factores de Emisión	Las fuentes y supuestos sobre los FE y otros parámetros se documentaron de forma transparente en las hojas de cálculo.	-	
Documentación de la metodología	La metodología utilizada para todas las categorías se documentó de manera transparente en las hojas de cálculo. Se describieron adecuadamente todos los niveles y variables de los niveles.	-	
Comentarios generales	La transparencia de las hojas de cálculo que contienen los datos de actividad, las hipótesis, los factores de emisión, otros parámetros y las emisiones fue muy buena. Sin embargo, la revisión de las diferentes categorías se hace muy difícil por el hecho de tener un archivo Excel por año. Asimismo, el hecho de separar el consumo	Se recomienda mejorar el archivo Excel "Resumen - Energía", incluyendo la variable de actividad, las emisiones y el factor emisión implícito de todas las categorías emisoras	Se cuenta con un archivo que consolida los resultados de todas las categorías y sectores del año

Elemento AC	Hallazgo, si aplica	Recomendación, ajuste	Acciones Tomadas
	de combustibles entre combustión estacionaria y móvil dificulta el aseguramiento de la calidad.	del sector energía (combustión estacionaria y combustión móvil) para todos los años de la serie, así como las tablas de reporte consolidadas (de todo el sector energía). Esta mejora del archivo debe ser utilizada en las actividades de control y garantía de calidad (QA/QC) del inventario, para asegurar la consistencia de la serie temporal de las emisiones estimadas.	inventario y serie temporal.
Ajusto realizado	Los hallazgos descritos más arriba conllevarán ajustes del inventario nacional.		
Recomendaciones para la mejora continua	Hay tres hallazgos y recomendaciones de mejora especialmente relevantes: <ul style="list-style-type: none"> - Incorporar en las actividades de control y garantía de calidad (QA/QC) del inventario una comparación entre los consumos agregados de combustibles del sector energía con los consumos agregados del balance energético - Incorporar en las actividades QA/QC del inventario una comparación entre las emisiones obtenidas utilizando el tier 3 de transporte con el tier 1 - Estimar y reportar las emisiones de metano y N₂O de combustibles biomasa y biocombustibles 		Se tomaron en cuenta las recomendaciones de mejora continua.

Fuente: DGAAM – MTC.

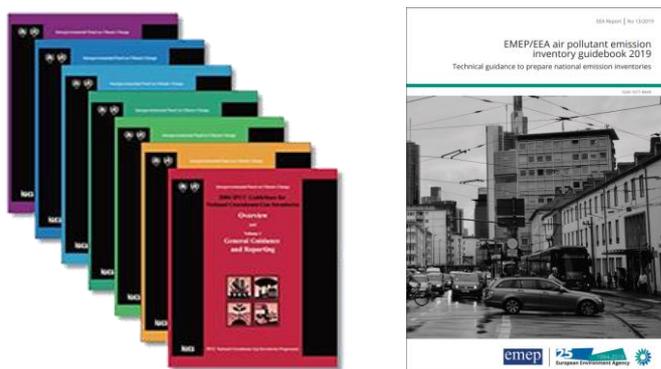
4 METODOLOGÍA APLICADA

4.1 Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

El RAGEI del Sector Energía - Combustión móvil ha sido elaborado aplicando la metodología que establece las Directrices del IPCC de 2006. Específicamente se utilizó el volumen 2 referido a energía, de este el capítulo 3 para estimar las emisiones de GEI por combustión móvil.

Adicionalmente, se ha utilizado la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019, para estimar las emisiones de gases precursores, a partir de los factores por defecto que proporciona este documento.

Figura 6. Documentos de referencia utilizados en la elaboración del RAGEI



Fuente: DGAAM – MTC

Haciendo uso de los documentos anteriormente señalados, que orientan y definen los datos de actividad y factores de emisión más pertinentes, se han estimado las emisiones de GEI y precursores generados por el sector energía. Las ecuaciones utilizadas para las fuentes de emisión de GEI aquí consideradas se presentan en capítulos posteriores.

En la siguiente tabla se presenta las categorías y gases estimados y reportados en este RAGEI.

Tabla 3. Descripción de categorías en el Sector de Energía-Combustión Móvil considerados en el RAGEI 2019

Codificación	Descripción	GEI generados – directos e indirectos	GEI estimados en el RAGEI 2019
1	Energía		
1A	Actividades de quema de combustibles		
1A3	Transporte		
1A3a	Aviación civil		
1A3ai	Aviación internacional	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x
1A3aii	Aviación nacional	CO, COVDM, SO _x	CO, COVDM, SO _x
1A3b	Transporte Terrestre		
1A3bi	Automóviles		
1A3bii	Camiones para servicio ligero	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	CO, COVDM, SO _x	CO, COVDM
1A3biv	Motocicletas		
1A3c	Ferrocarriles	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x
		CO, COVDM, SO _x	CO, COVDM
1A3d	Navegación marítima y fluvial		

Codificación	Descripción	GEI generados – directos e indirectos	GEI estimados en el RAGEI 2019
1A3di	Navegación marítima Internacional (Tanques de combustible internacional).	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO _x	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO _x
1A3dii	Navegación marítima y fluvial nacional		
1A3e	Otro tipo de transporte		
1A3ei	Transportes por gaseoductos	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO _x	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO _x
1A3eii	Todo terreno		
1A5b	Móvil no especificado		
1A5bi	Móviles (componente de aviación)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO _x	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO _x

Fuente: DGAAM – MTC

4.2 Metodología para el análisis de la incertidumbre

El análisis de la incertidumbre de los resultados de las emisiones de GEI aquí presentado está basado en el nivel 1 del método de propagación del error de las Directrices del IPCC de 2006.

Dicho método obtiene la incertidumbre por categorías individuales y además las tendencias entre un año de interés y el año base, que en el presente caso son los años 2019 y 2000 respectivamente. Este método combina las incertidumbres tanto de los niveles de actividad sumados en el total nacional como de los factores de emisión. Los datos de entrada y resultados se presentan en hoja de cálculo del RAGEI 2019.

Dado que a nivel nacional no se cuentan con valores reales sobre la incertidumbre de los niveles de actividad, se han utilizado los valores dentro de los rangos que figuran en las Directrices del IPCC 2006.

Siguiendo la recomendación del IPCC, que señala textualmente que: *“El compilador del inventario debe juzgar que tipo de sistema estadístico describe mejor las circunstancias nacionales”*, se ha considerado que la información de datos de actividad usados en el RAGEI proviene de sistemas estadísticos menos desarrollados (utilizando un enfoque conservador).

4.2.1 Actividades de quema de combustibles

En relación con la incertidumbre de los datos de actividad, se utilizaron los valores por defecto que proporcionan las Directrices del IPCC de 2006, los mismos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Nivel de incertidumbre asociado con los datos de actividad de combustión móvil

Código	Subcategoría	Valor de incertidumbre
1A3aii	Aviación nacional	5%
1A3b	Terrestre	5%
1A3c	Ferrocarril	5%
1A3dii	Navegación marítima y fluvial nacional	5%
1A3e	Otro tipo de transporte	5%
1A5	No especificado	5%

Fuente: DGAAM – MTC

Respecto a la incertidumbre de los factores de emisión, se han utilizado el valor promedio entre el valor inferior y superior de cada factor de emisión proporcionado por las Directrices del IPCC de 2006. Por lo tanto, la incertidumbre de cada factor de emisión varía dependiendo el GEI, el combustible y la fuente de emisión. Dada la extensión de esta información, los valores

de las incertidumbres empleadas para cada uno de los factores de emisión se reportan en la planilla de cálculo del RAGEI.

4.3 Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal

Durante el proceso de elaboración del RAGEI 2019 se revisaron las planillas de cálculo desarrollados para las estimaciones anteriores. En base a las mejoras realizadas en la presente edición se actualizaron todas las estimaciones oficiales hasta la fecha preparados. Los cambios realizados en este reporte fueron:

Tabla 5. Descripción de actualización de los RAGEI

Sub-Categoría / Fuente	Acción de actualización de RAGEI	Comentario
Todas las subcategorías	Se aplicó los mismos factores de conversión (densidad y poder calorífico neto) que se utiliza en las estimaciones de combustión estacionaria y se actualizó la serie temporal.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018 y la serie temporal.
Todas las subcategorías	Se corrigió la subestimación existente en las estimaciones de GEI anteriores, considerando ahora las emisiones de metano y óxido nitroso generados por la quema de biocombustibles.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018 y la serie temporal.
Todas las subcategorías	Se han estimado las emisiones de los gases precursores de GEI: CO, NOx, SOx y COVDM.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018 y la serie temporal.
1A3a	Se utilizó información de consumo final del sector transporte reportado, por modos de transporte, en el Balance Nacional de Energía 2019.	De esta forma el presente reporte guarda consistencia con el BNE.
1A3aii	Se utilizó la calculadora de emisiones de aviación de la "Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/EEA 2019" para estimar las emisiones de los vuelos nacionales.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018. Para los años 2016, 2014, 2012 no aplica, ya que la mayor cantidad de naves por tipo se encuentra en la versión 2016. Para los años 2010 y 2005 se aplicó la versión 2013.
1A3ei	Se reportó las emisiones por el consumo de combustibles en las estaciones de bombeo del oleoducto Norperuano en la categoría 1A3ei. Este consumo se ha descontado de la categoría de uso de combustibles para uso propio (1A1ai) para evitar doble contabilidad.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018 y la serie temporal.
1A5b	Se reportó las emisiones de Turbo A1 atribuido a las fuerzas militares.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018 y la serie temporal.
Todas las subcategorías	Se cambió los potenciales de calentamiento global (PCG) en la hoja del libro de cálculo, de los reportados por el IPCC AR2 a AR5.	Se aplicó en el cálculo 2019 y 2018 y la serie temporal.

Fuente: DGAAM – MTC

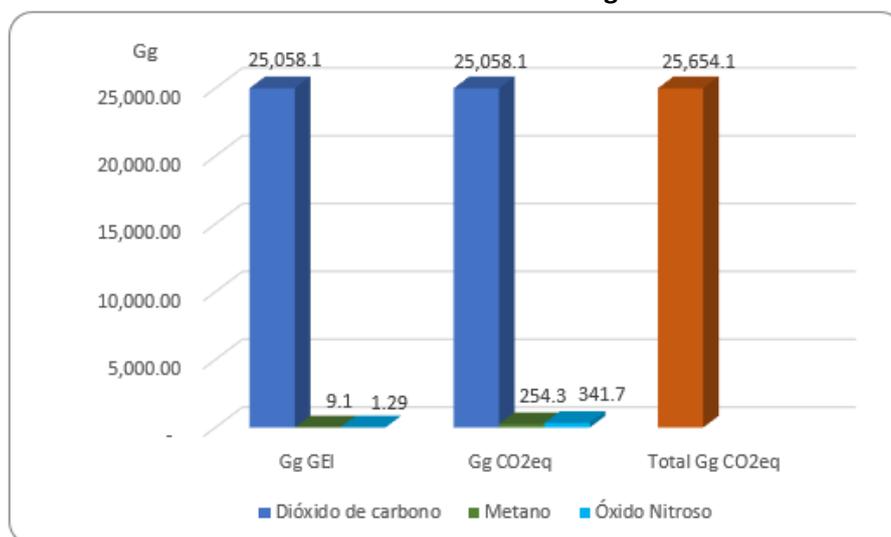
5 RESULTADO SECTORIAL

En esta sección se presentan los resultados generales del total de emisiones e incertidumbre estimadas para el año 2019 para el sector energía: Combustión móvil. También se incluye los resultados de la tendencia de emisiones a partir de la actualización de las emisiones estimadas y reportadas en los anteriores RAGEI: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016 y, se añade a la serie temporal los resultados del año 2018. Más adelante, en la sección 6 de este RAGEI se describen los resultados detallados para cada una de las subcategorías y fuentes de emisión contempladas dentro del sector.

5.1 Análisis de resultados

El sector energía (excluido combustión estacionaria y emisiones fugitivas) para el año 2019 emitió un total de **25,654.13 GgCO₂eq**. De este total, el 97.68% corresponde a emisiones de CO₂, 0.99% son emisiones de CH₄ y 1.33% de N₂O.

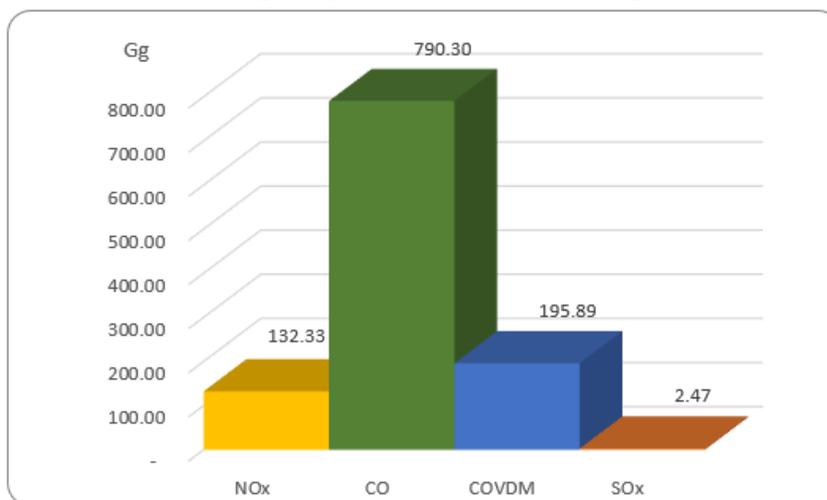
Figura 7. Emisiones nacionales de GEI del sector energía – combustión móvil - 2019



Fuente: DGAAM – MTC

Además, se estimaron las emisiones de gases precursores: monóxido de carbono – CO, óxidos de nitrógeno – NO_x, compuestos orgánicos volátiles distintos al metano – COVDM, y dióxido de azufre – SO₂; teniéndose como resultados que, para 2019, se emitieron **790.30 Gg de CO; 132.33 Gg de NO_x, 195.89 Gg de COVDM y 2.47 Gg de SO_x.**

Figura 8. Emisiones nacionales de gases precursores del sector energía – combustión móvil – 2019



Fuente: DGAAM – MTC

En la Tabla 7 se reportan las emisiones GEI y de precursores, de forma desagregada por subcategoría y por fuente de emisión. En la sección 6 se detalla cada uno de los resultados de las emisiones GEI.

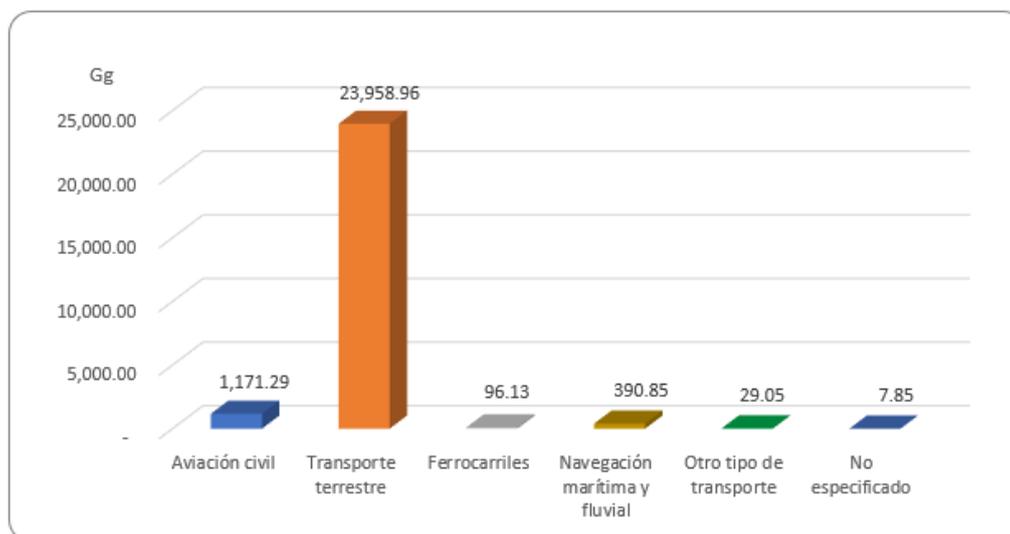
Tabla 6. Emisiones de GEI y precursores, del sector energía (combustión móvil) - 2019

Código	Descripción	GEI en Gg de CO ₂ eq				Precursores en Gg de cada GEI			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total, GEI	NOx	CO	COVDM	SOx
1	ENERGÍA	25,058.13	9.08	1.29	25,654.13	132.33	790.30	195.89	2.47
1A	Actividades de quema de combustible	25,058.13	9.08	1.29	25,654.13	132.33	790.30	195.89	2.47
1A3	Transporte	25,050.34	9.08	1.29	25,646.28	132.32	787.29	195.84	2.47
1A3a	Aviación civil	1,162.59	0.01	0.03	1,171.29	0.36	2.47	0.03	0.02
1A3b	Transporte terrestre	23,385.01	9.03	1.21	23,958.96	123.14	747.48	184.02	NE
1A3bi	Automóviles	4,743.72	4.14	0.19	4,908.57	13.09	71.89	9.98	NE
1A3bii	Camiones para servicio ligero	7,429.68	0.83	0.38	7,553.58	34.28	35.53	5.22	NE
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	6,401.36	1.24	0.46	6,558.08	67.43	15.32	3.88	NE
1A3biv	Motocicletas	4,810.25	2.83	0.19	4,938.73	8.33	624.74	164.94	NE
1A3c	Ferrocarriles	87.09	0.00	0.03	96.13	1.46	0.30	0.13	NE
1A3d	Navegación marítima y fluvial	386.95	0.04	0.01	390.85	4.96	36.28	11.51	1.70
1A3e	Otro tipo de transporte	28.70	0.00	0.00	29.05	2.41	0.76	0.16	0.74
1A3ei	Transporte por tuberías	24.62	0.00	0.00	24.70	2.41	0.73	0.16	0.74
1A3eii	Todo terreno	4.07	0.00	0.00	4.34	0.00	0.03	0.00	NE
1A5	No especificado	7.79	0.00	0.00	7.85	0.01	3.01	0.05	0.003
1A5b	Móvil no especificado	7.79	0.00	0.00	7.85	0.01	3.01	0.05	0.003
1A5bi	Móviles (componente de aviación)	7.79	0.00	0.00	7.85	0.01	3.01	0.05	0.003

Fuente: DGAAM – MTC

La categoría que genera mayores emisiones de GEI dentro de las reportadas en este RAGEI, es el transporte terrestre (1A3b), la cual emite 23,958.96 Gg CO₂eq y representa el 93.39%. En segundo lugar, se encuentra la aviación civil con 1,171.29 Gg CO₂eq, representando el 4.57%. El resto de las fuentes representan en conjunto un 2.04% del total de emisiones reportadas (523.88 Gg CO₂eq).

