

RAGEI | 2014

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector **Energía 2014**

Categoría:
COMBUSTIÓN MÓVIL

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2014
Categoría: Combustión Móvil

Preparado por:

Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Viceministerio de Transportes
Dirección General de Asuntos Socio Ambientales

Lima, 2017

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| ABREVIATURAS | 8 |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 13 |
| 2.1 Mejoras implementadas y acciones pendientes | 13 |
| 2.2 Metodología de cálculo aplicada | 19 |
| 2.3 Análisis de incertidumbre | 21 |
| 2.4 Control de calidad..... | 26 |
| 2.5 Proceso de elaboración del RAGEI..... | 31 |
| 2.5.1 Procedimientos y arreglos utilizados para recolectar la información de los niveles de actividad y los factores de emisión..... | 31 |
| 2.5.2 Los procedimientos y arreglos utilizados para archivar la data recibida y procesada para el RAGEI | 33 |
| 2.5.3 Esfuerzos para hacer de la elaboración del RAGEI un proceso continuo. | 33 |
| 3. RESULTADO SECTORIAL..... | 35 |
| 3.1 Emisiones RAGEI 2014 – Energía (Combustión Móvil) | 35 |
| 3.2 Descripción de la situación sectorial | 39 |
| 3.3 Análisis de los resultados..... | 42 |
| 3.4 Coherencia de la serie temporal..... | 44 |
| 3.5 Análisis de Cambios en la serie temporal | 47 |
| 4. RESULTADOS POR SUB-CATEGORÍA | 53 |
| 4.1 Aviación | 53 |
| 4.1.1 Elección del método | 54 |
| 4.1.2 Descripción del nivel de actividad | 57 |
| 4.1.3 Factores de emisión y conversión | 62 |
| 4.1.4 Análisis de incertidumbre | 64 |
| 4.1.5 Garantía de calidad/Control de calidad | 68 |
| 4.1.6 Análisis de resultados de la sub-categoría..... | 69 |
| 4.1.7 Sigüientes pasos | 71 |
| 4.2 Transporte Terrestre | 73 |
| 4.2.1 Elección del método | 74 |
| 4.2.2 Descripción del nivel de actividad | 78 |
| 4.2.3 Factores de emisión y conversión | 85 |
| 4.2.4 Análisis de incertidumbre | 87 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.2.5 | Garantía de calidad/Control de calidad | 92 |
| 4.2.6 | Análisis de resultados de la sub-categoría..... | 93 |
| 4.2.7 | Siguientes pasos | 94 |
| 4.3 | Ferrocarriles..... | 96 |
| 4.3.1 | Elección del método | 96 |
| 4.3.2 | Descripción del nivel de actividad | 99 |
| 4.3.3 | Factores de emisión y conversiones | 103 |
| 4.3.4 | Análisis de incertidumbre | 105 |
| 4.3.5 | Garantía de calidad/Control de calidad | 107 |
| 4.3.6 | Análisis de resultados de la sub-categoría..... | 107 |
| 4.3.7 | Siguientes pasos | 108 |
| 4.4 | Navegación marítima y fluvial | 110 |
| 4.4.1 | Elección del método | 111 |
| 4.4.2 | Descripción del nivel de actividad | 114 |
| 4.4.3 | Factores de emisión y conversión | 116 |
| 4.4.4 | Análisis de incertidumbre | 118 |
| 4.4.5 | Garantía de calidad/Control de calidad | 121 |
| 4.4.6 | Análisis de resultados de la sub-categoría..... | 121 |
| 4.4.7 | Siguientes pasos | 124 |
| 4.5 | Otro tipo de transporte: Transporte todo terreno | 125 |
| 4.5.1 | Elección del método | 125 |
| 4.5.2 | Descripción del nivel de actividad | 128 |
| 4.5.3 | Factores de emisión y conversión | 129 |
| 4.5.4 | Análisis de incertidumbre | 131 |
| 4.5.5 | Garantía de calidad/Control de calidad | 133 |
| 4.5.6 | Análisis de resultados de la sub-categoría..... | 133 |
| 4.5.7 | Siguientes pasos | 134 |
| ANEXOS | | 136 |
| Anexo 1: | Datos del responsable del RAGEI | 136 |
| Anexo 2: | Estimación de incertidumbre asociada a las emisiones del RAGEI..... | 137 |

GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1: Emisiones de GEI del Sector Energía -Combustión Móvil año 2014 (Gg CO ₂ eq) | 10 |
| Gráfico 2: Emisiones GEI del sector Energía – Combustión Móvil..... | 11 |
| Gráfico 3: RAGEI – Combustión Móvil año 2014 | 36 |
| Gráfico 4: Emisiones GEI por fuentes – Combustión Móvil año 2014 | 37 |
| Gráfico 5: Emisiones de GEI por combustión de biomasa Combustión Móvil. | 39 |
| Gráfico 6: PBI Vs Emisiones GEI año 2000 al 2014 | 40 |
| Gráfico 7: Parque de medios de transporte del año 2000 al 2014..... | 40 |
| Gráfico 8: Consumo de combustible (TJ) por tipo de medios de transporte | 41 |
| Gráfico 9: Participación de consumo de combustible en los medios de transporte – Año 2014..... | 42 |
| Gráfico 10: Consumo de Combustible (TJ) por tipo de combustible | 42 |
| Gráfico 11: Serie temporal de emisiones actualizada en cada Subcategoría | 51 |
| Gráfico 12: Consumo de Combustible (TJ) en el Sector de Transporte..... | 51 |
| Gráfico 13: Serie temporal de las emisiones GEI 2000 - 2014..... | 52 |
| Gráfico 14: Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de las aeronaves..... | 55 |
| Gráfico 15: Captura de imagen, indicando selección del Libro de Excel – Nivel 3A | 60 |
| Gráfico 16: Emisiones de CO ₂ eq | 69 |
| Gráfico 17: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Aviación Nacional para el RAGEI del 2000 - 2014..... | 69 |
| Gráfico 18: Parque de aviación y tráfico de pasajeros a nivel nacional | 70 |
| Gráfico 19: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Móvil (Componente de Aviación) para el RAGEI del 2000 - 2014..... | 70 |
| Gráfico 20: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Aviación Internacional del 2000 - 2014 | 71 |
| Gráfico 21: Consumo de combustible (TJ) procedentes de Aviación Internacional del 2005 - 2014 | 71 |
| Gráfico 22: Árbol de decisión para las emisiones de CO ₂ procedentes de la quema de combustible en los vehículos terrestres. | 75 |
| Gráfico 23: Árbol de decisión para las emisiones de CH ₄ y N ₂ O de los vehículos terrestres. | 76 |
| Gráfico 24: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Transporte terrestre | 93 |
| Gráfico 25: Emisiones CO ₂ eq procedentes de transporte terrestre del 2000 - 2014 | 93 |
| Gráfico 26: Combustible (TJ) procedentes de transporte terrestre del 2005 – 2014 | 94 |
| Gráfico 27: Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO ₂ procedentes del transporte ferroviario | 97 |
| Gráfico 28: Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH ₄ y N ₂ O procedentes de los ferrocarriles . | 98 |
| Gráfico 29: Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014 | 107 |
| Gráfico 30: Consumo de diésel (TJ) en ferrocarriles del 2005 - 2014..... | 108 |
| Gráfico 31: Árbol de decisión para las emisiones procedentes de la navegación marítima y fluvial. | 112 |
| Gráfico 32: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Navegación marítima y fluvial nacional del 2000 – 2014 | 122 |
| Gráfico 33: Consumo de combustible (TJ) de Navegación marítima y fluvial nacional del 2005 – 2014 . | 122 |
| Gráfico 34: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Navegación marítima internacional del 2000 - 2014..... | 123 |
| Gráfico 35: Consumo de Combustible (TJ) en Navegación marítima internacional del 2005 – 2014 | 123 |
| Gráfico 36: Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de los vehículos todo terreno. . | 126 |
| Gráfico 37: Emisiones CO ₂ eq procedentes de Transporte Todo Terreno del 2000 - 2014..... | 134 |
| Gráfico 38: Consumo de combustible (TJ) en Transporte Todo Terreno del 2005 - 2014..... | 134 |