Figura 9. Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) del sector energía – combustión móvil por categoría – 2019



Fuente: DGAAM – MTC

5.2 Resultados de incertidumbre

La incertidumbre combinada de los resultados de las emisiones GEI, para esta categoría, resultó en 3.45% mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia arrojó un 3.33%. Los bajos valores de incertidumbre estimados indican que los resultados de emisiones de GEI por quema de combustibles en la combustión móvil no se encuentran muy alejados de la realidad (valores con alta exactitud).

En la tabla a continuación se presentan los resultados de la estimación de la incertidumbre para esta categoría, desagregados por tipo de combustible.

Tabla 7. Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones por actividades de quema de combustibles – Combustión Móvil

Combustible	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
		Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E2 + F2}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	$\sqrt{K2 + L2}$
		%	%	%	%	%
Queroseno para motor a reacción	CO ₂	5.00%	3.22%	5.95%	0.27%	0.25%
Gasolina para la aviación	CO ₂	5.00%	3.93%	6.36%	0.00%	0.00%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5.00%	3.17%	5.91%	0.50%	0.47%
Gasolina para motores	CO ₂	4.84%	3.84%	6.18%	1.42%	1.24%

Combustible	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre e combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
		Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E2 + F2)}$	$(G \cdot D) / \Sigma D$	$\sqrt{(K2 + L2)}$
		%	%	%	%	%
Diesel Oil	CO ₂	4.91%	1.46%	5.13%	2.84%	3.02%
Gas Natural	CO ₂	5.00%	3.57%	6.14%	0.37%	0.33%
Fuelóleo residual	CO ₂	5.00%	2.13%	5.44%	0.01%	0.01%
Queroseno para motor a reacción	CH ₄	5.00%	78.50%	78.66%	0.00%	0.00%
Gasolina para la aviación	CH ₄	5.00%	78.50%	78.66%	0.00%	0.00%
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5.00%	74.93%	75.10%	0.17%	0.01%
Gasolina para motores	CH ₄	4.96%	74.46%	74.62%	0.22%	0.02%
Diesel Oil	CH ₄	4.88%	73.17%	73.34%	0.06%	0.00%
Gas Natural	CH ₄	5.00%	75.00%	75.17%	0.21%	0.02%
Fuelóleo residual	CH ₄	5.00%	50.00%	50.25%	0.00%	0.00%
Etanol	CH ₄	5.00%	75.00%	75.17%	0.01%	0.00%
Biodiesel	CH ₄	5.00%	75.00%	75.16%	0.07%	0.01%
Queroseno para motor a reacción	N ₂ O	5.00%	110.00%	110.11%	0.04%	0.00%
Gasolina para la aviación	N ₂ O	5.00%	110.00%	110.11%	0.00%	0.00%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5.00%	133.21%	133.31%	0.01%	0.00%
Gasolina para motores	N ₂ O	4.90%	130.56%	130.65%	0.36%	0.02%
Diesel Oil	N ₂ O	4.76%	126.87%	126.96%	1.01%	0.04%
Gas Natural	N ₂ O	5.00%	133.33%	133.43%	0.11%	0.00%
Fuelóleo residual	N ₂ O	5.00%	90.00%	90.14%	0.00%	0.00%
Etanol	N ₂ O	5.00%	133.33%	133.43%	0.00%	0.00%
Biodiesel	N ₂ O	5.00%	133.33%	133.43%	0.17%	0.01%
Total	CO_{2e}				3.45%	3.33%

Fuente: DGAAM – MTC

5.3 Resultados serie temporal

5.3.1 Actualización de emisiones de la serie temporal

En el segundo RAGEI, se reportaron las emisiones para los años 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016. En el presente RAGEI, se actualizaron los resultados de las emisiones para esos 6 años, debido al cambio en los valores de potenciales de calentamiento global, actualización de datos de actividad y mejoras metodológicas implementadas en los cálculos (en la sección 4.3 de este documento se detallan las mejoras realizadas).

A continuación, se presentan por categoría principal, los resultados de las emisiones GEI de los 6 años reportados anteriormente, en versión original (según resultados reportados del RAGEI 2016) y actualizada (estimaciones realizadas para este tercer RAGEI).

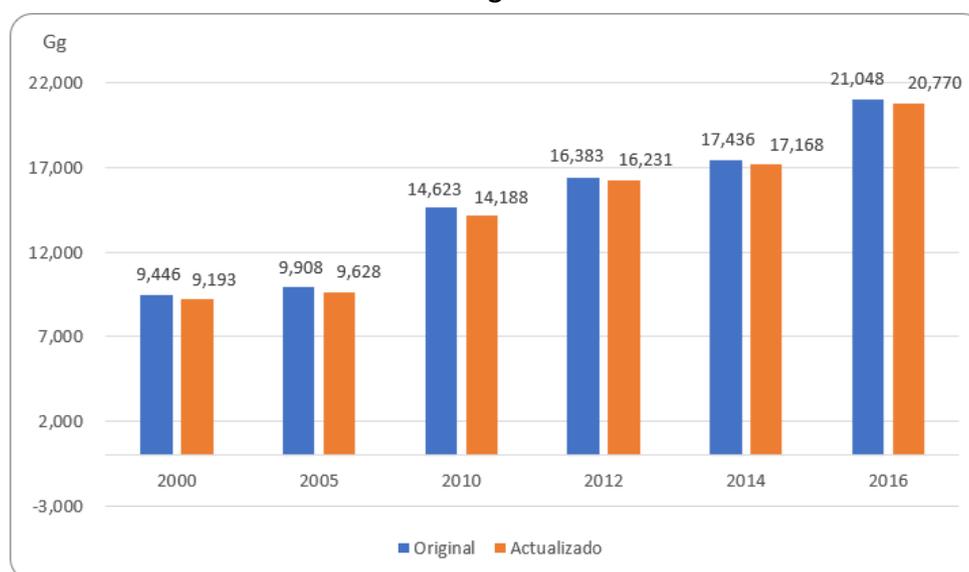
Tabla 8. Serie temporal de emisiones (Gg CO₂eq) originales y actualizadas: 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016

Sub-Categoría / Fuente	2000		2005		2010		2012		2014		2016	
	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A
1A3a Aviación civil	112	209	369	369	708	525	795	935	902	857	1,089	1,087
1A3b Transporte terrestre	9,108	8,864	9,245	9,017	13,359	13,140	14,985	14,761	16,152	15,940	19,295	19,031
1A3c Ferrocarriles	56	59	61	61	111	84	97	70	90	88	123	120
1A3d Navegación marítima y fluvial	169	48	232	171	445	431	469	456	256	251	525	515
1A3e Otro tipo de transporte	0	13	0	10	1	9	37	9	36	32	16	16
Total	9,446	9,193	9,908	9,628	14,623	14,188	16,383	16,231	17,436	17,168	21,048	20,770
Diferencia	-3%		-3%		-3%		-1%		-2%		-1%	

Fuente: DGAAM – MTC

Como se observa, las mejoras realizadas conllevaron a una disminución en las emisiones GEI reportadas previamente.

Figura 10. Actualización de las emisiones de GEI (Gg CO₂eq) reportados en los anteriores RAGEI del Sector Energía – Combustión móvil



Fuente: DGAAM – MTC

5.3.2 Tendencia de emisiones

Para este RAGEI, adicional a la actualización de las emisiones presentadas en los anteriores RAGEI, se estimaron las emisiones para los años 2018 y 2019.

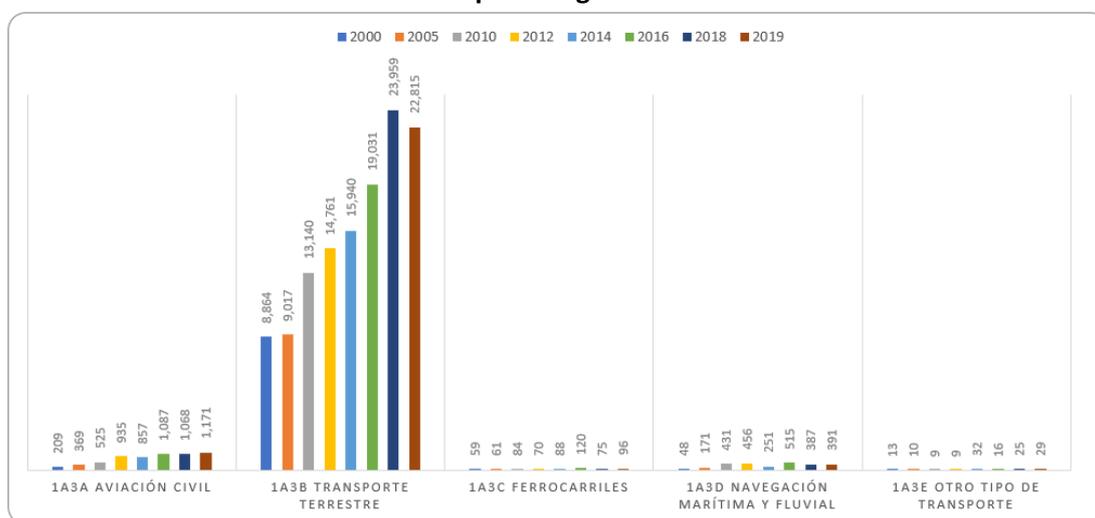
Durante el proceso de elaboración del RAGEI del año 2019 se revisaron las planillas de cálculo desarrollados para los inventarios anteriores, así como su respectivo reporte; logrando encontrar algunas omisiones y errores, que nos ha permitido realizar mejoras (capítulo 4.3)

con impacto directo en la magnitud de las emisiones y que se han incorporado a toda la serie temporal.

Todas las mejoras han sido incorporadas en los cálculos de los años 2019, 2018, 2016, 2014, 2012, 2010 y 2005, gracias a la data nacional que se ha recopilado. Para el RAGEI del año 2000, en todas las categorías (a excepción de transporte terrestre, que cuenta con información de consumo de combustible, obtenida a través de un estudio realizado por el “Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire” (PROCLIM) para ese año), no se tiene datos nacionales, por lo tanto, la información empleada en el 2000, corresponde a ratios, proyecciones y estimaciones justificadas.

De esta forma, se cuenta con una serie temporal de emisiones estimada para 8 años dentro del periodo de tiempo comprendido entre el año 2000 y 2019. En la siguiente figura se presenta la tendencia de emisiones por categoría.

Figura 11. Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) históricas del sector energía – combustión móvil por categorías



Fuente: DGAAM – MTC

6 RESULTADO POR SUB-CATEGORÍA

En esta sección se presenta el análisis y resultado detallado por subcategoría dividiéndose en las siguientes secciones:

- Aviación civil (1A3)
- Transporte terrestre (1A3b)
- Ferrocarriles (1A3c)
- Navegación marítima y fluvial (1A3d)
- Otro tipo de transporte (1A3e)
- Móvil no especificado (1A5bi)

6.1 Aviación civil (1A3a)

Las emisiones procedentes de la aviación son el resultado de la quema del combustible de reactores (queroseno y gasolina para motor a reacción) y gasolina para aviación.

A continuación, se presenta las fuentes que abarca esta subcategoría:

Tabla 9. Subcategorías y sus definiciones IPCC – Aviación

Subcategorías	Alcance
1A3a Aviación civil	Emisiones de la aviación civil internacional y nacional, incluidos despegues y aterrizajes. Abarca el uso civil comercial de aviones, incluido: tráfico regular y <i>charter</i> para pasajeros y carga, taxis aéreos y aviación general. La división entre vuelos internacionales/nacionales debe determinarse en base a los lugares de salida y de llegada de cada etapa de vuelo y no por la nacionalidad de la línea aérea. Queda excluido el uso de combustible para transporte terrestre en los aeropuertos, que se declara en 1A3e: Otros transportes. Quedan también excluidos los combustibles para quema estacionaria en aeropuertos; se declara en la categoría adecuada de quema estacionaria.
1A3ai Aviación internacional (tanques de combustible internacional)	Emisiones de vuelos que salen de un país y llegan a otro. Incluyen despegues y aterrizajes para estas etapas de vuelo. Se pueden incluir las emisiones de la aviación militar internacional como subcategoría separada de la aviación internacional, siempre y cuando se aplique la misma distinción en las definiciones y haya datos disponibles para respaldar la definición.
1A3aiaii Aviación Nacional	Emisiones de tráfico civil nacional de pasajeros y de carga que aterriza y llega al mismo país (vuelos comerciales, privados, agrícolas, etc.), incluyendo despegues y aterrizajes para estas etapas de vuelo. Nótese que puede incluir viajes de considerable extensión entre dos aeropuertos de un país (p. ej., de San Francisco a Honolulu). Excluye los militares, que deben declararse en 1A5b.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.58

De las fuentes mencionadas en la tabla anterior, en esta sección se reportan las emisiones de GEI de aviación nacional de uso civil comercial y viajes aéreos especiales nacionales.

- **Viajes aerocomerciales nacionales:** son los vuelos comerciales regulares y no regulares que reportan las empresas o instituciones de aviación (ejemplo: *LATAM AIRLINES*¹; Avianca, etc.) a la DGAC-MTC, indicando origen y destino de los vuelos.

¹ Formado oficialmente el 22 de junio de 2012, tras concretarse la oferta de intercambio de acciones entre LAN Airlines y TAM Líneas Aéreas. Recuperado de: https://www.latam.com/es_pe/conocenos/historia/

- Viajes aéreos especiales nacionales:** son los vuelos de servicios especiales o privados (ejemplo empresas que cuentan con aviones privados); el consumo de combustible de estas naves es obtenido del total reportado por el BNE (se ha estimado que es el 5.77% del total del TA1 (Turbo A1, nacional), según tendencia de participación de data del OSINERGMIN). Además, al resultado obtenido para esta fuente se le resta el combustible que se reporta como Turbo A1 público (fuerza aérea del Perú), para ser reportado en 1A5bi (Móvil – componente de aviación).