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2014 en base a la revisión del sector | 13 |
| Tabla 2: Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2014 en base a la revisión del ICA..... | 15 |
| Tabla 3: Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del sector | 16 |
| Tabla 4: Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del ICA | 19 |
| Tabla 5: Descripción de categorías en el Sector de Energía-Combustión Móvil considerados en el RAGEI 2014..... | 20 |
| Tabla 6: Valor de Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | 21 |
| Tabla 7: Datos de incertidumbre en los Factores de Emisión para Combustión Móvil..... | 21 |
| Tabla 8: Estimación de incertidumbre asociada a las actividades de Combustión Móvil del RAGEI..... | 24 |
| Tabla 9: Procedimientos generales de control de calidad 2014..... | 26 |
| Tabla 10: Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2014 | 30 |
| Tabla 11: Sistema de archivo digital del RAGEI - 2014 | 33 |
| Tabla 12: Rol de las instituciones involucradas en la elaboración del RAGEI..... | 33 |
| Tabla 13: Emisiones nacionales de GEI por fuentes del sector Energía-Combustión Móvil. RAGEI 2014 .. | 35 |
| Tabla 14: Emisiones GEI correspondientes a Aviación Civil y Navegación Marítima Internacional | 38 |
| Tabla 15: Emisiones GEI de Biodiesel y Etanol en los biocombustibles..... | 38 |
| Tabla 16: PBI Vs Emisiones GEI año 2000 al 2014 | 39 |
| Tabla 17: Parque vehicular circulante del año 2014 | 41 |
| Tabla 18: Fuentes con emisiones de GEI inferiores a años anteriores | 43 |
| Tabla 19: Parque aéreo para la sub-categoría de Aviación Civil..... | 43 |
| Tabla 20: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Móvil no especificado | 43 |
| Tabla 21: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Ferrocarril..... | 43 |
| Tabla 22: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Navegación marítima y fluvial..... | 43 |
| Tabla 23: Serie temporal de emisiones originales y actualizadas de los RAGEI | 46 |
| Tabla 24: Análisis de la serie temporal..... | 47 |
| Tabla 25: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Transporte Terrestre..... | 52 |
| Tabla 26: Categoría de Fuentes y sus definiciones IPCC..... | 53 |
| Tabla 27: Nivel metodológico aplicado por fuente | 56 |
| Tabla 28: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales | 58 |
| Tabla 29: Interpolación de datos..... | 61 |
| Tabla 30: Demanda de Combustibles de Aviación (G100LL PV-PAA) | 61 |
| Tabla 31: Demanda Nacional de combustibles según categoría – TA1 Exportación | 61 |
| Tabla 32: Demanda de Combustibles de Aviación de Planta de Venta (TA1 PV). | 62 |
| Tabla 33: Factores de emisión empleados – Aviación..... | 62 |
| Tabla 34: Factores de emisión | 63 |
| Tabla 35: Densidades empleadas | 63 |
| Tabla 36: VCN empleadas..... | 63 |
| Tabla 37: Incertidumbre por fuente y GEI | 64 |
| Tabla 38: Incertidumbre de los datos de nivel de actividad para Aviación | 66 |
| Tabla 39: Incertidumbre en los factores de emisión para Aviación | 67 |
| Tabla 40: Procedimientos específicos de control de calidad..... | 68 |
| Tabla 41: Acciones de mejora para futuros RAGEI | 72 |
| Tabla 42: Sub – Categoría relacionadas al Transporte Terrestre..... | 74 |
| Tabla 43: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Transporte Terrestre | 77 |
| Tabla 45: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Transporte Terrestre ... | 78 |
| Tabla 48: Participación porcentual de las clases de vehículos registrados por tipo de combustible | 81 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 49: Parque automotor circulante por tipo de vehículo año 2014 | 81 |
| Tabla 50: Clases de vehículos circulantes estimado por tipo de combustibles año 2014 | 82 |
| Tabla 51: Participación porcentual del parque circulante por tipo de combustible año 2014 | 82 |
| Tabla 52: Tipo de combustible desagregado por clase de vehículo circulante (%) | 82 |
| Tabla 53: Combustible vendido en los grifos, distribuido por clase de vehículo y tipo de combustible (MB) | 83 |
| Tabla 54: Combustible vendido en los grifos, distribuido por tipo de vehículo y combustible (Galones) . | 83 |
| Tabla 55: GNV vendido, distribuido por tipo de vehículo y combustible (m ³) | 84 |
| Tabla 56: Factores de emisión empleados – Transporte Terrestre | 85 |
| Tabla 57: Factores de emisión – Transporte terrestre | 85 |
| Tabla 58: Densidades empleadas en Transporte Terrestre | 85 |
| Tabla 59: VCN empleadas en Transporte Terrestre | 86 |
| Tabla 62: Incertidumbre de Factores de Emisión – Transporte Terrestre..... | 90 |
| Tabla 64: Acciones de mejora para futuros RAGEI en Transporte Terrestre..... | 94 |
| Tabla 65: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Ferrocarriles..... | 99 |
| Tabla 68: Ecuación de estimación del consumo de combustible de las locomotoras de southern Perú: | 102 |
| Tabla 69: Consumo de combustible en empresa ferroviaria Southern | 103 |
| Tabla 70: Consumo de combustible de empresas ferroviarias año 2014..... | 103 |
| Tabla 71: Factores de emisión empleados – Ferrocarril..... | 103 |
| Tabla 75: Incertidumbre de Ferrocarriles..... | 105 |
| Tabla 76: Incertidumbre en los datos de nivel de actividad – Ferrocarriles..... | 106 |
| Tabla 77: Incertidumbre en los Factores de Emisión – Ferrocarriles | 106 |
| Tabla 78: Procedimientos específicos de control de calidad en ferrocarriles | 107 |
| Tabla 79: Acciones de mejora para futuros RAGEI en ferrocarriles | 108 |
| Tabla 84: Combustible usado por las naves marítimas nacionales – Año 2014 | 115 |
| Tabla 85: Combustible usado por las naves marítimas internacionales – Año 2014 | 115 |
| Tabla 86: Resumen de combustible usados para navegación nacional e internacional – Año 2014 | 116 |
| Tabla 87: Factores de emisión empleados – Navegación Marítima y Fluvial..... | 116 |
| Tabla 88: Factores de emisión GEI para transporte marítimo y fluvial | 116 |
| Tabla 89: Densidades empleadas en Navegación marítima y fluvial..... | 117 |
| Tabla 90: VCN empleadas en Navegación marítima y fluvial | 117 |
| Tabla 91: Incertidumbre en Navegación marítima y fluvial | 118 |
| Tabla 92: Incertidumbre en los datos de nivel de actividad – Navegación marítima y fluvial | 119 |
| Tabla 93: Incertidumbre en los Factores de Emisión– Navegación marítima y fluvial..... | 120 |
| Tabla 94: Procedimientos específicos de control de calidad en Navegación marítima y fluvial | 121 |
| Tabla 95: Acciones de mejora para futuros RAGEI en navegación marítima | 124 |
| Tabla 96: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Transporte Todo Terreno | 127 |
| Tabla 97: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Transporte Todo Terreno | 128 |
| Tabla 98: Consumo de combustible en equipos móviles en aeropuertos - 2014..... | 128 |
| Tabla 99: Consumo de combustible de vehículos de transporte interno en el puerto del Callao - 2014 | 129 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------------------|--|
| APN | : Autoridad Portuaria Nacional |
| Bi GLP | : Vehículo que usa como combustible gasolina o gas licuado de petróleo |
| Bi GNV | : Vehículo que usa como combustible gasolina o gas natural vehicular |
| C | : información confidencial |
| CC | : Control de calidad |
| CH ₄ | : Metano |
| cm ³ | : Centímetro cúbico |
| CO ₂ | : Dióxido de carbono |
| CO ₂ eq | : Dióxido de carbono equivalente |
| DB5 | : Biodiesel 5 |
| DGAC | : Dirección General de Aeronáutica Civil |
| DGCF | : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles |
| DGTA | : Dirección General de Transporte Acuático |
| DGTT: | : Dirección General de Transporte Terrestre |
| Dual GLP | : Vehículo que usa como combustible simultáneamente diésel y gas licuado de petróleo |
| Dual GNV | : Vehículo que usa como combustible simultáneamente diésel y gas natural vehicular |
| FE | : Factor de emisión |
| g | : gramo |
| gal | : Galón líquido |
| GEI | : Gas de efecto invernadero |
| Gg | : Gigagramos |
| GL2006 | : Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero |
| GLP | : Gas licuado de petróleo |
| GNV | : Gas natural vehicular |
| IE | : incluido en otro lugar |
| IFO 180 | : Marine fuel 180 |
| IFO 380 | : Marine fuel 380 |
| INGEI | : Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero : <i>International Panel on Climate Change</i> (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático) |
| IPCC | : Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático |
| Kg | : Kilogramo |
| L | : Litro |
| m ³ | : Metros cúbicos |
| MB | : Miles de barriles |
| MTC | : Ministerio de Transportes y Comunicaciones |
| N ₂ O | : Óxido nitroso |
| NA | : no aplicable |
| NE | : no estimado |
| NO | : no ocurre |
| OBP2000 | : Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero |
| OGPP | : Oficina General de Planeamiento y Presupuesto |
| RAGEI | : Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero |
| T | : Tonelada |
| TJ | : Terajoule |
| TM | : Toneladas métricas |
| VCN | : Valor calórico neto |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde al Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero 2014 (RAGEI 2014) del sector de Energía - Combustión Móvil. Esto incluye:

- 1A3 Transporte
 - 1A3a Sub-categoría de Aviación civil
 - 1A3b Sub-categoría de Transporte terrestre
 - 1A3c Sub-categoría de Ferrocarriles
 - 1A3d Sub-categoría de Navegación marítima y fluvial
 - 1A3e Sub-categoría de Otro tipo de transporte
- 1A5 No especificado
 - 1A5b Sub-categoría de Móvil no especificada

Es importante mencionar que las emisiones de GEI generados por la quema de combustible (combustión móvil) en la Pesca se reporta en la categoría "Otros Sectores" (1A4), del Sector de Energía – Combustión Estacionaria. El RAGEI 2014 del sector de Energía - Combustión Móvil, que incluye además las actualizaciones de los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012, se elaboró siguiendo las orientaciones de la Guía N° 2: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Energía-Categoría Combustión Móvil (aprobado por RM N° 168-2016-MINAM). Las orientaciones metodológicas que emplea esta guía se basan en las GL2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL2006) y la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (OBP2000). No se ha realizado la actualización del INGEI 1994 debido a la falta de información del nivel de actividad, por lo que se evaluará la factibilidad de su actualización en el corto plazo.

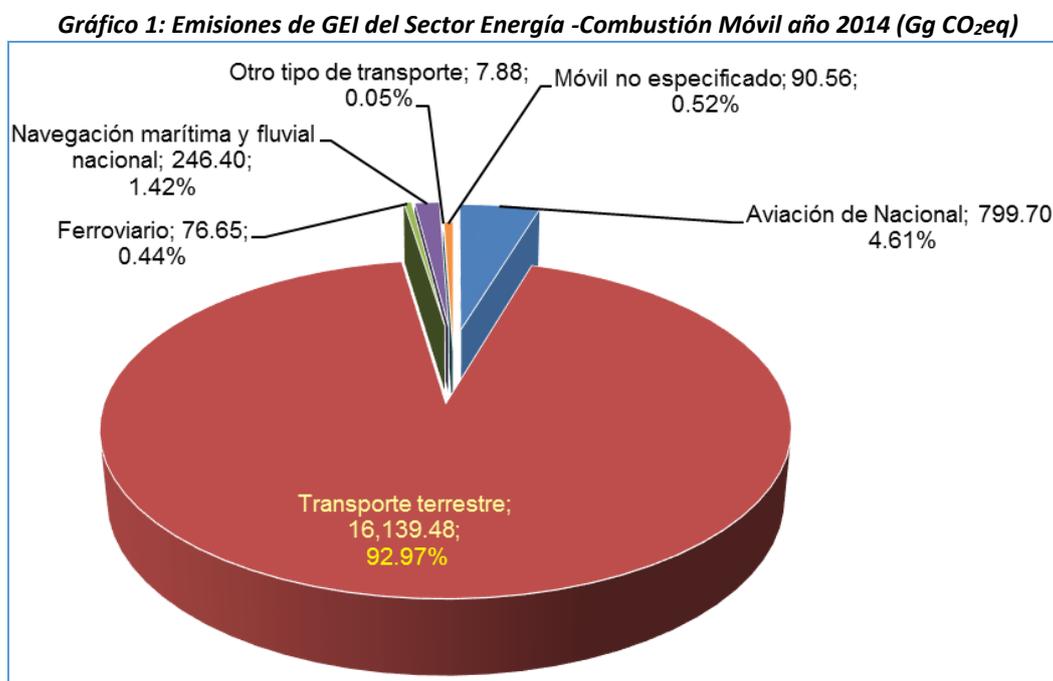
La elaboración del RAGEI del sector Energía - Combustión Móvil, ha sido conducida por la Dirección General de Asuntos Socio Ambientales (DGASA) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), en coordinación con la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF), Dirección General de Transporte Terrestre (DGTT), Dirección General de Transporte Acuático (DGTA) y la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto (OGPP).

Sobre la base de las recomendaciones sugeridas por *International Consultation and Analysis (ICA)* en el Primer Informe Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés), se han desarrollado mejoras en los cálculos para las siguientes subcategorías:

- En Aviación Civil, se ha incluido la estimación de emisiones de GEI generadas por la quema de combustible en la aviación internacional a partir de la información proporcionada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). Esta mejora permite aumentar el nivel de exhaustividad de los cálculos y cumplir con los procedimientos metodológicos establecidos en las GL2006.
- En Ferrocarriles, se ha estimado las emisiones de GEI a partir del consumo de combustible reportada por las empresas ferroviarias (5 de las 6 empresas). Esta mejora permite aumentar el nivel de exactitud de los cálculos y cumplir con los procedimientos metodológicos establecidos en las GL2006.
- Se ha incluido una estimación referencial de las emisiones de GEI que se presume corresponden a aviación militar.

En el 2014, las emisiones de GEI generadas por el sector Energía – Combustión Móvil fueron 17,360.67 Gigagramos de dióxido de carbono equivalente (Gg CO₂eq). La principal fuente de emisión es la subcategoría de Transporte Terrestre con 16,139.48 Gg CO₂eq, que representa el 93% de las emisiones del sector.

La distribución de las emisiones de GEI por subcategoría se muestra en el siguiente gráfico:



Fuente: DGASA - MTC

La segunda subcategoría con mayor emisión de GEI reportada es Aviación civil¹ con 799.7 Gg CO₂eq, que representa el 4.6% del sector.

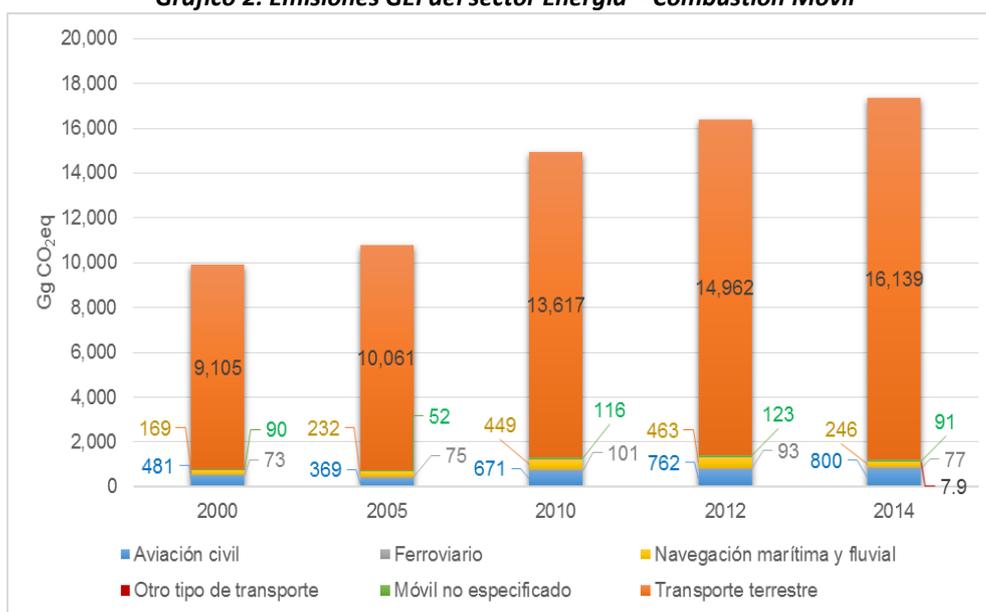
Las dos subcategorías descritas previamente representan alrededor del 97.6% de las emisiones de GEI del sector.