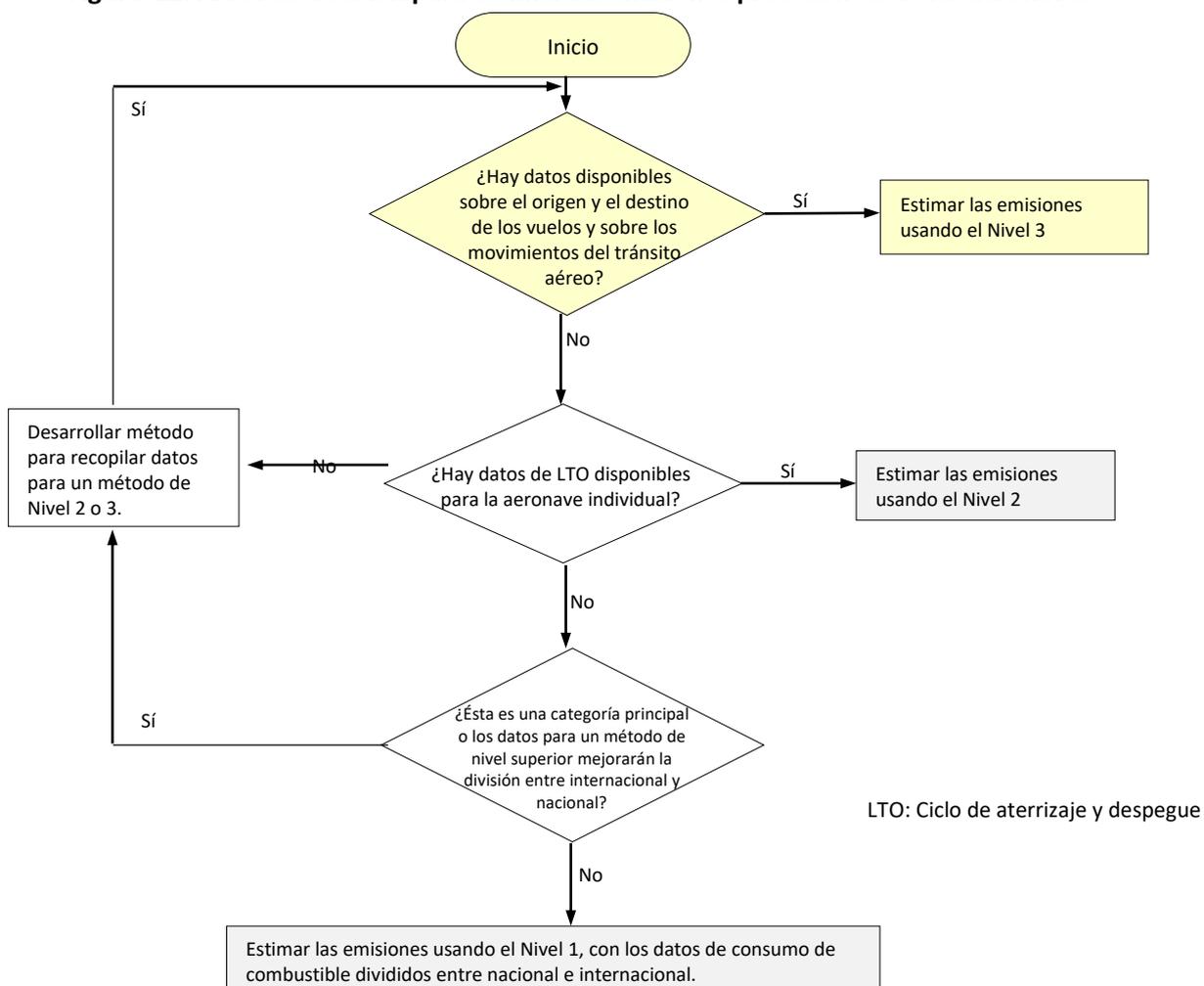
Las emisiones de la aviación civil internacional se reportan en la sección 6.7.

6.1.1 Método de cálculo

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 3 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel superior. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

En la siguiente figura, se presenta el árbol de decisión para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

Figura 12. Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de las aeronaves



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.60, Fig. 3.6.1

Para la estimación del CO₂, el árbol de decisiones indica aplicar el método de Nivel 2, dado que las emisiones de CO₂ de esta subcategoría es categoría principal. Las emisiones derivadas por los viajes aerocomerciales nacionales han sido estimadas con el método de Nivel 3A. Las emisiones de los viajes aéreos especiales nacionales con el método de Nivel 1.

Para la estimación del CH₄ y N₂O, para todos los combustibles, el árbol de decisiones sugiere el uso de FE por defecto y el método de Nivel 1.

En la Tabla 10 se resume los GEI calculados y los niveles metodológicos empleados en cada caso, según las decisiones tomadas con las sugerencias del árbol de decisión.

Tabla 10. Nivel de cálculo en Aviación civil

Subcategoría	fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
1A1. Aviación civil	Viajes aerocomerciales nacionales	CO ₂	Turbo A1	Nivel 3
		CH ₄ , N ₂ O	Turbo A1	Nivel 1
	Viajes especiales o turísticos	CO ₂	Turbo A1, Gasolina para aviación	Nivel 1
		CH ₄ , N ₂ O	Turbo A1, Gasolina	Nivel 1

Fuente: DGAAM – MTC

6.1.2 Datos de actividad

En la siguiente tabla se presentan los datos de actividad requeridos, las fuentes de información de los datos nacionales, algunos comentarios particulares y al final, el uso que se le da a la información para el cálculo.

Tabla 11. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3a

Fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad del dato nacional	Fuente de información	Comentarios
Aviación de cabotaje (Aviación Nacional)	Emisiones de tráfico civil de cabotaje de pasajeros y de carga que aterriza y llega al mismo país (vuelos comerciales, privados, agrícolas, etc.), incluyendo despegues y aterrizajes para estas etapas de vuelo	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Viajes aerocomerciales: Número de vuelos aerocomerciales por tipo de aeronave, según ruta y distancia del año 2019	km	Ministerio de Transporte y Comunicaciones – DGAC (s.f). [Informacion_Estadistica_2017-2018-2019_NacionI (Libro de Excel)].	Aplicando la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019, se estimó el consumo de combustible de aviación y las emisiones de CO ₂ . Las emisiones de CH ₄ y N ₂ O se estiman con los factores de emisión de las Directrices del IPCC de 2006.
			Viajes especiales o turísticos: Demanda de Combustibles de gasolina de aviación y Turbo A1	Miles de Barriles	Ministerio de Energía y Minas (2019). Balance Nacional de Energía 2019. Recuperado de: https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1902937-balance-nacional-de-energia-2019	
<p>Uso de la información: Los datos de actividad tomados de las fuentes de información nacional descritas, son multiplicados por los respectivos factores de emisión que están dados en Gg de cada GEI / TJ (los cuales se asumen por defecto para cada combustible y fuente de emisión) para obtener las emisiones respectivas en unidades de masa (Gg). En los casos para los cuales la unidad del dato de actividad nacional es diferente a TJ, es necesario emplear los respectivos factores de conversión para convertir las unidades originales en unidades de energía (TJ).</p>						

Fuente: DGAAM – MTC

6.1.3 Factores de emisión y de conversión

A continuación, se detalla los factores de emisión empleados para estimar las emisiones de la aviación nacional.

Tabla 12. Factores de emisión empleados – Aviación civil

Fuente de emisión	Factor de emisión	calculado (C)/por defecto (D)	Dato Nacional	TIER/ Nivel	Fuente de información
Aviación Nacional	Factor de emisión de metano y óxido nitroso procedentes de combustión móvil (kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).	D	-	1	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.64. Recuperado de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
	Factor de emisión de dióxido de carbono procedente de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ).	-	-	3A	* EMEP/CORINAIR. Recuperado de (https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019).

Fuente: DGAAM – MTC

Los valores de los factores de emisión por defecto de la Directrices del IPCC de 2006 aplicados en los cálculos de emisiones de GEI de esta subcategoría se muestran a continuación:

Tabla 13. Factores de emisión GEI – Aviación civil

Tipo de combustible	CO ₂ [kg/TJ]	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O [kg/TJ]
Gasolina para aviación	70000	0.50	2.00
Queroseno para motor reacción	71500		

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.64

Los valores de los factores de emisión por defecto de los contaminantes criterios se tomaron de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019; a continuación, se detallan:

Tabla 14. Factores de contaminantes criterios – Aviación civil

Tipo de combustible	SO _x [kg/Ton]	NO _x [kg/Ton]	CO [kg/Ton]	COVDM [kg/Ton]
Jet Gasoline and Aviation Gasoline	1.00	4.00	1,200.00	19

Fuente: Tabla 3.3 - 1.A.3.a Aviation 2019

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los presentados en las siguientes tablas.

Tabla 15. Densidades empleadas – Aviación civil

Tipo de combustible	Petróleos del Perú - Petroperú S.A	Shell España	Unidad
Turbo A1	0.809		Kg/L
Gasolina 100LL		710	Kg/m ³

Fuente: RAGEI sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del año 2019

Tabla 16. VCN empleadas – Aviación civil

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Turbo A1 ^a	1.32E-04	TJ/gal
Gasolina 100LL ^b	1.17E-04	TJ/gal

^a Petroperú²⁶

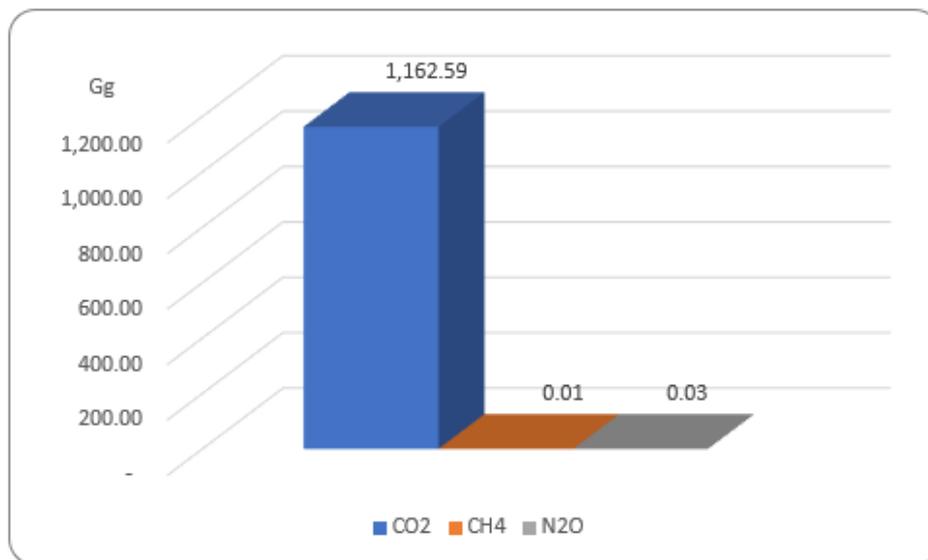
^b Petroperú²

Fuente: RAGEI del sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del año 2019

6.1.4 Análisis de resultados

En el 2019, las emisiones generadas por la aviación civil nacional fueron de 1,162.59 Gg CO₂, 0.01 Gg CH₄ y 0.03 Gg N₂O que equivalen a 1,171.29 Gg CO₂eq y representa el 4.51% del total de emisiones abarcadas en el presente RAGEI.

Figura 13. Emisiones de GEI (Gg)

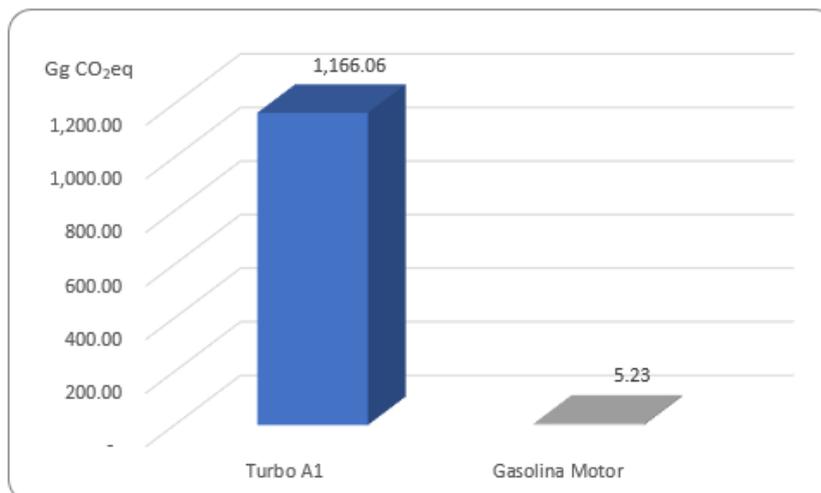


Fuente: DGAAM – MTC

En la Figura 14 se observa que el Turbo A1 es el principal combustible utilizado en las operaciones de la aviación y por ende el que genera mayores emisiones.

² Petróleos del Perú -Petroperú S.A (s.f). [VCN de la gasolina 1000LL. Recuperado de <http://www.petroperu.com.pe/portalweb/archivos/GASOLINA-AVIACION-100-LL-%202014.pdf>

Figura 14. Emisiones por tipo de combustible (Gg)



Fuente: DGAAM – MTC

6.1.5 Sigüientes pasos

La Tabla 17 presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI, subcategoría 1A3a.

Tabla 17. Acciones de mejora para futuros RAGEI – Aviación civil

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
Desarrollar el factor de emisión de CO ₂ específico para el país, primordialmente el FE del queroseno para motor a reacción.	Mejorar la exactitud de emisiones de GEI.	No se han iniciado acciones de implementación	Mediano plazo
Revisar los datos de actividad (número de vuelos OD por tipo de aeronave) de los años 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000, en coordinación con la DGAC.	Mejorar la exactitud de los cálculos y la coherencia temporal de las emisiones	Se ha iniciado coordinaciones con la DGAC.	Corto plazo
Evaluar la factibilidad de actualización del año 1994.	Mejorar la coherencia temporal.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas; para que a través de algún método de regresión se estimen las emisiones del año 1994, utilizando datos estadísticos de la fuente.	Corto plazo
Mejorar el análisis de incertidumbre con apoyo de expertos sectoriales.	Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas.	Corto plazo

Fuente: DGAAM – MTC

6.2 Transporte Terrestre (1A3b)

Incluye las emisiones de GEI por la quema y la evaporación de combustibles para todas las actividades de vehículos terrestres (excluyendo el transporte militar).

Los tipos de vehículos de transporte terrestre establecido en la Directiva N° 002-2006-MTC/15, “Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares”, aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15³ han sido agrupados para reportar los resultados de acuerdo a la clasificación de las Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 18 se muestra la correspondencia de la clasificación de las Directrices del IPCC de 2006 y la clasificación nacional de los vehículos de transporte terrestre.

Tabla 18. Clasificación de las Directrices del IPCC de 2006 vs clasificación nacional de los vehículos

Categoría de fuente según IPCC	Definición IPCC	Clasificación Nacional según MTC ⁴
1A3b Transporte Terrestre	Todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, incluido el uso de vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.	
1A3bi Automóviles	Emisiones de automóviles designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de personas y habitualmente con una capacidad de 12 personas o menos.	Automóvil + station wagon
1A3bii Camiones para servicio ligero	Emisiones de vehículos designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de cargas ligeras o que están equipados con características especiales tales como tracción en las cuatro ruedas para operación fuera de carreteras. El peso bruto del vehículo suele oscilar entre los 3500 y los 3900 kg o menos.	Camionetas (pick up + rural + panel)
1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	Emisiones de todos los vehículos designados como tales en el país en que están registrados. Habitualmente, el peso bruto del vehículo oscila entre los 3500 y los 3900 kg o más para camiones pesados y los autobuses están calificados para transportar a más de 12 personas.	Ómnibus + camión + remolcador
1A3biv Motocicletas	Emisiones de todo vehículo motorizado diseñado para viajar con no más de 3 ruedas en contacto con el pavimento y que pese menos de 680 kg.	Vehículos menores (Motos y mototaxis)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág.3.8

Las fuentes “Emisiones por evaporación procedentes de vehículos” y “Catalizadores en base a urea”, no se han estimado por carencia de información nacional para estimar el nivel de actividad.

³ Disponible en: www.transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1743_.pdf

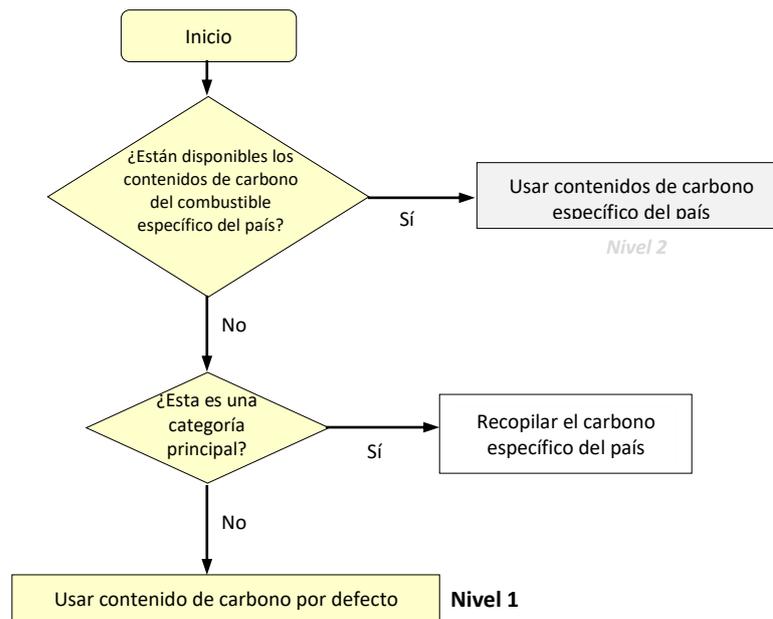
⁴ Clasificación vehicular en el Perú de acuerdo a norma del MTC, disponible en: www.araper.pe/ckfinder/userfiles/files/INF_SEM_2013.pdf

6.2.1 Método de cálculo

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel básico. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

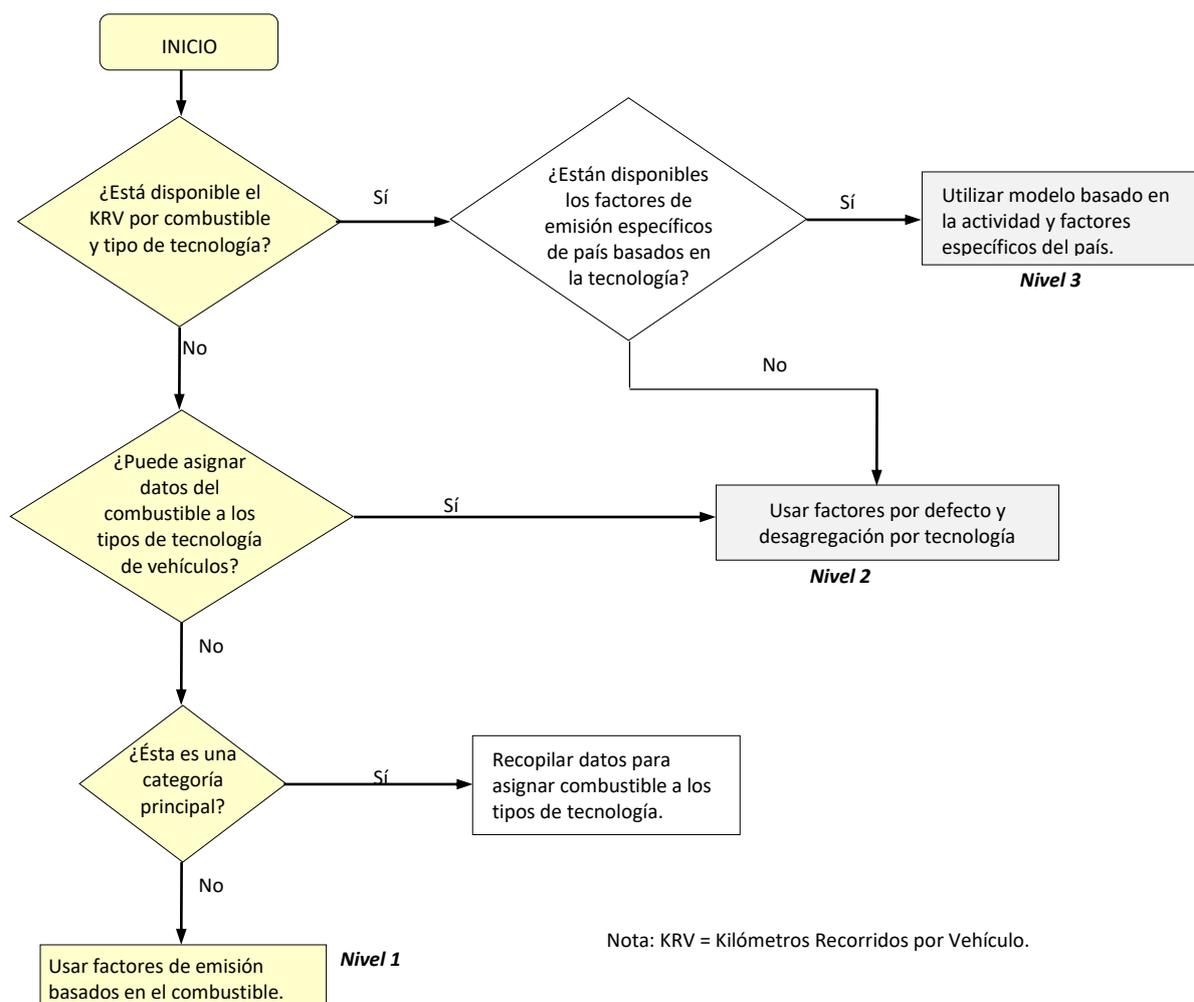
En la Figura 15 y 16 se presentan los árboles de decisión para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

Figura 15. Árbol de decisión para las emisiones de CO₂ por quema de combustible en vehículos



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.11, Fig. 3.2.2

Figura 16. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ y N₂O de los vehículos terrestres



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.14, Fig. 3.2.3

Para la estimación del CO₂ el árbol de decisiones indica aplicar el método de Nivel 2, dado que las emisiones de CO₂ de la subcategoría transporte terrestre es categoría principal para todos los tipos de combustible empleados en esta subcategoría. No obstante, debido a que no contamos con factores de emisión de CO₂ específicos del país para diésel oil, gasolina y GLP, se aplica el método de Nivel 1. En el caso del gas natural se aplica el método de Nivel 2.

Para el CH₄ y N₂O, para todos los combustibles, el árbol de decisiones sugiere el uso de FE por defecto y el método de Nivel 1.

En la Tabla 19 se resume los GEI calculados y los niveles metodológicos empleados en cada caso, según las decisiones tomadas con las sugerencias del árbol de decisión.

Tabla 19. Nivel de cálculo en Transporte Terrestre

Subcategoría	Fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
1A3b. Transporte Terrestre	Automóviles	CO ₂	GNV	Nivel 3
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel, gasolina y GLP	Nivel 1
	Camiones de servicio ligero	CO ₂	GNV	Nivel 1
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel, gasolina y GLP	Nivel 1
	Camiones de servicio pesado y autobuses	CO ₂	GNV	Nivel 3
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel, gasolina y GLP	Nivel 1
	Motocicletas	CO ₂	GNV	Nivel 3
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel, gasolina y GLP	Nivel 1

Fuente: DGAAM – MTC

6.2.2 Ecuaciones utilizadas

Para el cálculo de las emisiones GEI de esta subcategoría se emplea la ecuación 3.2.1 y 3.2.2 de las Directrices del IPCC de 2006. Ambas ecuaciones se basan en 2 tipos de variables, los niveles de actividad (datos asociados a una actividad específica) y los factores de emisión que convierten los niveles de actividad en emisiones de GEI. Para todas las fuentes de emisión de la categoría 1A3b, el dato de actividad corresponde al consumo de los diferentes tipos de combustibles.

La ecuación para estimar las emisiones de CO₂ es la siguiente:

Ecuación 3.2.1: CO₂ del Transporte Terrestre

Dónde:

$$\text{Emisión} = \sum_a (\text{Combustible}_a \times EF_a)$$

Emisión = Emisiones de CO₂ (kg)
 Combustible_a = Combustible vendido (TJ)
 EF_a = Factor de emisión (kg/TJ). Es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12.
 a = Tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.12

La ecuación para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O es la siguiente:

Ecuación 1: Emisiones del Nivel 1 de CH₄ y N₂O.

$$\text{Emisión} = \sum_a (\text{Combustible}_a \times EF_a)$$

Dónde:

Emisión = Emisión en kg
 EF_a = Factor de emisión (kg/TJ)
 Combustible_a = Combustible consumido (TJ) (representado por el combustible vendido).
 a = Tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)

Fuente: Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.13

6.2.3 Datos de actividad

En la siguiente tabla se describen las fuentes de emisión abarcadas en esta subcategoría, los datos de actividad requeridos para cada una, las fuentes de información de los datos nacionales, los GEI estimados, algunos comentarios particulares y al final, el uso que se le da a la información para el cálculo.

Tabla 20. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3b

Fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad del dato nacional	Fuente de información	Comentarios
Automóviles	Emisiones de automóviles designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de personas y habitualmente con una capacidad de 12 personas o menos.	Cantidad de combustible quemado (TJ)	1) Consumo final del sector de transporte del año 2019 2) Parque automotor circulante e inscritos por tipo de vehículo	1) Miles de Barriles (MB) 2) Unidades	1) Ministerio de Energía y Minas (2019). Balance Nacional de Energía (BNE) 2019 2. MTC – OGPP (s.f). [Parque Automotor circulante e inscritos (Libro de Excel)].	Las categorías de vehículos han sido clasificadas siguiendo la Directiva N° 002-2006-MTC/15, "clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares".
Camiones de servicio ligero	Emisiones de vehículos designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de cargas ligeras o que están equipados con características especiales tales como tracción en las cuatro ruedas para operación fuera de carreteras. El peso bruto del vehículo suele oscilar entre los 3500 y los 3900 kg o menos.					
Camiones de servicio pesado y autobuses	Emisiones de todos los vehículos designados como tales en el país en que están registrados. Habitualmente, el peso bruto del vehículo oscila entre los 3500 y los 3900 kg o más para camiones pesados y los autobuses están calificados para transportar a más de 12 personas.					
Motocicletas	Emisiones de todo vehículo motorizado diseñado para viajar con no más de 3 ruedas en contacto con el pavimento y que pese menos de 680 kg.					
<p>Uso de la información: Los datos de actividad tomados de las fuentes de información nacional descritas, son multiplicados por los respectivos factores de emisión que están dados en Gg de cada GEI / TJ (los cuales se asumen por defecto para cada combustible y fuente de emisión) para obtener las emisiones respectivas en unidades de masa (Gg). En los casos para los cuales la unidad del dato de actividad nacional es diferente a TJ, es necesario emplear los respectivos factores de conversión para convertir las unidades originales en unidades de energía (TJ).</p>						

Fuente: DGAAM – MTC

6.2.4 Factores de emisión y de conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados para estimar las emisiones del transporte terrestre.

Tabla 21. Factores de emisión empleados – Transporte terrestre

Fuente de emisión / captura	Factor de emisión	calculado (C)/por defecto (D)	Dato Nacional	TIER/Nivel	Fuente de información
Automóviles	Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso procedentes de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).	D		1 y 2	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.16. Recuperado de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
Camiones para servicio ligero		D		1 y 2	
Camiones para servicio pesado y autobuses		D		1 y 2	
Motocicletas		D		1 y 2	

Fuente: DGAAM – MTC

Los valores de los factores de emisión aquí presentados son obtenidos casi todos de las Directrices del IPCC de 2006 con excepción del factor de emisión para estimar las emisiones de CO₂ por la quema del gas natural.

Tabla 22. Factores de emisión – Transporte terrestre

Tipo de combustible	CO ₂ [kg/TJ]	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O [kg/TJ]
Gasolina para motores	69,300	33.00	3.200
Gas/Diésel Oíl	74,100	3.90	3.90
Gas licuado de petróleo	63,100	62.00	0.20
Gas natural	56,293*	92.00	3.00
Bio-gasolina / Biodiesel**	70,800		

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.16

*RAGEI del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

** Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Pág. 1.25

Los valores de los factores de emisión por defecto de los contaminantes criterios se tomaron de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019; a continuación, se detallan:

Tabla 23. Factores de contaminantes criterios – Transporte Terrestre

NFR code		Descripción	SO _x [g/Kg]	NO _x [g/Kg]	CO [g/Kg]	COVDM [g/Kg]
1A3bi	Vehículos de pasajeros	Vehículo de pasajeros Gasolina		8.73	84.70	10.05
		Vehículo de pasajeros Diésel		12.96	3.33	0.70
		Vehículo de pasajeros Gas Licuado de Petróleo		15.20	84.70	13.64
1A3bii	Vehículos comerciales ligero	Vehículo comercial ligero Gasolina		13.22	152.30	14.59
		Vehículo comercial ligero Diésel		14.91	7.40	1.54
		Vehículo comercial ligero Gas Licuado de Petróleo				
1A3biii	Vehículos pesados	Vehículo pesado Gasolina				
		Vehículo pesado Diésel		33.37	7.58	1.92
		Vehículo pesado Gas Licuado de Petróleo				

NFR code		Descripción	SO _x [g/Kg]	NO _x [g/Kg]	CO [g/Kg]	COVDM [g/Kg]
1A3biv	Motocicletas	vehículo Gasolina		6.64	497.70	131.40

Fuente: Tabla 3.5, Tabla 3.6, Tabla 3.7 - 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los presentados en las siguientes tablas.

Tabla 24. Densidades empleadas en Transporte Terrestre

Tipo de combustible	PETROPERU	REPSOL	Otro	Unidad
Gas Licuado de Petróleo	0.556	0.560	0.558	Kg/L
Diésel B5	0.851	0.870	0.851	Kg/L
Diésel		0.830		Kg/L
Gasolina		0.738		Kg/L
Gas Natural			0.788	Kg/m ³
Gasohol 84	0.734		0.7135	Kg/L
Gasohol 90	0.742		0.7215	Kg/L
Gasohol 95	0.761		0.718	Kg/L
Gasohol 97	0.747		0.7685	Kg/L
Biocombustible (100% etanol)		0.885	0.790	g/Cm ³

Fuente: RAGEI del sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

Tabla 25. VCN empleadas en Transporte Terrestre

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Gas Licuado de Petróleo ^a	9.99E-05	TJ/gal
Diésel B5 ^a	1.37E-04	TJ/gal
Diésel	1.35E-04	TJ/gal
Gasolina	1.18E-04	TJ/gal
Gas Natural ^a	3.60E-05	TJ/m ³
Biocombustible (100% etanol) ^b	9.05E-05	TJ/gal

^a Petroperú

^b Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Cap. 1, Pág. 1.19

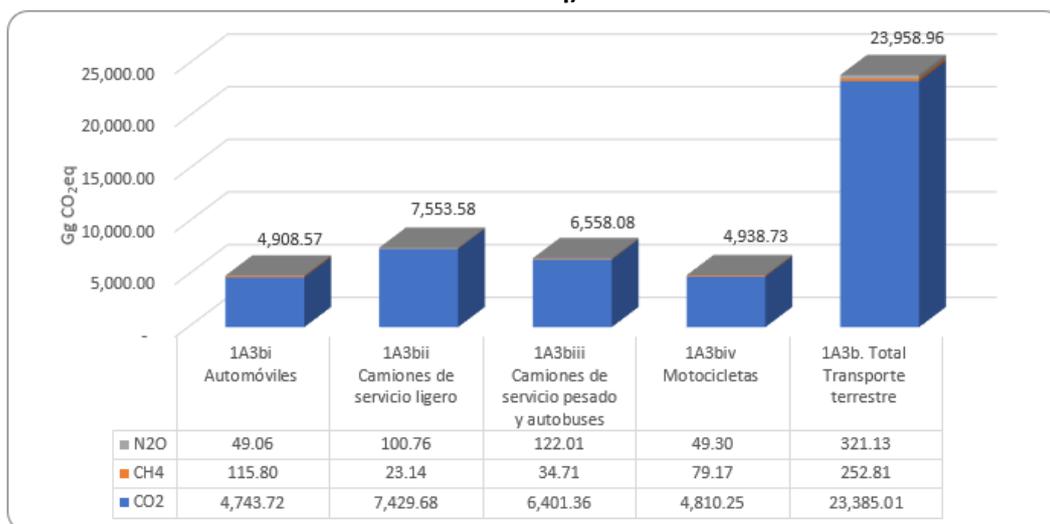
Fuente: RAGEI del sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

6.2.5 Análisis de resultados

En el 2019, las emisiones del transporte terrestre fueron de 23,385.01 Gg CO₂, 9.03 Gg CH₄ y 1.21 Gg N₂O que equivalen a 23,958.96 Gg CO₂eq y representan el 93.45% del total de emisiones abarcadas en el presente RAGEI.

A continuación, se presentan las emisiones de las fuentes de emisión estimadas dentro de esta subcategoría por GEI (Figura 17) y por tipo de combustible (Figura 18).

Figura 17. Emisiones de GEI por fuente de emisión y GEI del Transporte terrestre (Gg CO₂eq)



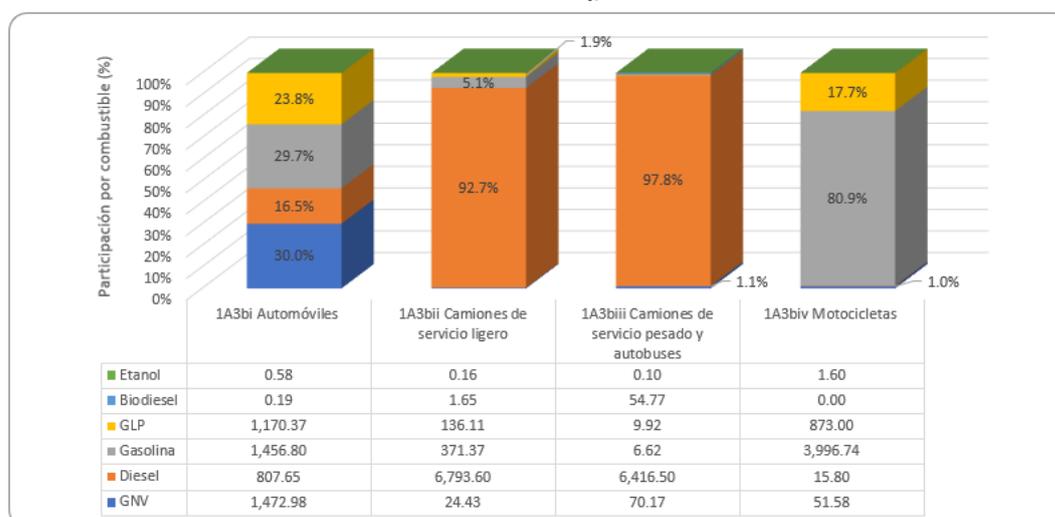
Fuente: DGAAM – MTC

Como se observa en la figura anterior, el principal GEI generado por el transporte terrestre es el CO₂, el cual representa el 97.60% de las emisiones totales.