Las subcategorías con menor contribución de emisiones de GEI en el sector son la navegación marítima y fluvial con 246.4 Gg CO₂eq (1.42%), ferrocarriles con 76.65 Gg CO₂eq (0.44%), móvil no especificado con 90.56 Gg CO₂eq (0.5%) y otro tipo de transporte con 7.88 Gg CO₂eq (0.05%). Estas subcategorías representan menos del 2.4% de las emisiones de GEI del sector.

Debido a la revisión exhaustiva de la GL2006 y a la disponibilidad de información detallada (principalmente el consumo de combustible) para el año 2014 y años anteriores se procedió a homologar y actualizar, respecto al RAGEI 2014, los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012. Los resultados se muestran a continuación:

¹ Corresponde a las emisiones de aviación nacional o cabojate como se denomina en las GL2006. Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía
Categoría: Combustión Móvil

Gráfico 2: Emisiones GEI del sector Energía – Combustión Móvil



Fuente: DGASA - MTC

Del gráfico 2, se puede observar que del año 2000 al 2014, las emisiones del sector mantienen una tendencia creciente, debido principalmente al aumento de medios de transporte a nivel nacional (parque terrestre, ferrocarril, naval y aéreo). Las estadísticas del OGGP del MTC, indican que en el año 2000 circulaban 1,164 unidades, y para el año 2014 aumentaron en un 105% aproximadamente (2,2425 unidades). Este aumento de unidades de transporte, se refleja en las emisiones del año 2014, que aumentaron en un 75% respecto al año 2000.

Finalmente, durante el proceso de elaboración del RAGEI 2014 y actualización de los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 se han identificado acciones que aportarían a mejorar las estimaciones de emisiones de GEI de los futuros RAGEI del sector.

1. INTRODUCCIÓN

El Perú, en cumplimiento de los compromisos como país y como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), ha elaborado y reportado sus Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), a través de los siguientes documentos oficiales:

- ✓ INGEI 1994, reportado en la Primera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático (21 Agosto 2001).
- ✓ INGEI 2000, reportado en la Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático (28 Septiembre 2010).
- ✓ INGEI 2010, reportado en el Primer Informe Bienal de Actualización (30 Diciembre 2014)
- ✓ INGEI 2012, reportado en la Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático (23 Abril 2016).

En el marco del INFOCARBONO, el Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC) es la entidad competente a cargo de la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) del sector Energía – Combustión Móvil. A nivel sectorial, el RAGEI es un instrumento que genera información de base para: i) identificar las principales fuentes de emisión de GEI, ii) plantear medidas de mitigación que puedan contribuir con la meta sectorial, iii) mejorar los procesos de gestión de la calidad de la información sectorial, entre otros.

El RAGEI del sector Energía – Combustión Móvil contiene la estimación de emisiones de GEI para el año 2014 y las actualizaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012. No se ha realizado la actualización del INGEI 1994 debido a la falta de información del nivel de actividad, por tanto, se evaluará la factibilidad de su actualización en el corto plazo.

El RAGEI ha sido elaborado siguiendo las orientaciones de la Guía N° 2: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Energía. Categoría Combustión Móvil (aprobado mediante R.M. N° 168-2016-MINAM). Las orientaciones metodológicas que emplea esta guía se basan en las GL2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GL2006) y la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (OBP2000).

El RAGEI cuenta con los siguientes capítulos:

- Resumen Ejecutivo del RAGEI 2014, donde se presenta el resumen de los resultados de las emisiones de GEI en el sector de Energía - Combustión Móvil.
- Metodología, donde se presenta la metodología empleada para la estimación de emisiones de GEI, análisis de incertidumbre, procedimientos de garantía de calidad/control de calidad, así como una breve descripción de las mejoras implementadas en las estimaciones y el proceso de elaboración del RAGEI.
- Resultado Sectorial, donde se presenta los resultados de emisiones de GEI generados por la combustión móvil para el año 2014.
- Resultados por sub-categoría, donde se presenta los resultados de las emisiones de GEI generados por la combustión móvil por tipo de modo de transporte, aviación, transporte terrestre, ferrocarriles, navegación marítima y fluvial, y otro tipo de transporte. También, se presenta información referencial de las emisiones de GEI que se presume corresponden a la aviación militar.

2. METODOLOGÍA

2.1 Mejoras implementadas y acciones pendientes

Sobre la base de las recomendaciones sugeridas por *International Consultation and Analysis (ICA)* en el Primer Informe Bienal de Actualización (BUR por sus siglas en inglés), la revisión exhaustiva de las GL2006 e iniciativas propias del sector (disponibilidad de información con mayor detalle); se han desarrollado mejoras en el cálculo del RAGEI 2014 y se han actualizado los INGEI 2005, 2010 y 2012.

En el caso del sector Energía – Combustión Móvil, las mejoras identificadas e implementadas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Acciones de mejora implementadas en el RAGEI 2014 en base a la revisión del sector

| N° | Descripción de la acción de mejora | Sub-Categoría / fuente involucrada | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq, coherencia temporal u otros atributos del RAGEI |
|----|--|------------------------------------|---|
| 01 | <ul style="list-style-type: none"> Uso de la cantidad de vehículos registrados del año o más cercano que corresponde al cálculo del RAGEI e INGEI. Para todos los INGEI anteriores se empleaba el registro de vehículos del año 2011. | Transporte Terrestre (1A3b) | <ul style="list-style-type: none"> Reduce el margen de error e incertidumbre de los cálculos permitiendo mejorar la exactitud del RAGEI e Inventarios anteriores. Para el caso del RAGEI 2014, INGEI 2012 y 2010 se utiliza la cantidad de vehículos registrados del año correspondiente. Para el caso del INGEI 2005 e INGEI 2000 se utiliza la cantidad de vehículos registrados del año 2007 (información disponible y valor más cercano al año del cálculo). |
| 02 | <ul style="list-style-type: none"> Uso de información de la demanda nacional de combustibles de establecimientos de venta al público sin incluir la demanda de los grifos flotantes (correspondientes a navegación fluvial que ha sido incluido en el subsector Navegación Marítima y Fluvial). En los INGEI anteriores se utilizaba la información agregada. | Transporte Terrestre (1A3b) | <ul style="list-style-type: none"> Mejora la exactitud del cálculo. Esta mejora se ha aplicado al RAGEI 2014, INGEI 2005, 2010 y 2012 toda vez que se cuenta con información para tal fin. El INGEI 2000 no ha sido actualizado ya que OSINERGMIN solo tiene registro de información a partir del 2005. |
| | <ul style="list-style-type: none"> Uso del factor de emisión nacional del gas natural | Transporte Terrestre (1A3b) | <ul style="list-style-type: none"> Mejora la exactitud del cálculo. Esta mejora se ha aplicado al RAGEI 2014, INGEI 2000, INGEI 2005, INGEI 2010 y INGEI 2012. |
| 03 | <ul style="list-style-type: none"> Aplicación del método del nivel 3 (específicamente nivel 3A) para estimar el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. En los inventarios anteriores si bien se aplicó el nivel 3 para la estimación de consumo de combustible, para la estimación de emisiones de CO₂ se aplicó el nivel 1. | Aviación civil (1A3a) | <ul style="list-style-type: none"> Mejora en la exactitud del cálculo, por ser un nivel superior. Esta mejora se aplica en los INGEI 2005, 2010 y 2012. El INGEI 2000 se actualizó aplicando la metodología de datos sustitutos (GL2006, vol1, p 5.10), que consiste en simular tendencias de las emisiones, empleando información del parque de aviación del año 2000 y las emisiones de los INGEI del 2005 y 2010. |