En la figura 18, se puede observar que las principales fuentes de emisión del transporte terrestre son los camiones de servicio ligero y de servicio pesado, las cuales en conjunto suman 14,111.66 Gg CO₂eq (59% de las emisiones de la subcategoría). En ambos tipos de vehículos, el diésel es el combustible de mayor uso.

Por otro lado, el nivel de emisiones de los automóviles y las motocicletas son muy similares y en su conjunto suman 9,847.30 Gg CO₂eq (41% de las emisiones de la subcategoría). En el caso de los automóviles, se registra una mayor variedad de combustibles empleados como el GNV, diésel, gasolina y GLP; mientras que en las motocicletas se registra el uso predominante de la gasolina y en menor cantidad el GLP.

Figura 18. Emisiones de GEI por fuente de emisión y GEI del Transporte terrestre (Gg CO₂eq)



Fuente: DGAAM – MTC

6.2.6 Sigüientes pasos

La Tabla 26 presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI, subcategoría 1A3b.

Tabla 26. Acciones de mejora para futuros RAGEI en Transporte Terrestre

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
Determinar los FE de CO ₂ específicos del país para diesel oil, gasolina y GLP.	Incrementar la exactitud del cálculo de emisiones de esta subcategoría.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se debe coordinar con las instituciones involucradas.	Mediano plazo
Evaluar la disponibilidad de información sobre el uso de lubricantes en motocicletas.	Incrementar la exhaustividad y exactitud del cálculo de emisiones de esta subcategoría.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se debe coordinar con las instituciones involucradas.	Corto plazo
Evaluar la factibilidad de actualización del año 1994.	Mejorar la coherencia temporal.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas. Se podría realizar regresión de las emisiones GEI con los datos históricos de demanda de combustibles líquidos en los grifos, del año 2005 al año actual, ya que es la información disponible.	Corto plazo
Mejorar el análisis de incertidumbre con apoyo de expertos sectoriales.	Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas.	Corto plazo

Fuente: DGAAM – MTC

6.3 Ferrocarriles (1A3c)

Incluye las emisiones de GEI por la quema de combustibles para el transporte por ferrocarriles tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros (excluyendo el Metro de Lima⁵).

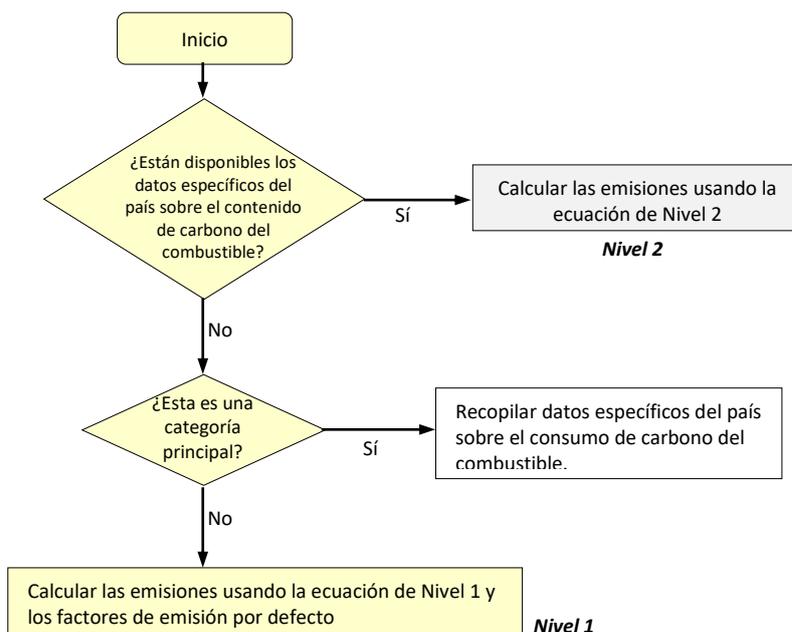
6.3.1 Método de Cálculo

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel básico. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

En la Figura 19 y 20 se presentan los árboles de decisión para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

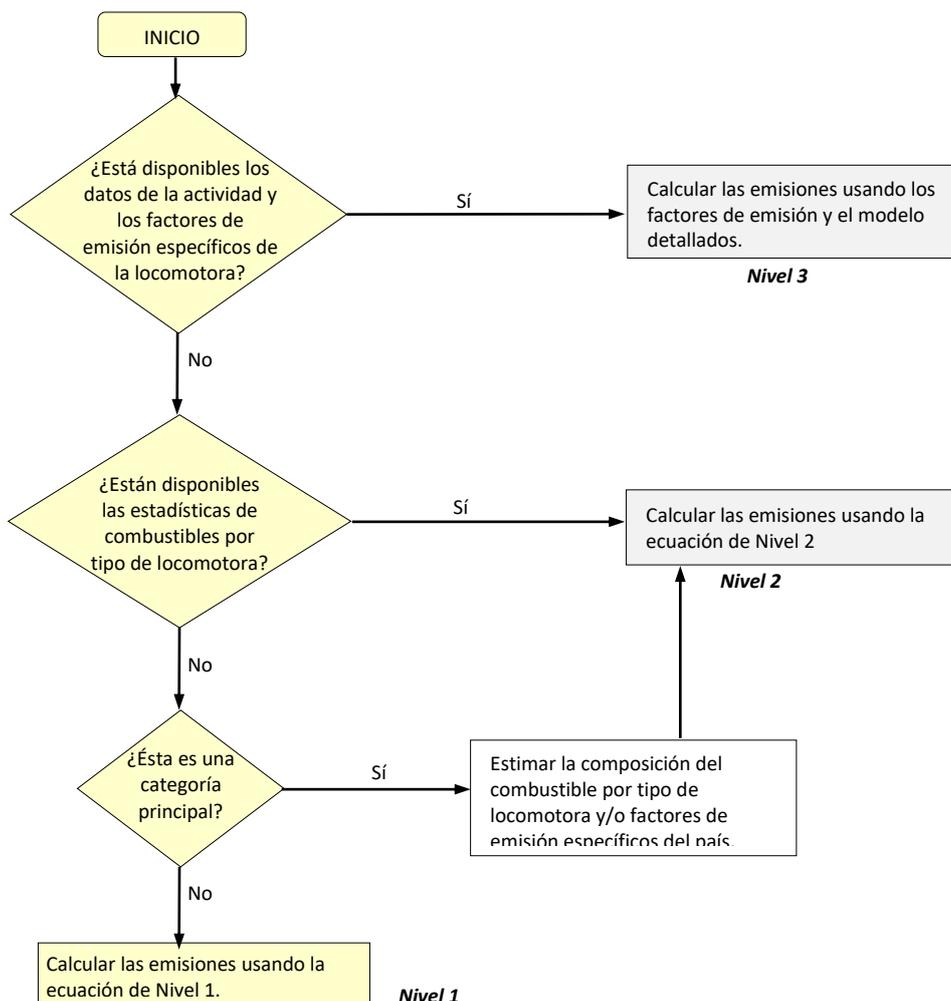
⁵ A cargo de la empresa GyM Ferrovías S.A – Línea 1. Al ser su fuente de energía eléctrica, las emisiones son reportadas en Producción de electricidad y calor como actividad principal (1A1a) y excluidas de esta sección.

Figura 19. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ en el transporte ferroviario



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.40, Fig. 3.4.1

Figura 20. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O en los ferrocarriles



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.41, Fig. 3.4.2

Para la estimación del CO₂, CH₄ y N₂O los árboles de decisiones sugieren aplicar el método de Nivel 1.

En la Tabla 27 se resume los GEI calculados y los niveles metodológicos empleados en cada caso, según las decisiones tomadas con las sugerencias del árbol de decisión.

Tabla 27. Nivel de cálculo en Ferrocarriles

Subcategoría	fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
1A3c. Ferrocarriles	Locomotoras de pasajero y carga	CO ₂	Diesel	Nivel 1
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel	Nivel 1

Fuente: DGAAM – MTC

6.3.2 Ecuaciones utilizadas

Para el cálculo de las emisiones GEI de esta subcategoría se emplea la ecuación 3.4.1 de las Directrices del IPCC de 2006. La ecuación se basa en 2 tipos de variables, los niveles de actividad (datos asociados a una actividad específica) y los factores de emisión que convierten los niveles de actividad en emisiones de GEI.

La ecuación para estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O es la siguiente:

Ecuación 2.4.1: Método general para las emisiones procedentes de las locomotoras.

$$\text{Emisión} = \sum_j (\text{Combustible}_j \times EF_j)$$

Dónde:

- Emisión = Emisiones (kg)
- Combustible_j = Tipo de combustible j consumido (representado por el combustible vendido) en (TJ).
- EF_j = Factor de emisión por tipo de combustible j, (kg/TJ).
- j = Tipo de combustible

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.41

6.3.3 Datos de actividad

En la siguiente tabla se describe la fuente de emisión abarcada en esta subcategoría, el dato de actividad requerido, la fuente de información del dato nacional, los GEI estimados, algunos comentarios particulares y al final, el uso que se le da a la información para el cálculo.

Tabla 28. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3c

Fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad del dato nacional	Fuente de información	Comentarios
Ferrocarriles	Emisiones del transporte por ferrocarriles, tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros.	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Combustible consumido en las locomotoras de los ferrocarriles a nivel nacional	Miles de Barriles (MB)	Ministerio de Energía y Minas (2019). Balance Nacional de Energía (BNE) 2019	El BNE reporta el consumo de combustibles de las empresas ferroviarias.

Uso de la información: Los datos de actividad tomados de las fuentes de información nacional descritas, son multiplicados por los respectivos factores de emisión que están dados en Gg de cada GEI / TJ (los cuales se asumen por defecto para cada combustible y fuente de emisión) para obtener las emisiones respectivas en unidades de masa (Gg). En los casos para los cuales la unidad del dato de actividad nacional es diferente a TJ, es necesario emplear los respectivos factores de conversión para convertir las unidades originales en unidades de energía (TJ).

Fuente: DGAAM – MTC

6.3.4 Factores de emisión y de conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados para estimar las emisiones de ferrocarriles.

Tabla 29. Factores de emisión empleados – Ferrocarriles

Fuente de emisión / captura	Factor de emisión	Calculado (C)/por defecto (D)	Dato Nacional	TIER/Nivel	Fuente de información
Ferrocarriles	Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso procedentes de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).	D		1	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.16, Cuadro 3.2.1. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

Fuente: DGAAM – MTC

Los valores de los factores de emisión aquí presentados son obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 30. Factores de emisión GEI - Ferrocarriles

Tipo de GEI	Diesel [Kg GEI/TJ]
CO ₂	74,100
CH ₄	4.15
N ₂ O	28.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.43

Los valores de los factores de emisión por defecto de los contaminantes criterios se tomaron de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019; a continuación, se detallan:

Tabla 31. Factores de contaminantes criterios – Ferrocarriles

NFR code		Descripción	SO _x [kg/Ton]	NO _x [kg/Ton]	CO [kg/Ton]	COVDM [kg/Ton]
1A3c	Ferrocarriles	Gas oíl / diésel		52.40	10.70	4.65

Fuente: Tabla 3.1 - 1.A.3.c Railways 2019

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los presentados en las siguientes tablas.

Tabla 32. Densidades empleadas en Ferrocarriles

Tipo de combustible	PETROPERU	REPSOL	Otro	Unidad
Diésel B5	0.851	0.870	0.851	Kg/L
Diésel		0.830		Kg/L

Tipo de combustible	PETROPERU	REPSOL	Otro	Unidad
Biocombustible (100% etanol)		0.885	0.790	g/Cm ³

Fuente: RAGEI del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

Tabla 33. VCN empleadas en Ferrocarriles

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Diésel B5 ^a	42.20	TJ/Gg
Diésel	42.81	GJ/kg
Biocombustible (100% etanol) ^b	27.00	TJ/Gg

^a Petroperú³⁴

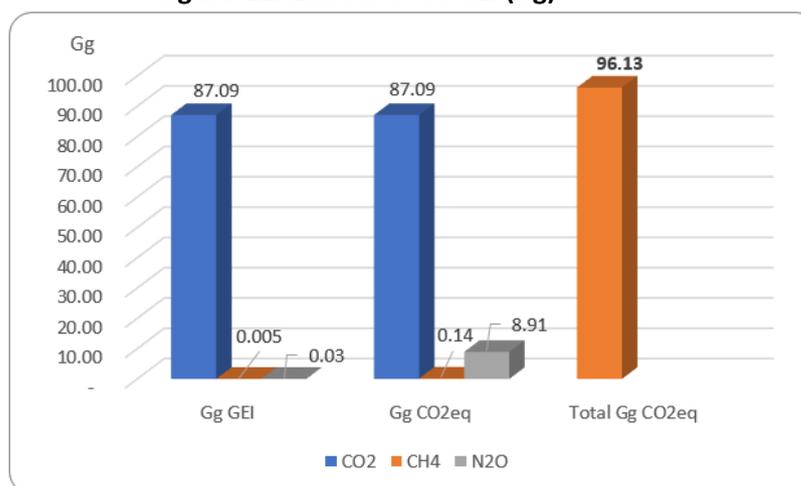
^b Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Cap. 1, Pág. 1.19

Fuente: Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

6.3.5 Análisis de resultados

En el 2019, las emisiones de los ferrocarriles fueron de 87.09 GgCO₂, 0.005 GgCH₄ y 0.03 GgN₂O que equivalen a 96.13 GgCO₂eq y que representan el 0.37% del total de emisiones abarcadas en el presente RAGEI.

Figura 21. Emisiones de GEI (Gg)



Fuente: DGAAM – MTC

Cabe señalar que el diésel es el único combustible utilizado en las operaciones de las locomotoras.

6.3.6 Sigüientes pasos

La Tabla 34 presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI, subcategoría 1A3c.

Tabla 34. Acciones de mejora para futuros RAGEI en ferrocarriles

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
Evaluar la factibilidad de actualización del año 1994.	Mejorar la coherencia temporal.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas; para a través de algún método de regresión se estimen las emisiones del	Corto plazo

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
		año 1994, utilizando datos estadísticos de la fuente.	

Fuente: DGAAM – MTC

6.4 Navegación marítima y fluvial (1A3d)

Incluye las emisiones de GEI por la quema de combustibles usados para impulsar naves marítimas y fluviales, incluyendo aerodeslizadores y aliscafos, pero excluyendo naves pesqueras.

A continuación, se presenta las fuentes que abarca esta subcategoría:

Tabla 35. Estructura de la subcategoría de Navegación marítima y fluvial

Categoría de fuente	Alcance
1A3d Navegación marítima y fluvial	Emisiones de combustibles usados para impulsar naves marítimas y fluviales, incluidos aerodeslizadores y aliscafos, pero a exclusión de las naves pesqueras. La división entre rutas internacionales/nacionales debe determinarse en base a los puertos de salida y de llegada, y no por la bandera o nacionalidad del barco.
1A3di <i>Navegación marítima y fluvial internacional (tanques de combustible internacionales)</i>	Emisiones de combustibles usados por naves de todas las banderas que se dedican a la navegación internacional vial. La navegación internacional puede ser en mares, lagos internos o vías fluviales y por aguas costeras. Incluye emisiones de viajes que salen de un país y llegan a otro. Excluye el consumo de barcos pesqueros (véase Otros sectores – Pesca). Se pueden incluir las emisiones de la navegación marítima y fluvial militar internacional como subcategoría aparte de la navegación marítima y fluvial internacional, siempre y cuando se aplique la misma distinción en las definiciones y haya datos disponibles para respaldar la definición.
1A3dii <i>Navegación marítima y fluvial nacional</i>	Emisiones de combustibles usados por barcos de todas las banderas que salen y llegan dentro de un mismo país (excluye la pesca, que debe declararse bajo 1 A 4 c iii y los viajes militares, que deben declararse en 1 a 5 b). Nótese que esto puede incluir los viajes de considerable extensión entre dos puertos de un país (p. ej., de San Francisco a Honolulu).