| N° | Descripción de la acción de mejora | Sub-Categoría / fuente involucrada | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq , coherencia temporal u otros atributos del RAGEI |
|----|---|--------------------------------------|---|
| 04 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ De seis empresas que hay a nivel nacional y que representan el 100% del transporte ferroviario, cinco reportaron su consumo de combustible al año 2014 (Southern Perú no envió información). | Ferrocarriles (1A3c) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se reduce la incertidumbre del nivel de actividad y aumenta la exactitud del cálculo. ▪ Esta mejora se aplica a los INGEI 2005, 2010 y 2012. ▪ El INGEI 2000 se actualizó aplicando la metodología de datos sustitutos (GL2006, vol1, p 5.10), que consiste en simular tendencias de las emisiones, empleando información del parque de ferrocarriles del año 2000 y las emisiones de los INGEI del 2005 y 2010 |
| 05 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se ha estimado el consumo de combustible de la empresa Southern Perú a partir de valores proporcionados por la GL2006 (Vol. 2, p.3.45), tales como consumo de combustible por día por locomotora. | Ferrocarriles (1A3c) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la exactitud de los cálculos. ▪ Esta mejora aplica a los INGEI 2005, 2010 y 2012. |
| 06 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de información de la demanda de combustibles de Grifos Flotantes. En los inventarios anteriores, esta información no estaba disponible. | Navegación marítima y fluvial (1A3d) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se mejora la exactitud del cálculo. ▪ Esta mejora se aplica a los INGEI 2005, 2010 y 2012. ▪ El INGEI 2000 se actualizó aplicando la metodología de datos sustitutos (GL2006, vol1, p 5.10), que consiste en simular tendencias de las emisiones, empleando información del parque de naves acuáticas del año 2000 y las emisiones de los INGEI 2005 y 2010 |
| 07 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de información de la demanda de combustibles que se presume corresponde a las fuerzas militares. Esta información será validada a profundidad para el siguiente periodo de reporte). | Móvil no especificado (1A5b) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la exhaustividad del cálculo al incorporar esta subcategoría. ▪ Esta mejora se aplicó en los INGEI 2005, 2010 y 2012 ▪ Para el INGEI 2000 se estimó las emisiones GEI a través de extrapolación de tendencias, (GL2006, vol1, p 5.12), que consiste en extrapolar, empleando información de las emisiones GEI de los años 2005, 2010, 2012 y 2010. |

Fuente: DGASA – MTC

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

| N° | Descripción de la acción de mejora | Sub-Categoría / fuente involucrada | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq, coherencia temporal u otros atributos del RAGEI |
|----|---|------------------------------------|--|
| 01 | <ul style="list-style-type: none"> El RAGEI, se está elaborando bajo la supervisión de la Dirección General de Asuntos Socio Ambientales (DGASA) del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), con soporte externo de un especialista y con la participación de las instituciones competentes que han brindado información. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Permite la elaboración de los RAGEI como un proceso continuo, asegurando la sostenibilidad y mejorando la calidad del RAGEI, además involucra a cada institución, según el D.S. N° 013-2014-MINAM, para el proceso de elaboración del RAGEI. |
| 02 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha fortalecido la coherencia temporal de los resultados del RAGEI 2014 y de los inventarios anteriores. En los inventarios anteriores, las actualizaciones no eran exhaustivas principalmente por la falta de información requerida para asegurar la consistencia histórica. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Facilita el análisis de la coherencia temporal y la justificación de la coherencia metodológica para las categorías de Combustión móvil. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012. |
| 03 | <ul style="list-style-type: none"> Se detalla las fuentes de información del nivel de actividad y de los factores de emisión en el informe y planilla de cálculo. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Mejora la transparencia de la información. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 04 | <ul style="list-style-type: none"> Se utiliza las tablas de los informes sectoriales anexadas a las GL2006. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Permite un mejor análisis para cada categoría y subcategoría del RAGEI. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 05 | <ul style="list-style-type: none"> Se describe/muestra con mayor detalle, tanto en el informe, como en la planilla de cálculo, la metodología aplicada para la estimación de emisiones de GEI de fuente del RAGEI. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Incrementa la transparencia de la información y metodología aplicada en el cálculo. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 06 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha reforzado los procedimientos y arreglos utilizados para recolectar y archivar la data para la preparación de RAGEI. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Mejora la transparencia de la información y exactitud, para la calidad del RAGEI. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 07 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha descrito los esfuerzos (acciones de mejoras aplicadas en el RAGEI y actualizaciones de los INGEI) para hacer de la elaboración de los RAGEI un proceso continuo. | Todas las sub-categorías. | <ul style="list-style-type: none"> Mejora la exactitud de la información, para la calidad del RAGEI. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 08 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha incluido información sobre el rol de cada institución involucrada en el proceso de elaboración del RAGEI. | Todas las sub-categorías | <ul style="list-style-type: none"> Mejora la gestión de información y así lograr una exactitud del nivel de actividad, optimizando la calidad del RAGEI. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |

| N° | Descripción de la acción de mejora | Sub-Categoría / fuente involucrada | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq, coherencia temporal u otros atributos del RAGEI |
|----|--|---|--|
| 09 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha descrito de forma detallada el nivel metodológico aplicado en cada sub-categoría y las metodologías aplicadas para la estimación de emisiones. | Todas las sub-categorías | <ul style="list-style-type: none"> Incrementa la transparencia del cálculo. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 10 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha identificado con mayor detalle las necesidades de fortalecimiento de capacidades para la elaboración del RAGEI. | Todas las sub-categorías | <ul style="list-style-type: none"> Genera un impacto positivo en todos los atributos del RAGEI. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |
| 11 | <ul style="list-style-type: none"> Se ha realizado el análisis de incertidumbre. | Todas las sub-categorías | <ul style="list-style-type: none"> Incrementa la transparencia de los cálculos. Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012. |
| 12 | <ul style="list-style-type: none"> No se incluye en el total nacional las emisiones procedentes de la aviación y navegación marítima internacional. Esta información se declara en el informe, pero de forma separada. En el INGEI 2012 y versiones anteriores las emisiones de navegación marítima internacional se incluía en el total nacional. Las emisiones de aviación internacional no se incluían porque no se tenía información para estimar las emisiones. | Aviación Civil y Navegación marítima y fluvial. | <ul style="list-style-type: none"> Se mejora la exactitud del cálculo, además permite presentar los resultados del RAGEI tal como lo indica la GL2006 Esta mejora aplica a los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 |

Fuente: DGASA - MTC

Adicionalmente, se han identificado acciones de mejora, para ser implementadas en futuros RAGEI, planificadas para corto y mediano plazo (1 y 5 años, respectivamente). Estas acciones se describen a continuación:

Tabla 3: Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del sector

| N° | Descripción de la acción de mejora propuesta | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la coherencia temporal u otros atributos del RAGEI | Nivel de avance en la implementación | Periodo de implementación |
|----|---|--|---|---------------------------|
| 01 | <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio para determinar la estructura de participación de los combustibles y tipo de tecnología de los motores de los vehículos circulantes, según tipo. En el caso de los vehículos Bi y Dual determinar la participación de los combustibles GNV y GLP. | Incrementar la exactitud y exhaustividad del cálculo de emisiones de la de la sub-categoría de Transporte terrestre . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su realización con las instituciones pertinentes. | Corto plazo. |