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.9

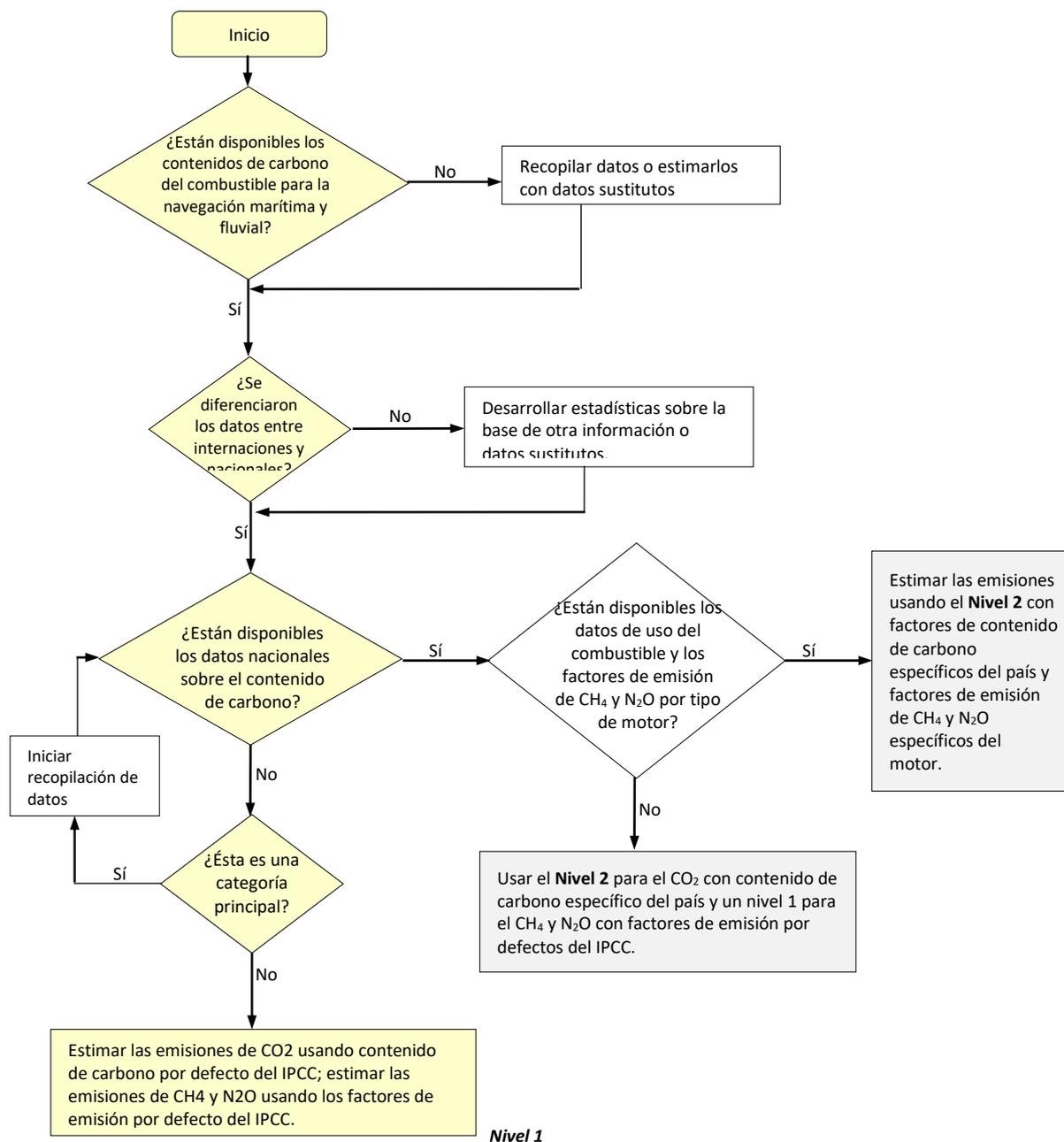
De las fuentes mencionadas en la tabla anterior, en esta sección se reportan las emisiones de GEI de la navegación marítima (naves mercantes) y fluvial nacional. Las emisiones de la navegación marítima internacional se reportan en la sección 6.7.

6.4.1 Método de Cálculo

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel básico. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

En la Figura 22 se presenta el árbol de decisión para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

Figura 22. Árbol de decisión para las emisiones procedentes de la navegación marítima y fluvial



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.49, Fig. 3.5.1

Para la estimación del CO₂, CH₄ y N₂O los árboles de decisiones sugieren aplicar el método de Nivel 1.

En la Tabla 36 se resume los GEI calculados y los niveles metodológicos empleados en cada caso, según las decisiones tomadas con las sugerencias del árbol de decisión.

Tabla 36. Nivel de cálculo en Navegación marítima y fluvial

Subcategoría	fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
1A3d.	Naves marítimas y fluviales	CO ₂	Diesel	Nivel 1

Subcategoría	fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
Navegación marítima y fluvial nacional		CH ₄ , N ₂ O	Diesel	Nivel 1

Fuente: DGAAM – MTC

6.4.2 Ecuaciones utilizadas

Para el cálculo de las emisiones GEI de esta subcategoría se emplea la ecuación 3.5.1 de las Directrices del IPCC de 2006. La ecuación se basa en 2 tipos de variables, los niveles de actividad (datos asociados a una actividad específica) y los factores de emisión que convierten los niveles de actividad en emisiones de GEI.

La ecuación para estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O es la siguiente:

Ecuación 3.5.1: Ecuación para la navegación marítima y fluvial.

$$\text{Emisiones} = \sum(\text{Combustible Consumido}_{ab} \times \text{Factor de emisión}_{ab})$$

- a =Tipo de combustible (diésel, gasolina, GLP, tanque, etc).
 b =Tipo de navegación marítima y fluvial (es decir, barco o bote y posible tipo de motor)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.47

6.4.3 Datos de actividad

En la siguiente tabla se describe la fuente de emisión abarcada en esta subcategoría, el dato de actividad requerido, la fuente de información del dato nacional, los GEI estimados, algunos comentarios particulares y al final, el uso que se le da a la información para el cálculo.

Tabla 37. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A3d

Fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad del dato nacional	Fuente de información	Comentarios
Navegación marítima y fluvial	Emisiones de GEI por la quema de combustibles usados para impulsar naves marítimas y fluviales	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Combustible consumido en las embarcaciones marítimas y fluviales	Miles de Barriles (MB)	Ministerio de Energía y Minas (2019). Balance Nacional de Energía (BNE) 2019	El BNE reporta el consumo de combustibles de las embarcaciones marítimas y fluviales por separado
<p>Uso de la información: Los datos de actividad tomados de las fuentes de información nacional descritas, son multiplicados por los respectivos factores de emisión que están dados en Gg de cada GEI / TJ (los cuales se asumen por defecto para cada combustible y fuente de emisión) para obtener las emisiones respectivas en unidades de masa (Gg). En los casos para los cuales la unidad del dato de actividad nacional es diferente a TJ, es necesario emplear los respectivos factores de conversión para convertir las unidades originales en unidades de energía (TJ).</p>						

Fuente: DGAAM – MTC

6.4.4 Factores de emisión y de conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados para estimar las emisiones del transporte marítimo y fluvial.

Tabla 38. Factores de emisión empleados – Navegación Marítima y Fluvial

Fuente de emisión / captura	Factor de emisión	calculado (C)/por defecto (D)	Dato Nacional	TIER/Nivel	Fuente de información
Navegación marítima y fluvial nacional.	Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico procedentes de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).	D		1	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.50. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

Fuente: DGAAM – MTC

Los valores de los factores de emisión aquí presentados son obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 39. Factores de emisión GEI para transporte marítimo y fluvial

Tipo de combustible	CO ₂ [kg/TJ]	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O kg/TJ]
Gasolina	69,300	7	2
Gas/Diésel	74,100	7	2
Fuelóleo residual	77,400		
Transatlánticos		7	2

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.50.

Los valores de los factores de emisión por defecto de los contaminantes criterios se tomaron de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019; a continuación, se detallan:

Tabla 40. Factores de contaminantes criterios – Marítimo y fluvial

NFR code		Descripción	SO _x [kg/t]	NO _x [kg/t]	CO [kg/t]	COVDM [kg/t]
1A3d	Navegación	Bunker fuel oil	19.20	69.10	3.67	1.67
		Marine diésel oil / marine gas oil (MDO/MGO)	1.82	72.20	3.84	1.75
		Gasoline	20.00	9.40	573.90	181.50

Fuente: Tabla 0-1 - 1.A.3.d Navigation (shipping) 2019

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los presentados en las siguientes tablas.

Tabla 41. Densidades empleadas en Navegación marítima y fluvial

Tipo de combustible	PETROPERU	REPSOL	Otro	Unidad
Diésel B5	0.851	0.870	0.851	Kg/L
Diésel		0.830		Kg/L
IFO 380*	0.969			Kg/L
IFO 180*	0.986			Kg/L
Destilado marino A (MGO)**			0.920	Kg/L
Biocombustible (100% etanol)		0.885	0.790	g/Cm ³

*Petróleos del Perú -Petroperú S.A (SEHS-666-2016)

**Norma Técnica Peruana 321.139 2003 (Revisada el 2014) Petróleo y Derivado. Diesel Marino especificaciones 2014-12-18

Fuente: RAGEI del sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

Tabla 42. VCN empleadas en Navegación marítima y fluvial

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Diésel B5 ^a	42.20	TJ/Gg
Diésel	42.81	GJ/kg
IFO 180 ^a	0.04	GJ/kg
IFO 380 ^a	0.04	GJ/kg
Biocombustible (100% etanol) ^b	27.00	TJ/Gg

^a Petroperú

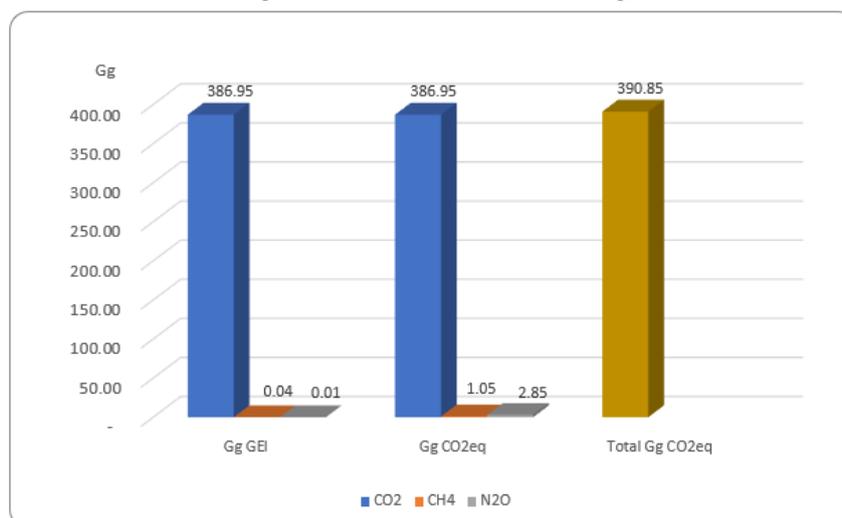
^b Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Cap. 1, Pág. 1.19

Fuente: Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2019

6.4.5 Análisis de resultados

En el 2019, las emisiones de GEI del transporte marítimo y fluvial fueron de 386.95 GgCO₂, 0.04 GgCH₄ y 0.01 GgN₂O, que equivalen a un total de 390.85 GgCO₂eq y que representan el 1.52% del total de emisiones abarcadas en el presente RAGEI.

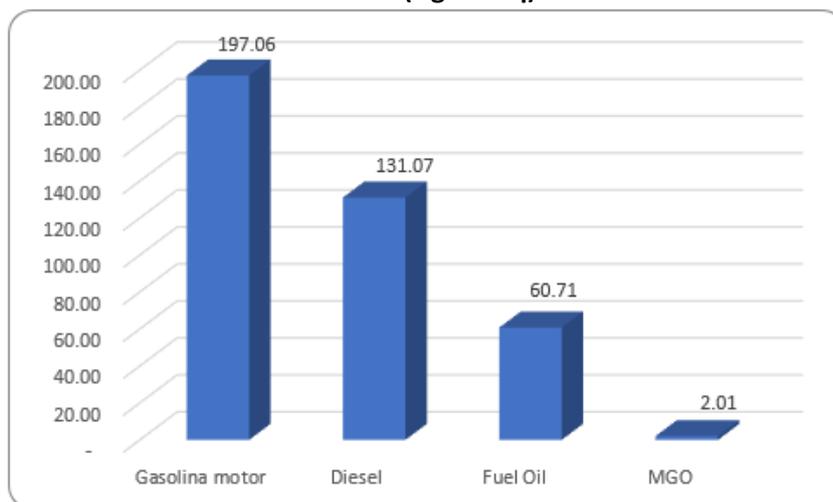
Figura 23. Emisiones de GEI (Gg)



Fuente: DGAAM – MTC

En la Figura 24 se presentan los resultados de emisiones de GEI por cada uno de los tipos de combustibles que se emplean en esta subcategoría. Como se observa, la gasolina motor es el combustible de mayor consumo y por ende el que genera mayores emisiones, aportando el 50.42% de las emisiones asociadas a la quema de combustibles en el transporte marítimo y fluvial. En segundo, tercer y cuarto lugar se encuentran el diésel, fuel oil y diésel marino (MGO), aportando un 33.53%, 15.53% y 0.51% respectivamente.

Figura 24. Emisiones de GEI por tipo de combustible de la navegación marítima y fluvial (Gg CO₂eq)



Fuente: DGAAM – MTC

6.4.6 Sigüientes pasos

La Tabla 43 presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI, subcategoría 1A3d.

Tabla 43. Acciones de mejora para futuros RAGEI en navegación marítima y fluvial

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
Evaluar la factibilidad de actualización del año 1994 y 2000.	Mejorar la exactitud de los cálculos y la coherencia temporal de las emisiones de la subcategoría de Aviación Civil (nacional).	Se ha iniciado coordinaciones con la DGAC.	Corto plazo

Fuente: DGAAM – MTC

6.5 Otro tipo de transporte (1A3e)

Incluye las emisiones de GEI por la quema de todas las demás actividades de transporte, incluidos el transporte por tuberías, las actividades terrestres en aeropuertos y puertos y las actividades en rutas no pavimentadas que no se hayan declarado anteriormente.

Así, en esta sección se reporta la información correspondiente a la estimación de emisiones de:

- Transporte por tuberías (1A3ei): incluye las emisiones por el consumo de combustible en las estaciones de bombeo del Oleoducto del Norperuano.
- Todo terreno (1A3eii): se incluye las emisiones por el consumo de combustible de los vehículos móviles utilizados en los aeropuertos del país.

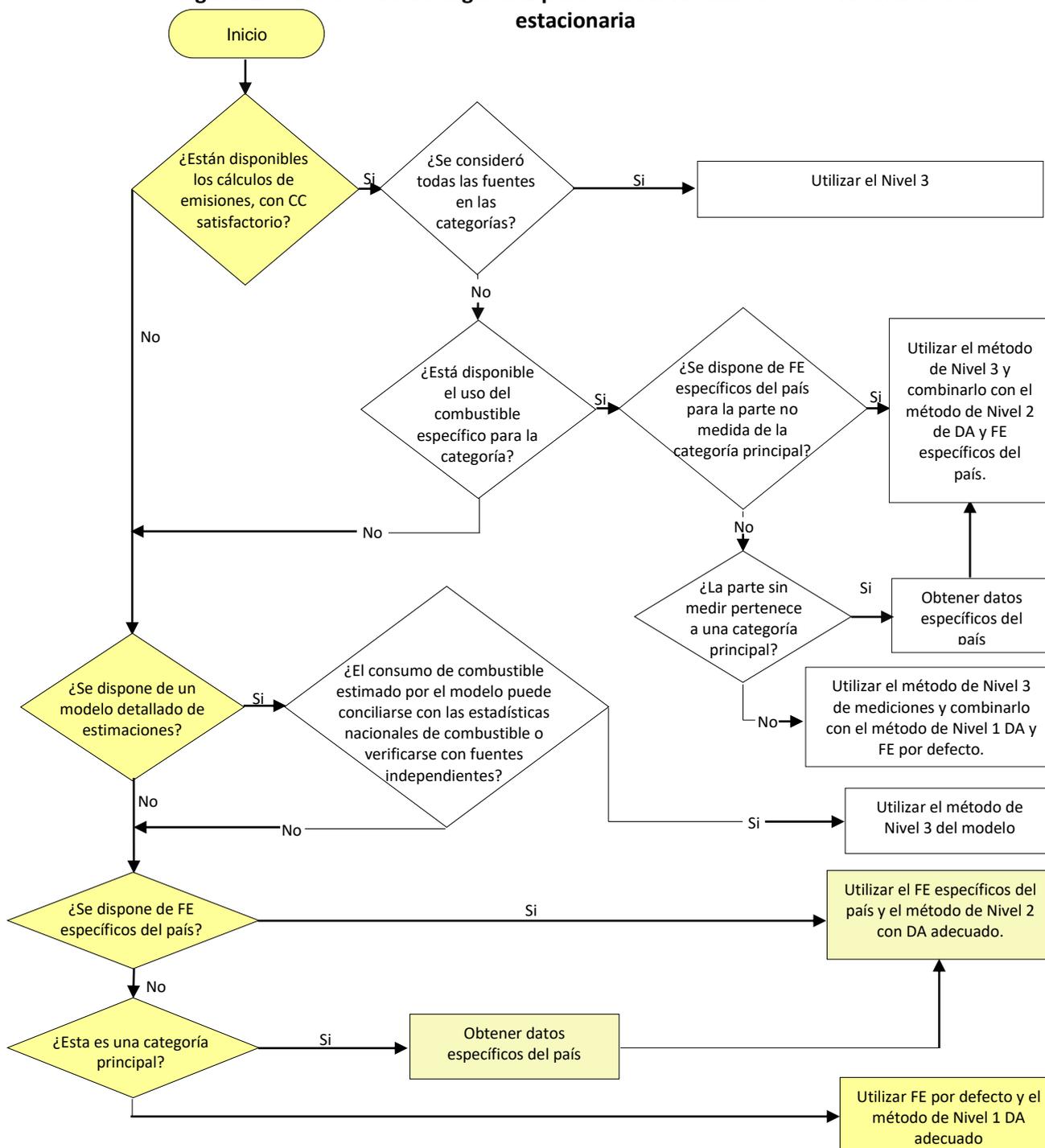
6.5.1 Método de Cálculo

6.5.1.1 Transporte por tuberías (1A3ei)

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel básico. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

En la Figura 25 se presenta el árbol de decisión para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

Figura 25. Árbol de decisión general para estimar las emisiones de la combustión estacionaria



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 2, Pág. 2.15, Fig. 2.1

Para la estimación del CO₂, CH₄ y N₂O el árbol de decisión sugiere el método de Nivel 1.