| Nº | Descripción de la acción de mejora propuesta | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la coherencia temporal u otros atributos del RAGEI | Nivel de avance en la implementación | Periodo de implementación |
|----|--|---|---|---------------------------|
| 02 | <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar con el MINEM (entidad competente) para obtener de forma continua, información sobre el consumo de combustible de la empresa ferroviaria Southern Perú. | Incrementar la exactitud y exhaustividad del cálculo de emisiones de la sub-categoría de Ferrocarriles . Southern Perú, representó el 18% del parque ferroviario en el año 2014. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones pertinentes. | Corto plazo. |
| 03 | <ul style="list-style-type: none"> • Validar la estimación de emisiones del INGEI 2000, específicamente de las subcategorías: aviación, ferrocarriles, navegación marítima y fluvial, todo terreno. | Mejorar la exactitud del cálculo de emisiones de las sub-categoría en mención. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones pertinentes. | Corto plazo |
| 04 | <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la factibilidad de actualización de la categoría Combustión móvil del INGEI 1994. | Mejorar la coherencia temporal. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones pertinentes. | Mediano plazo. |
| 05 | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que la DGAC defina e implemente una metodología de sistematización y control de calidad para estimar las distancias de origen-destino y los viajes aerocomerciales a nivel nacional por tipo de nave, que se aplique a toda la serie temporal. | Mejorar la comparabilidad y coherencia temporal de las emisiones de la sub-categoría de Aviación Civil (nacional) . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con la DGAC para su definición. | Corto plazo |
| 06 | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que la DGAC defina e implemente una metodología de sistematización y control de calidad para estimar las distancias de origen-destino y los viajes aerocomerciales a nivel internacional por tipo de nave. | Mejorar la exhaustividad y exactitud de las emisiones de la sub-categoría de Aviación Civil (internacional) . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con la DGAC para su definición. | Corto plazo |
| 07 | <ul style="list-style-type: none"> • Investigar y validar los consumidores finales del combustible TA1PV, que para fines de este RAGEI se presume corresponden al consumo de fuerzas militares. | Mejorar la exhaustividad y exactitud del cálculo de emisiones de subcategoría Móvil no especificada | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con OSINERGMIN y la DGAC para su gestión. | Corto plazo |

| Nº | Descripción de la acción de mejora propuesta | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la coherencia temporal u otros atributos del RAGEI | Nivel de avance en la implementación | Periodo de implementación |
|----|--|--|--|---------------------------|
| 08 | <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar con la Autoridad Portuaria Nacional (APN) para la incorporación de procedimientos de control de calidad durante la recopilación, procesamiento y sistematización de la información sobre consumo de combustible por tipo de embarcación. | Mejorar exhaustividad y exactitud de las emisiones de la sub-categoría de navegación marítima y fluvial . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con la APN para su definición. | Mediano plazo |
| 09 | <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar con DICAPI para obtener información que permita estimar el consumo de combustible de las embarcaciones no comerciales | Mejorar exhaustividad y exactitud de las emisiones de la sub-categoría de Navegación marítima y Fluvial . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas. | Mediano plazo |
| 10 | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis de las causas de reducción de consumo de combustible, que reportan las naves marítimas en los años 2005 y 2010. | Mejorar exhaustividad de las emisiones de la sub-categoría de Navegación marítima nacional . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con APN. | Corto plazo |
| 11 | <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar con APN para ordenar los tipos de embarcaciones registras por su representada, según la clasificación de las GL2006. | Mejora la transparencia del cálculo de emisiones la sub-categoría Navegación marítima . | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con APN. | Corto plazo |
| 12 | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis y/o estudio para determinar la participación vehicular agrícola, minera, etc. | Mejorar exhaustividad de las emisiones en la Categoría Otro tipo de transporte (todo terreno) | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas. | Mediano plazo |
| 13 | Analizar y validar que el consumo de combustible proporcionado por APN en los años 2011 al 2014 solo corresponde a puertos marítimos. De acuerdo al Artículo 2 y 8.9 de la Resolución de Acuerdo del Directorio N° 043-2010-APN/DIR las empresas que prestan servicio de abastecimiento de combustible en las zonas portuarias de los puertos marítimos, fluviales y lacustres de la República deben remitir a la APN un informe trimestral de las operaciones realizadas. | Evitar doble contabilidad en navegación fluvial y mejorar la exactitud de los cálculos. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con APN. | Corto plazo |

Fuente: DGASA – MTC

Tabla 4: Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI en base a la revisión del ICA

| No | Descripción de la acción de mejora propuesta | Impacto en la estimación de tCO ₂ eq de la serie temporal u otros atributos del RAGEI | Nivel de avance en la implementación | Periodo de implementación |
|----|---|---|--|---------------------------|
| 1 | Organización interna para que el personal, propio del MTC, se encargue de la elaboración del RAGEI, que incluye el informe y planilla de cálculo de emisiones, así como los procesos de control de calidad, gestión de calidad y articulación para la obtención de la información más apropiada. Se incluirán capacitaciones. | Aseguramiento del cálculo de las emisiones de GEI del sector y acceso a mayor información base. | Aún no se ha iniciado gestiones de implementación. | Corto plazo |
| 2 | Estimar las emisiones de gases indirectos (NO _x , CO, COVDM, SO ₂) | Incrementar la exhaustividad del cálculo de emisiones de todas las subcategorías. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con el MINAM aspectos metodológicos. | Corto plazo |
| 3 | Mejorar el análisis de incertidumbre para cada una de las sub-categorías, implementando un proceso de evaluación con apoyo de expertos en un proceso formal y sistematizado. | Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| 4 | Implementar todos los procedimientos de control de calidad sugeridos por IPCC para factores de emisión por defecto, factores de emisión nacionales y niveles de actividad a un nivel nacional. | Asegurar la mayor exactitud posible. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| 5 | Considerar las buenas prácticas del IPCC para asegurar que no exista doble contabilidad. | Mejorar la exactitud de los cálculos evitando una sobre estimación. | No se han iniciado gestiones de implementación | Corto plazo |

Fuente: DGASA –MTC

2.2 Metodología de cálculo aplicada

El RAGEI 2014 y las actualizaciones de los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012 han sido elaborados siguiendo las orientaciones de la Guía N° 2: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Sector Energía. Categoría: Combustión Móvil aprobada mediante Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM. Las orientaciones metodológicas que emplea esta Guía están en base a las GL2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (GL2006).

Bajo esta metodología, se han estimado las emisiones correspondientes a las subcategorías de Transporte: aviación civil, transporte terrestre, ferrocarriles, navegación marítima y fluvial, y otro tipo de transporte. Además, se incluye la fuente móvil (no especificado), para el componente de aviación. Las sub-

categorías de fuentes consideradas en las estimaciones de GEI se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5: Descripción de categorías en el Sector de Energía-Combustión Móvil considerados en el RAGEI 2014

| Codificación | Descripción | Categorización IPCC (GL2006) | GEI generados – directos e indirectos | GEI estimados en el RAGEI (2014) |
|--------------|---|------------------------------|--|---|
| 1 | Energía | Sector | | |
| 1A | Actividades de quema de combustibles | Categoría | | |
| 1A3 | Transporte | Categoría | | |
| 1A3a | Aviación civil | Sub-categoría | | |
| 1A3ai | Aviación internacional | Fuente | | |
| 1A3aii | Aviación nacional | Fuente | | |
| 1A3b | Transporte Terrestre | Sub-categoría | | |
| 1A3bi | Automóviles | Fuente | | |
| 1A3bi1 | Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales | Fuente | | |
| 1A3bi2 | Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales | Fuente | | |
| 1A3bii | Camiones para servicio ligero | Fuente | | |
| 1A3bii1 | Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales | Fuente | | |
| 1A3bii2 | Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales | Fuente | | |
| 1A3biii | Camiones para servicio pesado y autobuses | Fuente | | |
| 1A3biv | Motocicletas | Fuente | | |
| 1A3bv | Emisiones por evaporación procedentes de vehículos | Fuente | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂ | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O. |
| 1A3bvi | Catalizadores en base a urea | Fuente | | |
| 1A3c | Ferrocarriles | Sub-categoría | | |
| 1A3d | Navegación marítima y fluvial | Sub-categoría | | |
| 1A3di | Navegación marítima Internacional (Tanques de combustible internacional). | Fuente | | |
| 1A3dii | Navegación marítima y fluvial nacional | Fuente | | |
| 1A3e | Otro tipo de transporte | Sub-categoría | | |
| 1A3ei | Transportes por gaseoductos | Fuente | | |
| 1A3eii | Todo terreno | Fuente | | |
| 1A4 | Otros Sectores | Categoría | | |
| 1A4ciii | Pesca (combustión móvil) | Fuente | | |
| 1A5 | No especificado | Categoría | | |
| 1A5b | Móvil no especificado | Sub-categoría | | |
| 1A5bi | Móviles (componente de aviación) | Fuente | | |
| 1A5bii | Móviles (componente de navegación marítima y fluvial) | Fuente | | |
| 1A5biii | Móviles (otros) | Fuente | | |
| 1A5c | Operaciones multilaterales | Sub-categoría | | |

Fuente: DGASA – MTC. Adaptación en base a la GL2006, Vol. 1 – cap. 5, p. 8.12 – 8.15, cuadro 8.2

La estimación de los gases precursores emitidos por la quema de combustibles (NO_x, CO, COVDM y SO₂) es una acción que debe abordarse para los futuros RAGEI. Es importante recordar que estas estimaciones requieren nuevas hojas de cálculo, con procedimientos de EPA o EMEP CORINAIR y que necesita información adicional a la que se gestiona actualmente para la elaboración del RAGEI.

2.3 Análisis de incertidumbre

Se ha desarrollado un análisis de la incertidumbre de las fuentes de emisión de GEI de la categoría: Transporte (1A3) y No especificado (1A5), donde se incluyen todas las sub-categorías.

Para el análisis de la incertidumbre de los resultados de las emisiones de GEI de la Categoría de Combustión Móvil, se ha empleado el método del nivel 1 obtenido de la GL2006, Vol. 1, Capítulo 3. En base a dicho método se obtiene la incertidumbre por categorías individuales, además las tendencias entre un año de interés y el año base, el cual por indicaciones de MINAM es el 2010. Este método combina las incertidumbres tanto de los niveles de actividad como de los factores de emisión. El total de los datos de entrada y resultados de dicho análisis se presentan en el anexo 2.

Las GL2006 (Vol. 2, capítulo 3), contiene indicaciones que se deben tener en cuenta para seleccionar los valores de incertidumbre para cada una de las sub-categorías. Luego de realizar un análisis para cada una de estas (se presenta el detalle por sub-categoría en el capítulo 5), se ha llegado a la conclusión de que no se cuenta con valores de incertidumbre para los datos de nivel de actividad; por lo tanto, se ha optado por utilizar los valores por defecto que recomienda la GL2006:

Tabla 6: Valor de Incertidumbre en los datos de nivel de actividad

| Sub-categoría | | Valor por defecto de GL2006 | Fuente |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1A3a | Aviación civil | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| 1A3b | Transporte terrestre | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| 1A3c | Ferrocarriles | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.42 |
| 1A3d | Navegación marítima y fluvial | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| 1A3e | Otro tipo de transporte | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 |
| 1A5b | Móvil no especificado | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |

Fuente: DGASA – MTC

Respecto a la incertidumbre de los factores de emisión, se han utilizado también los recomendados por la GL2006 para los tres gases (CO₂, CH₄ y N₂O). Para el caso de valores de incertidumbre presentados en forma de rango (valor superior e inferior) se tomará el valor promedio:

Tabla 7: Datos de incertidumbre en los Factores de Emisión para Combustión Móvil

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión |
|----------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------|--------------|--|
| | | | Valor inferior | Valor superior | Valor a usar | |
| Aviación Civil | Gasolina para la aviación | CO ₂ | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Gasolina para la aviación | CH ₄ | -57% | 100% | 21.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | -57% | 100% | 21.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Gasolina para la aviación | N ₂ O | -70% | 150% | 40.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | -70% | 150% | 40.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| Transporte Terrestre | Gasolina para motores | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Diésel Oil | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gas natural | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | BI GNV | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Dual GLP | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Dual GNV | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------|------------------------|--|
| | | | Valor inferior | Valor superior | Valor a usar | |
| | BI GLP | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Diésel Oil | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Gas Natural | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | BI GNV | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Dual GLP | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Dual GNV | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | BI GLP | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Diésel Oil | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Gas Natural | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | BI GNV | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Dual GLP | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| | Dual GNV | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 |
| BI GLP | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| Ferrocarriles | Diésel Oil S-50 | CO ₂ | -2.0% | 0.9% | 0.54% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 |
| | Diésel Oil | CO ₂ | -2.0% | 0.9% | 0.54% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 |
| | Diésel Oil S-50 | CH ₄ | -59.8% | 150.6% | 45.4% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 |
| | Diésel Oil | CH ₄ | -59.8% | 150.6% | 45.4% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 |
| | Diésel Oil S-50 | N ₂ O | -50.0% | 200.0% | 75.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 |
| | Diésel Oil | N ₂ O | -50.0% | 200.0% | 75.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 |
| Navegación marítima y fluvial | Gasolina para motores | CO ₂ | | | 1.5% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Diésel Oil | CO ₂ | | | 1.5% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Fuelóleo residual | CO ₂ | | | 3% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | | | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Diésel Oil | CH ₄ | | | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Fuelóleo residual | CH ₄ | | | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | -40% | 140% | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| | Diésel Oil | N ₂ O | -40% | 140% | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 |
| Fuelóleo residual | N ₂ O | -40% | 140% | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| Otro tipo de transporte | Gasolina para motores | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Diésel Oil | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | 50% | 200% | 125.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Diésel Oil | CH ₄ | 50% | 200% | 125.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | 50% | 200% | 125.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | 33% | 300% | 166.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| | Diésel Oil | N ₂ O | 33% | 300% | 166.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 |
| Gas licuado de petróleo | N ₂ O | 33% | 300% | 166.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| Móvil no especificado | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | -57% | 100% | 21.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | -70% | 150% | 40.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 |

Fuente: DGASA – MTC. Adaptación en base de la GL2006 vol. 2.

En la tabla se presenta datos de incertidumbre para combustibles Dual y Bi, para ellos se utiliza una incertidumbre combinada para obtener un solo valor ya que corresponde a dos combustibles, esta se obtiene empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Incertidumbre combinada} = \sqrt{(U1^2 + U2^2)}$$

Donde:

U1 = Valor Inferior

U2 = Valor superior

Fuente: OB2003, p. 6.13, Ecuación 6.4

En el caso de la incertidumbre del factor de emisión de CO₂ del Gas Natural, que es calculado en base a información nacional, el MINEM considera el nivel de incertidumbre presentado por el IPCC. Para el presente RAGEI se considera la utilización de los mismos criterios y valores que el RAGEI del MINEM para asegurar consistencia.

El análisis de incertidumbre se detalla en mayor profundidad para cada una de las sub-categorías en el capítulo 4. En la siguiente tabla se resume el análisis de incertidumbre a nivel sectorial:

Tabla 8: Estimación de incertidumbre asociada a las actividades de Combustión Móvil del RAGEI

| Código de la categoría IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | Incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre combinada | Incertidumbre combinada cómo % del total de emisiones nacionales en el año t | Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales según fuente de emisión y GEI |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|--|---------------------------------------|-------------------------|--|---|
| | | | Datos de entrada | Datos de entrada | $\sqrt{E^2 + F^2}$ | $(G \cdot D) / \Sigma D$ | $\sqrt{K^2 + L^2}$ |
| | | | % | % | % | % | % |
| 1 | | | | | | | |
| | 1A | | | | | | |
| | 1A3-1A5 | | | | | | |
| | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 0.3574% | 0.4149% |
| | Gasolina para la aviación | CO ₂ | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 0.0021% | 0.0024% |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 0.4423% | 0.5949% |
| | Gasolina para motores | CO ₂ | 4.9% | 2.8% | 5.6% | 1.3944% | 1.9786% |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | 5.0% | 2.5% | 5.6% | 2.7455% | 4.0245% |
| | Gas Natural | CO ₂ | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 0.4342% | 0.5840% |
| | Dual GLP | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.0110% | 0.0128% |
| | Dual GNV | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.1528% | 0.1783% |
| | BI GLP | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.0307% | 0.0358% |
| | BI GNV | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.0492% | 0.0574% |
| | Diésel Oíl S-50 | CO ₂ | 5.0% | 0.5% | 5.0% | 0.0126% | 0.0205% |
| | Fuelóleo residual | CO ₂ | 5.0% | 3.0% | 5.8% | 0.0443% | 0.0624% |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 0.0002% | 0.0001% |
| | Gasolina para la aviación | CH ₄ | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 0.0000% | 0.0000% |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 0.0381% | 0.0123% |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | 5.0% | 33.3% | 33.7% | 0.0817% | 0.0198% |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | 5.0% | 31.8% | 32.2% | 0.0175% | 0.0044% |
| | Gas Natural | CH ₄ | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 0.0623% | 0.0201% |
| | Dual GLP | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.0003% | 0.0001% |
| | Dual GNV | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.0070% | 0.0016% |