En la Tabla 44 se resume los GEI calculados y los niveles metodológicos empleados en cada caso, según las decisiones tomadas con las sugerencias del árbol de decisión.

Tabla 44. Nivel de cálculo en transporte por tuberías

Subcategoría	fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
1A3e. Transporte por tubería	Estaciones de bombeo	CO ₂	Diesel	Nivel 1
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel	Nivel 1

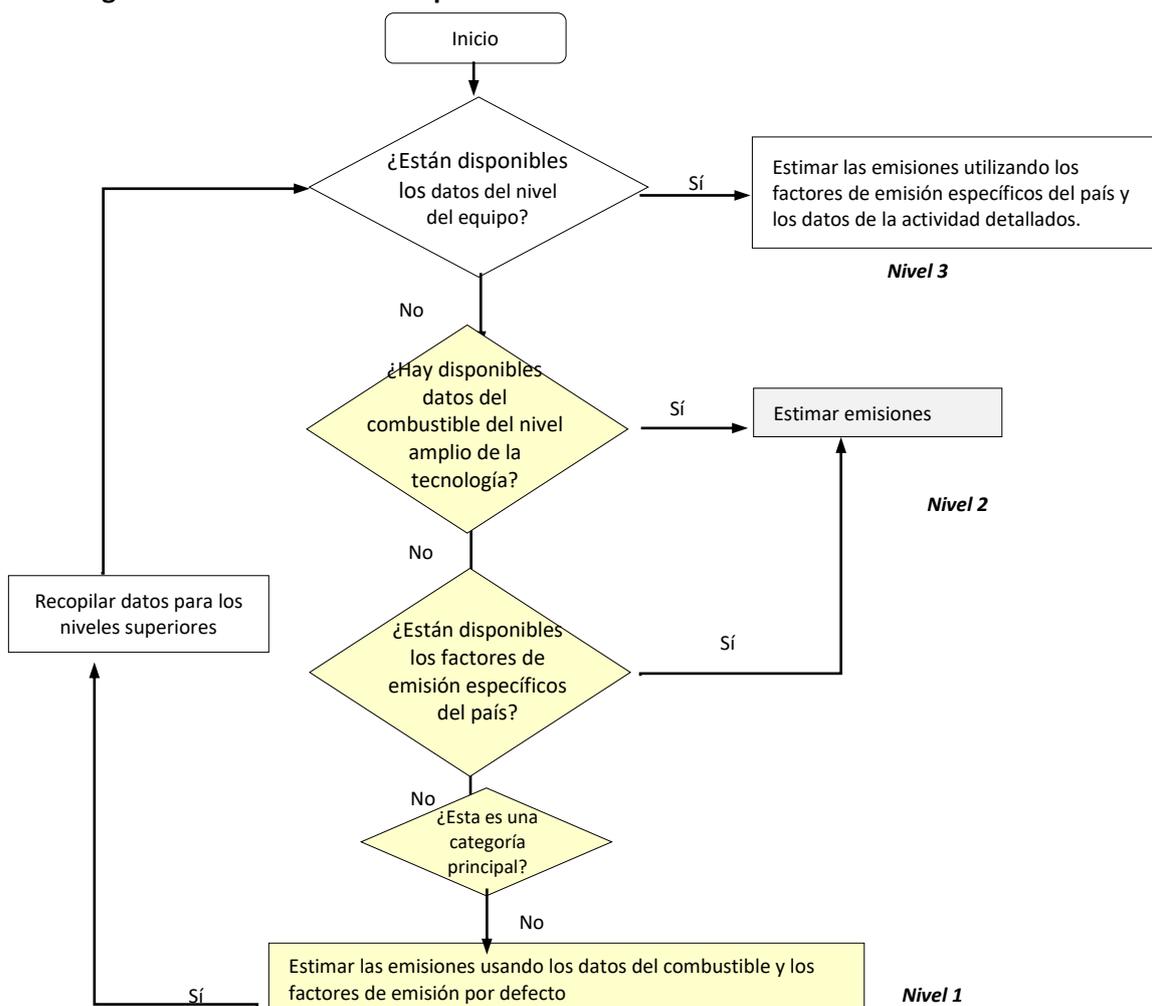
Fuente: DGAAM – MTC

6.5.1.2 Todo terreno (1A3eii)

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel básico. La elección de dicho nivel se basa en la utilización de los árboles de decisión que sugiere el IPCC.

En la Figura 26 se presenta el árbol de decisión para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría. Se ha resaltado de amarillo la secuencia seguida para la determinación del método.

Figura 26. Árbol de decisión para estimar las emisiones en vehículos todo terreno



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.34, Fig. 3.3.1

En la Tabla 45 se resume los GEI calculados y los niveles metodológicos empleados en cada caso, según las decisiones tomadas con las sugerencias del árbol de decisión.

Tabla 45. Nivel de cálculo en todo terreno

Subcategoría	fuentes	GEI	Combustible	Nivel metodológico
1A3e. Transporte todo terreno	Equipos móviles en los aeropuertos	CO ₂	Diesel, GLP y Gasolina	Nivel 1
		CH ₄ , N ₂ O	Diesel, GLP y Gasolina	Nivel 1

Fuente: DGAAM – MTC

6.5.2 Ecuaciones utilizadas

Para el cálculo de las emisiones GEI de esta subcategoría se emplea la ecuación 2.1 y 3.3.1 de las Directrices del IPCC de 2006. Ambas ecuaciones se basan en 2 tipos de variables, los niveles de actividad (datos asociados a una actividad específica) y los factores de emisión que convierten los niveles de actividad en emisiones de GEI. Para todas las fuentes de emisión de la categoría 1A3e, el dato de actividad corresponde al consumo de los diferentes tipos de combustibles.

La ecuación para estimar las emisiones de transporte de tubería es la siguiente:

Ecuación 2.1: Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI}} = \text{Consumo combustible}_{\text{combustible}} \bullet \text{Factor de emisión}_{\text{GEI}_{\text{combustible}}}$$

Dónde:

Emisiones _{GEI}	=	emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible
Consumo combustible _{combustible}	=	cantidad de combustible quemado (TJ)
Factor de emisión _{GEI_{combustible}}	=	incluye el factor de oxidación de carbono, se asume que es 1

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 2.11

La ecuación para estimar las emisiones de transporte todo terreno es la siguiente:

Ecuación 3.3.1: Estimación de emisiones del nivel 1

$$\text{Emisiones} = \sum_j (\text{Combustible}_j \times \text{EF}_j)$$

Dónde:

Emisión	=	Emisiones (kg)
Combustible _j	=	combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)
EF _j	=	Factor de emisión (kg/TJ)
J	=	Tipo de combustible

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.33, Ecuación 3.3.1

6.5.3 Datos de actividad

En la siguiente tabla se describen las fuentes de emisión abarcadas en esta subcategoría, los datos de actividad requeridos para cada una, las fuentes de información de los datos nacionales, los GEI estimados, algunos comentarios particulares y al final, el uso que se le da a la información para el cálculo.

Tabla 46. Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Otro tipo de transporte

Fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad del dato nacional	Fuente de información	Comentarios
Transporte por tuberías	Emisiones de GEI por la quema de combustibles para la operación de estaciones de bombeo y mantenimiento de tuberías del Oleoducto Norperuano	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Combustible consumido en las estaciones de bombeo de las tuberías del Oleoducto Norperuano	gal	Petroperú S.A.	El BNE reporta el consumo de combustibles de las embarcaciones marítimas y fluviales por separado
Todo terreno	Emisiones de GEI por la quema de combustibles de los vehículos móviles utilizados en los aeropuertos del país	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Combustible consumido de los vehículos móviles utilizados en los aeropuertos del país	gal, kg	Empresas concesionarias: Adp, CORPAC, TALMA	

Uso de la información: Los datos de actividad tomados de las fuentes de información nacional descritas, son multiplicados por los respectivos factores de emisión que están dados en Gg de cada GEI/TJ (los cuales se asumen por defecto para cada combustible y fuente de emisión) para obtener las emisiones respectivas en unidades de masa (Gg). En los casos para los cuales la unidad del dato de actividad nacional es diferente a TJ, es necesario emplear los respectivos factores de conversión para convertir las unidades originales en unidades de energía (TJ).

Fuente: DGAAM – MTC

6.5.4 Factores de emisión y de conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados para estimar las emisiones de esta subcategoría:

Tabla 47. Factores de emisión empleados – Otro tipo de transporte

Fuente de emisión / captura	Factor de emisión	calculado (C)/por defecto (D)	Dato Nacional	TIER/Nivel	Fuente de información
Transporte por tuberías	Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico procedentes de combustión fija (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).	D		1	Directrices del IPCC de 2006. Vol. 2, Cap. 2, Pág. 2.16-2.17. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
Todo terreno	Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico procedentes	D		1	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.36, Recuperado de

	de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).				https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
--	--	--	--	--	---

Fuente: DGAAM – MTC

Los valores de los factores de emisión aquí presentados son obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 48. Factores de emisión –transporte por tuberías

Tipo de combustible	CO ₂ [kg/TJ]	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O [kg/TJ]
Diésel Oíl	74,100	3	1
Biodiesel	70,800	3	0.6

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 2, Pág. 2.16 -2.17, Cuadro 2.2

Tabla 49. Factores de emisión –todo terreno

Fuente todo terreno	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Diesel			
Industria	74,100	4.15	28.6
Hogares	74,100	4.15	28.6
Motor de 4 tiempos a gasolina			
Industria	69,300	50	2
Hogares	69,300	120	2
Motor de 2 tiempos a gasolina			
Industria	69,300	130	0.4
Hogares	69,300	180	0.4

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.36, Cuadro 3.3.1

Los valores de los factores de emisión por defecto de los contaminantes criterios se tomaron de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019; a continuación, se detallan:

Tabla 50. Factores de contaminantes criterios – Otro tipo de transporte

NFR code	Descripción	SO _x [g/Kg]	NO _x [g/Kg]	CO [g/Kg]	COVDM [g/Kg]	Unidad
1A3ei	Combustión pequeña Combustión pequeña	94.00	306.00	93	20	g/Gj
1A3eii	Maquinaria móvil fuera de carretera		7,117.00	770,368	18,893	g/ton

Fuente: Tabla 3-1- 1.A.4 Non road mobile machinery 2019

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los presentados en las siguientes tablas.

Tabla 51. Densidades empleadas en Otro tipo de transporte

Tipo de combustible	PETROPERU	REPSOL	Otro	Unidad
Gas Licuado de Petróleo	0.556	0.560	0.558	Kg/L
Diésel B5	0.851	0.870	0.851	Kg/L
Diésel		0.830		Kg/L
Gasohol 84	0.734		0.7135	Kg/L
Gasohol 90	0.742		0.7215	Kg/L
Gasohol 95	0.761		0.718	Kg/L
Gasohol 97	0.747		0.7685	Kg/L
Biocombustible (100% etanol)		0.885	0.790	g/Cm ³

Fuente: RAGEI del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del año 2019

Tabla 52. VCN empleadas en Transporte Terrestre

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Gas Licuado de Petróleo ^a	9.99E-05	TJ/gal
Diésel B5 ^a	1.37E-04	TJ/gal
Diésel	1.35E-04	TJ/gal
Gasolina	1.18E-04	TJ/gal
Gas Natural ^a	3.60E-05	TJ/m ³
Biocombustible (100% etanol) ^b	9.05E-05	TJ/gal

^a Petroperú

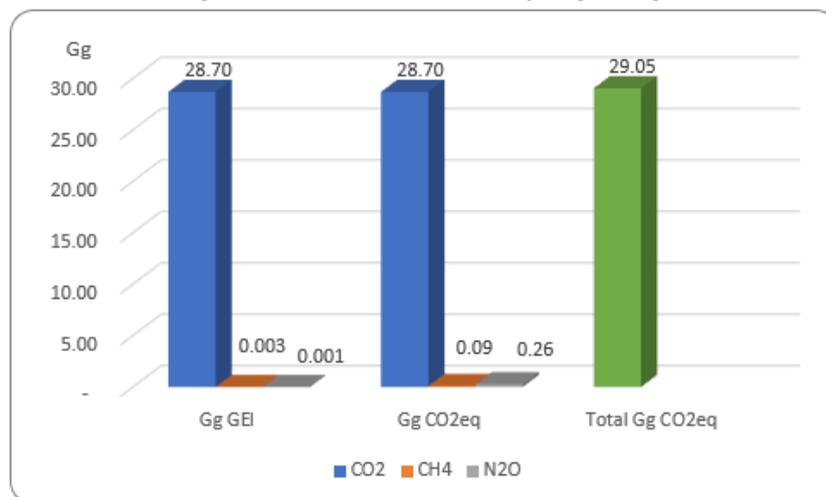
^b Directrices del IPCC de 2006, Vol. 1, Cap. 1, Pág. 1.19

Fuente: RAGEI del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del año 2019

6.5.5 Análisis de resultados

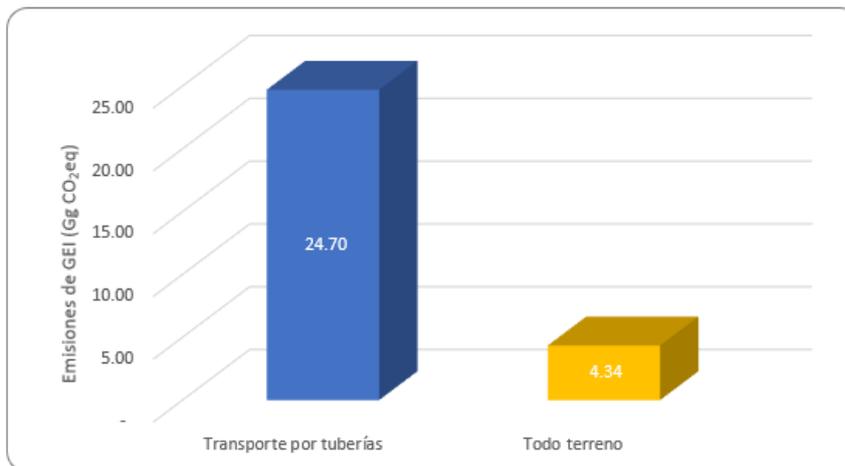
En el 2019, las emisiones de GEI de Otro tipo de transporte fueron de 28.70 GgCO₂, 0.003 GgCH₄, 0.001 GgN₂O, que equivalen a un total de 29.05 GgCO₂eq y que representan el 0.11% del total de emisiones abarcadas en el presente RAGEI.

Figura 27. Emisiones de GEI por gas (Gg)



Fuente: DGASA – MTC

Figura 28. Emisiones de GEI por subcategorías



Fuente: DGASA – MTC

6.5.6 Sigüientes pasos

La Tabla 53 presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI, subcategoría 1A3d.

Tabla 53. Acciones de mejora para futuros RAGEI en Otro tipo de transporte

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
Evaluar el uso de la Herramienta HEMAQ para estimar las emisiones de la maquinaria móvil no de carretera de las actividades de minería, construcción, agricultura, industria y forestal.	Mejorar la exactitud de los cálculos de las emisiones de esta subcategoría.	Se ha iniciado coordinaciones con la DGCA del MINAM.	Corto plazo
Incluir las emisiones de procedentes de los vehículos terrestres en puertos.	Mejorar la exhaustividad y exactitud de los cálculos de las emisiones de esta subcategoría.	Se ha iniciado coordinaciones con la APN.	Corto plazo
Recopilar información del consumo de combustible para el transporte en otras tuberías del país, estimar y reportar las emisiones correspondientes	Mejorar la exhaustividad y exactitud de los cálculos de las emisiones de esta subcategoría.	Se ha iniciado coordinaciones con la APN.	Corto plazo
Evaluar la factibilidad de actualización del año 1994.	Mejorar la coherencia temporal	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas; para a través de algún método de regresión se estimen las emisiones del año 1994, utilizando datos estadísticos de la fuente.	Corto plazo

Fuente: DGAAM - MTC

6.6 Móvil no especificado (1A5b)

Incluye las emisiones de GEI procedentes del tráfico militar, aéreo, marítimo y rodado. Estas emisiones han sido excluidas de la categoría 1A4a (Público).

Las emisiones reportadas en esta sección corresponden al consumo de combustible empleado en la aviación de las fuerzas militares.

6.6.1 Método de cálculo

El método seguido para estimar las emisiones de GEI es el nivel 1 de cálculo presentado por las Directrices del IPCC de 2006, es decir el nivel básico.

6.6.2 Datos de actividad

En la siguiente tabla se presenta el dato de actividad requerido, la fuente de información del dato nacional, algunos comentarios particulares y al final, el uso que se le da a la información para el cálculo.

Tabla 54. Datos de actividad y fuentes de información de la subcategoría 1A5b

Fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato nacional	Unidad del dato nacional	Fuente de información	Comentarios
Móvil no especificado	Emisiones de GEI procedentes del tráfico militar, aéreo, marítimo y rodado	Cantidad de combustible quemado (TJ)	Combustible consumido en la aviación de las fuerzas militares	Miles de Barriles (MB)	Ministerio de Energía y Minas (2019). Balance Nacional de Energía (BNE) 2019	
<p>Uso de la información: Los datos de actividad tomados de las fuentes de información nacional descritas, son multiplicados por los respectivos factores de emisión que están dados en Gg de cada GEI / TJ (los cuales se asumen por defecto para cada combustible y fuente de emisión) para obtener las emisiones respectivas en unidades de masa (Gg). En los casos para los cuales la unidad del dato de actividad nacional es diferente a TJ, es necesario emplear los respectivos factores de conversión para convertir las unidades originales en unidades de energía (TJ).</p>						

Fuente: DGAAM - MTC

6.6.3 Factores de emisión y de conversión

A continuación, se detalla los factores de emisión empleados para estimar las emisiones de la aviación de las fuerzas militares.

Tabla 55. Factores de emisión empleados

Fuente de emisión / captura	Factor de emisión	calculado (C)/por defecto (D)	Dato Nacional	TIER/ Nivel	Fuente de información
Móvil no específico (componente de aviación)	Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso procedentes de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ).	D	-	1	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.64. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

Fuente: DGAAM – MTC

Los valores de los factores de emisión por defecto de la Directrices del IPCC de 2006 aplicados en los cálculos de emisiones de GEI de esta subcategoría se muestran a continuación:

Tabla 56. Factores de emisión GEI

Tipo de combustible	CO ₂ [kg/TJ]	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O [kg/TJ]
Queroseno para motor reacción	71500	0.50	2.00

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Cap. 3, Pág. 3.64

Los valores de los factores de emisión por defecto de los contaminantes criterios se tomaron de la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/CORINAIR 2019; a continuación, se detallan:

Tabla 57. Factores de contaminantes criterios

Tipo de combustible	SO _x [kg/Ton]	NO _x [kg/Ton]	CO [kg/Ton]	COVDM [kg/Ton]
Jet Gasoline and Aviation Gasoline	1.00	4.00	1,200.00	19

Fuente: Tabla 3.3 - 1.A.3.a Aviation 2019

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los presentados en las siguientes tablas.

Tabla 58. Densidades empleadas

Tipo de combustible	Petróleos del Perú - Petroperú S.A	Shell España	Unidad
Turbo A1	0.809		Kg/L

Fuente: RAGEI del sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del año 2019

Tabla 59. VCN empleadas

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Turbo A1 ^a	43.0	MJ/kg

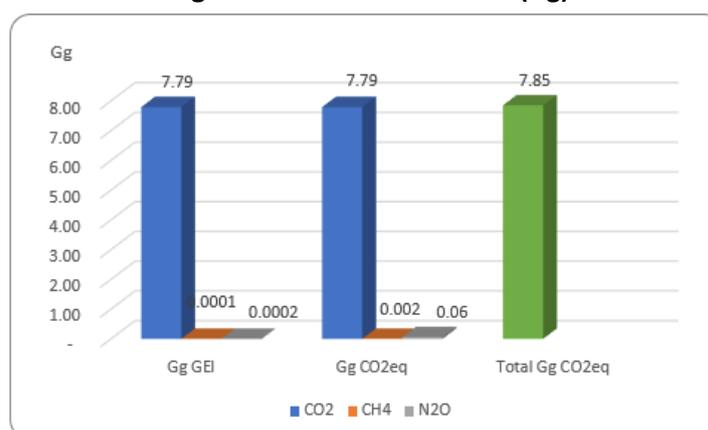
^a Petroperú

Fuente: RAGEI del sector Energía - Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del año 2019

6.6.4 Análisis de resultados

En el 2019, las emisiones de GEI de Móvil no especificado (Componente de aviación) fueron de 7.79 Gg CO₂, 0.0001 Gg CH₄ y 0.0002 Gg N₂O, que equivalen a un total de 7.85 Gg CO₂eq y que representan 0.03% del total de emisiones abarcadas en el presente RAGEI.

Figura 29. Emisiones de GEI (Gg)



Fuente: DGAAM - MTC

6.6.5 Sigüientes pasos

La Tabla 60 presenta acciones de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI, subcategoría 1A5.

Tabla 60. Acciones de mejora para futuros RAGEI - Móvil

Descripción de la mejora propuesta	Impacto en la estimación de CO ₂ eq u otros atributos	Nivel de avance en la implementación	Periodo de implementación
Evaluar la factibilidad de actualización del año 1994.	Mejorar la coherencia temporal.	Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas; para a través de algún método de regresión se estimen las emisiones del año 1994, utilizando datos estadísticos de la fuente.	Corto plazo

Fuente: DGAAM – MTC

6.7 Partidas informativas

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones de GEI procedentes por el consumo de combustible fósil en el transporte internacional aéreo y marítimo; y las emisiones de CO₂ de la quema de biomasa con fines energéticos fueron estimadas, pero no se incluyeron en los totales, sino que se reporta por separado como partidas informativas.

Emisiones del transporte internacional aéreo y marítimo:

En el 2019, las emisiones de GEI de la aviación internacional fueron de 2,230.26 Gg CO₂eq mientras que la navegación marítima fue de 1,415.86 Gg CO₂eq.

Tabla 61. Emisiones GEI correspondientes a Aviación Civil y Navegación Marítima Internacional

Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de carbono [Gg CO ₂]	Metano [Gg CH ₄]	Óxido nitroso [Gg N ₂ O]	Emisiones GEI [Gg CO ₂ eq]
Aviación civil internacional	2,213.42	0.02	0.06	2,230.26
Navegación marítima internacional	1,402.67	0.13	0.04	1,415.86

Fuente: DGAAM – MTC

Emisiones de CO₂ de la biomasa:

En el 2019, las emisiones de CO₂ de la biomasa quemada con fines energéticos fueron de 810.91 Gg CO₂eq. Estas emisiones corresponden al volumen de las mezclas de los biocombustibles en Diésel B5 y el Gasohol, 5% biodiesel y 7.8% etanol, respectivamente.

Tabla 62. Emisiones de CO₂ de los biocombustibles

Categorías de fuentes y sumideros	Etanol (7.8% en el gasohol) (Gg CO ₂)	Biodiesel (5% en el diésel B5) (Gg CO ₂)	Total (Gg CO ₂)
Transporte terrestre	330.62	472.36	802.97
Ferrocarriles		2.95	2.95
Navegación marítima y fluvial	0.004	4.39	4.39
Transporte todo terreno		0.60	0.60
Total	330.62	480.29	810.91

Fuente: DGAAM – MTC

La subcategoría de Transporte Terrestre es la que mayores emisiones de biomasa (etanol + biodiesel) ha generado, con 802.97 Gg CO₂eq y en menor cantidad el transporte todo terreno (0.60 Gg CO₂eq biodiesel).

En las subcategorías de Aviación Civil y Móvil (componente de aviación) los combustibles empleados no contienen mezcla de biocombustibles.

7 BIBLIOGRAFÍA

- MINEM. (2021). Balance Nacional de Energía 2019. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1902937-balance-nacional-de-energia-2019>
- MTC. (2019). Anuario Estadístico 2019. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344726-estadistica-anuario-estadistico-del-mtc>
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- IPCC. (2019). Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

8 ANEXOS

Anexo 1: Datos de los responsables del RAGEI

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Lisbeth Milagros Morales Lavado
Cargo	Especialista Ambiental
Correo Electrónico	lmorales-prov@mtc.gob.pe
Teléfono - Anexo	-
Dirección General	Dirección General de Asuntos Ambientales
Institución	Ministerio de Transporte y comunicaciones

Fuente: DGAAM - MTC

Anexo 2: Recomendaciones de mejora para el RAGEI 2019

N°	Categoría involucrada	Observaciones y recomendación del proceso de garantía de la calidad (GAUSS, 2023)
1	1A3a Aviación civil	<p><u>Observación:</u></p> <p>Perú estima las emisiones de CO₂ provenientes de la aviación nacional de manera diferenciada considerando: (i) los vuelos de las aerolíneas comerciales y (ii) otros viajes (especiales o turísticos) (RAGEI, Tabla 11, p. 32). Para el primer tipo de vuelo emplea el método de nivel 3A de la metodología EMEP CORINAIR que permite el cálculo del combustible consumido en las distintas etapas del vuelo y las correspondientes emisiones sobre la base de información de origen y destino. Para los vuelos del segundo tipo, Perú emplea el método de nivel 1 de las directrices del IPCC de 2006. Los DA incluyen: (i) la cantidad de queroseno para motor a reacción y de gasolina de aviación (BNE) y la información de origen y destino (OD) de los vuelos aerocomerciales para la aplicación del método de nivel 3A (MTC). Esta metodología se empleó para los inventarios 2018 y 2019. Perú planea revisar los datos de actividad (número de vuelos OD por tipo de aeronave) de los años 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000 para poder aplicar el método de nivel 3A a la serie completa de inventarios reportados hasta el presente.</p> <p>La información está presentada de manera transparente y completa.</p> <p>El ERE calculó el factor de emisión de CO₂ implícito de las emisiones de los viajes aerocomerciales, como el cociente de las emisiones (1 099.05 Gg CO₂) y el consumo de queroseno para motor a reacción (15 106.77 TJ) reportados en la hoja <GEI-1A3a> del RAGEI 2019. Este factor de emisión de CO₂ implícito resultó igual a 72 752 Kg CO₂/TJ, un valor 1.8% superior al factor de emisión de CO₂ por defecto indicado en las directrices de 2006 del IPCC (71 500 kg CO₂/TJ) y dentro del rango correspondiente (69 700 – 74 400 kg CO₂/TJ). Este factor de emisión por defecto (71 500 kg CO₂/TJ) es el empleado por Perú para estimar las emisiones de los viajes especiales y turísticos. Dado que el queroseno para motor a reacción es el mismo combustible empleado en ambos tipos de vuelo, el factor de emisión de CO₂ para ambas actividades debería ser el mismo porque solo depende del contenido de carbono y del valor calórico neto del combustible. Si bien es encomiable el esfuerzo realizado por Perú para aplicar el método de nivel 3A de la metodología EMEP CORINAIR, el ERE señala que, al emplear dos factores de emisión diferentes para un mismo combustible, la estimación global de esta subcategoría es, para el queroseno para motor a reacción, intrínsecamente inconsistente.</p> <p>Desde el punto de vista físico, la manera de resolver la inconsistencia señalada consiste en que Perú desarrolle factores de emisión (FE) de CO₂ específicos para el país, primordialmente el FE del queroseno para motor a reacción. Entonces, se podría aplicar el mismo FE para la estimación de las emisiones de CO₂ mediante el método de nivel 3A para los vuelos aerocomerciales y para los otros vuelos. En una etapa más avanzada el país podría desarrollar FE específico del país para la gasolina para aviación.</p> <p><u>Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario:</u></p> <p>Elaborar un proyecto para el desarrollo del FE de CO₂ específico del país para el queroseno para motor a reacción. Para tal fin, se debería realizar un muestreo representativo del combustible y realizar determinaciones de VCN, contenido de carbono y factor de oxidación. Este tipo de análisis requiere unos 300-500 ml de muestra y existen laboratorios en países de la región que los pueden realizar según normas internacionales, por ejemplo, ASTM 4809 para PCN, ASTM 5291 para el análisis elemental y ASTM 482 para cenizas.</p>

N°	Categoría involucrada	Observaciones y recomendación del proceso de garantía de la calidad (GAUSS, 2023)
2	1A3b transporte terrestre	<p><u>Observación:</u> Los DA comprenden la cantidad de diesel oil, gasolina, gasohol, GLP y gas natural empleados (BNE) y el parque automotor circulante por tipo de vehículo. La información está presentada de manera transparente y completa. El RAGEI indica que “para la estimación del CO₂, en el caso de los combustibles que no son gas natural, el árbol de decisiones sugiere aplicar el Nivel 1”.</p> <p>El FE de CO₂ específico del país está documentado. La documentación es adecuada. Las emisiones de CO₂ de la subcategoría transporte terrestre fueron identificadas como una categoría principal para todos los tipos de combustible empleados en esta subcategoría, esto implica disponer de los factores de emisión de CO₂ específicos del país para diésel oil, gasolina y GLP.</p> <p><u>Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario:</u> Perú debería llevar a cabo un proyecto similar al sugerido para el desarrollo del FE de CO₂ específico del país para queroseno para motor a reacción. Este proyecto tendría la finalidad de determinar los FE de CO₂ específicos del país para diesel oil, gasolina, LPG y queroseno para motor a reacción y todo otro combustible líquido para el cual sus emisiones de CO₂ se hayan identificado como categoría principal. Para el caso de mezclas (gasohol y biodiesel), las propiedades del componente fósil y del componente biogénico del combustible deben determinarse de manera separada para permitir diferenciar el origen fósil o biogénico de las emisiones de CO₂ y la asignación al total nacional o al ítem informativo, respectivamente.</p>
3	1A3biv Motocicletas	<p><u>Observación:</u> Los DA de esta subcategoría no incluyen la cantidad de lubricante consumido en el motor de dos tiempos. El RAGEI no reporta información acerca del uso de lubricantes en motocicletas. No existe documentación acerca del uso de lubricante y de las correspondientes emisiones de GEI en línea con las directrices del IPCC de 2006 (recuadro 3.2.4, vol. 2, cap. 3). Para poder llevar a cabo la estimación de estas emisiones, Perú necesita no solo desagregar el consumo de lubricantes del total de combustibles de uso no energético, sino que además necesita diferenciar el uso de lubricantes para motores de dos ciclos del resto (mayoritario) de los usos para los cuales los lubricantes no se queman.</p> <p><u>Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario:</u> Coordinar con el MINEM acciones para llevar a cabo la desagregación del uso no energético de combustibles en el BNE.</p>
4	1A3ei Transporte por tuberías	<p><u>Observación:</u> Perú estimó y reportó las emisiones de GEI provenientes de las estaciones de bombeo del oleoducto del Norperuano (RAGEI, p. 56). Los DA consisten en el consumo de combustible de las estaciones de bombeo del oleoducto, obtenido por el CTM por contacto con la empresa Petroperú. La información está presentada de manera transparente y completa. El ERE felicita a Perú por la adquisición de los DA para estimar estas emisiones. Sin embargo, señala que el reporte de esta subcategoría parece estar incompleto ya que no incluye las emisiones de los gasoductos y poliductos existentes en el país.</p> <p><u>Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario:</u> Recopilar información del consumo de combustible para el transporte en otras tuberías del país, estimar y reportar las emisiones correspondientes.</p>

N°	Categoría involucrada	Observaciones y recomendación del proceso de garantía de la calidad (GAUSS, 2023)
5	1A3eii Maquinaria móvil fuera de carretera	<p><u>Observación:</u> Perú estimó y reportó las emisiones por el consumo de combustible de los vehículos móviles utilizados en los aeropuertos del país (RAGEI, p. 56). Los DA son los consumos de combustible en vehículos internos de aeropuertos, reportados a CTM por Aeropuertos del Perú (AdP). La información está presentada de manera transparente y completa.</p> <p>El RAGEI indica que se planea evaluar el uso de la Herramienta HEMAQ para estimar las emisiones de la maquinaria móvil no de carretera de las actividades de minería, construcción, agricultura, industria y forestal (p. 63). En el caso de estimar las emisiones provenientes de estas actividades, Perú deberá atender que el reporte de las mismas se realice en las subcategorías correspondientes. Perú no ha estimado las emisiones asociadas con las actividades terrestres en puertos que también son parte del transporte todo terreno.</p> <p><u>Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario:</u> Evaluar el uso del modelo HEMAQ y decidir la factibilidad de su implementación. Adquirir los datos necesarios para estimar las emisiones de las actividades terrestres en puertos.</p>