| Código de la categoría IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | Incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre combinada | Incertidumbre combinada cómo % del total de emisiones nacionales en el año t | Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales según fuente de emisión y GEI |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------|--|---|
| | | | Datos de entrada | Datos de entrada | $\sqrt{E^2 + F^2}$ | $(G \cdot D) / \Sigma D$ | $\sqrt{K^2 + L^2}$ |
| | | | % | % | % | % | % |
| | BI GLP | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.0022% | 0.0005% |
| | BI GNV | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.0050% | 0.0012% |
| | Diésel Oíl S-50 | CH ₄ | 5.0% | 45.4% | 45.7% | 0.0001% | 0.0000% |
| | Fuelóleo residual | CH ₄ | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 0.0008% | 0.0001% |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | 5.0% | 40.0% | 40.3% | 0.0182% | 0.0037% |
| | Gasolina para la aviación | N ₂ O | 5.0% | 40.0% | 40.3% | 0.0001% | 0.0000% |
| | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | 5.0% | 66.7% | 66.9% | 0.0048% | 0.0006% |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | 4.9% | 61.1% | 61.3% | 0.2150% | 0.0283% |
| | Diésel Oíl | N ₂ O | 4.9% | 69.4% | 69.6% | 0.5689% | 0.0657% |
| | Gas Natural | N ₂ O | 5.0% | 66.7% | 66.9% | 0.0787% | 0.0097% |
| | Dual GLP | N ₂ O | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.0019% | 0.0002% |
| | Dual GNV | N ₂ O | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.0336% | 0.0029% |
| | BI GLP | N ₂ O | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.0037% | 0.0003% |
| | BI GNV | N ₂ O | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.0101% | 0.0009% |
| | Diésel Oíl S-50 | N ₂ O | 5.0% | 75.0% | 75.2% | 0.0225% | 0.0025% |
| | Fuelóleo residual | N ₂ O | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 0.0032% | 0.0005% |
| | Total | CO_{2eq} | | | | 3.2% | 4.6% |

Fuente: DGASA – MTC

La incertidumbre combinada como porcentaje del total de emisiones del sector en el año 2014 es de 3.2%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones sectoriales es de 4.6%.

Los valores resultan de la incertidumbre de los gases de CO₂, CH₄ y N₂O generados por la quema de combustibles en los medios de transporte. Los resultados obtenidos se consideran bajos, lo cual es importante porque indican que los resultados de emisiones de GEI por quema de combustibles (Combustión móvil) no se encuentran muy alejados de la realidad (valores con alta exactitud). Es importante recalcar que no se ha estimado el impacto en la reducción de la incertidumbre proveniente de contar con un del factor de emisión nacional del GN o evaluaciones de expertos que ayuden a precisar las incertidumbres más acordes a la realidad de los sondeos y datos nacionales.

2.4 Control de calidad

El proceso de control de calidad se ha realizado siguiendo las recomendaciones de las GL2006 a fin de mejorar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud del RAGEI. No obstante, es importante señalar que es necesario, como una buena práctica, la realización de una verificación (gestión de la calidad) por una tercera parte externa a quienes participaron en el proceso de elaboración del RAGEI.

A continuación, se presentan los procedimientos generales de control de calidad aplicados al RAGEI 2014.

Tabla 9: Procedimientos generales de control de calidad 2014

| Procedimiento GL2006 | Procedimientos realizados por MINAM | Procedimientos realizados por DGASA |
|---|---|--|
| 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. | Realizó verificación cruzada | 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. | Confirmó las referencias teniendo en cuenta el uso de la norma APA ² . | 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. | Realizó verificación cruzada | Se realizaron revisiones de datos aleatoriamente garantizando que estos han sido tomados correctamente. |
| Reproducir un conjunto de cálculos de emisiones y absorciones. | No se implementó. | Se reprodujeron una serie de cálculos de forma externa a los cálculos propios del RAGEI con fines comparativos y aseguramiento de cálculos realizados. |
| Utilizar un método de aproximación simple que arroje resultados similares a los cálculos originales y más complejo, para garantizar que no haya errores de entrada de los datos ni errores de cálculo. | No se implementó. | No se implementó. |
| Controlar que las unidades estén | Realizó control | Se revisó minuciosamente que las unidades |

² 2016. Normas APA. Recuperado de: www.normasapa.com

| Procedimiento GL2006 | Procedimientos realizados por MINAM | Procedimientos realizados por DGASA |
|---|--|---|
| identificadas correctamente en las planillas de cálculos. | aleatorio de unidades. | utilizadas figuren en la planilla de cálculo |
| Controlar que se mantengan las unidades correctamente desde el comienzo hasta el final de los cálculos. | Realizó control aleatorio de unidades. | Se revisó minuciosamente que las unidades utilizadas se apliquen consistentemente en la planilla de cálculo. Algunos errores fueron identificados en pleno proceso de cálculo obteniéndose resultados incoherentes. |
| Controlar que los factores de conversión sean correctos. | No se implementó. | Los factores de conversión respecto a las propiedades de los combustibles se trabajaron en base a los datos que fueron entregados por el MINEM (través de información recibida por Petroperú) y fueron trabajados minuciosamente. |
| Controlar que se usen correctamente los factores de ajuste temporal y espacial. | No se implementó. | Se verificó las metodologías empleadas para realizar las tendencias en la serie temporal para el año 2000. |
| Confirmar que los pasos correctos para el procesamiento de la información se encuentren bien representados en la base de datos. | Confirmó el procesamiento de la información | 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. |
| Confirmar que las relaciones de los datos se encuentren bien representadas en la base de datos. | No se implementó. | Se realizó la trazabilidad de los datos para de esta manera asegurar que los datos están bien representados. |
| Garantizar que los campos de datos estén bien identificados y contengan las especificaciones de diseño correctas. | No se implementó. | No se implementó. |
| Garantizar que se archive la documentación adecuada de la estructura y el funcionamiento de la base de datos y del modelo. | Garantizó el archivo de documentos en la plataforma web del INFOCARBONO. | Toda la documentación referida a datos utilizados directa o indirectamente (como insumo para la estimación requerida) ha sido debidamente archivada por la Dirección General de Asuntos Ambientales. |
| 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. | Comprobó la coherencia de los datos | 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 los mismos. |
| Controlar que los datos de emisiones y absorciones estén agregados correctamente de los niveles inferiores a los niveles superiores de generación de informes, al elaborar los resúmenes. | Verificó movimiento de los datos | Se ha asegurado que los resultados obtenidos por primera vez han agrupado de forma correcta hasta los resultados finales |
| Controlar que se transcriban correctamente los datos de emisiones y absorciones entre los diferentes productos intermedios. | Verificó movimiento de los datos | Se ha asegurado que los resultados obtenidos por primera vez han ido escalando de forma correcta hasta los resultados finales |
| Controlar que los antecedentes de quienes proporcionan el dictamen de expertos para las estimaciones de incertidumbres sean adecuados. | No se implementó. | No se implementó. |

| Procedimiento GL2006 | Procedimientos realizados por MINAM | Procedimientos realizados por DGASA |
|--|---|---|
| Comprobar que se registren los antecedentes, las hipótesis y los dictámenes de expertos. | No se implementó. | No se implementó. |
| Comprobar que las incertidumbres calculadas estén completas y hayan sido calculadas correctamente. | Revisó el proceso de cálculo de la incertidumbre | Se verificaron los cálculos realizados a través de una revisión minuciosa a los cálculos realizados. |
| De ser necesario, duplicar los cálculos de incertidumbre de una muestra pequeña de las distribuciones de probabilidad usadas por los análisis de Monte Carlo (por ejemplo, mediante los cálculos de incertidumbre según el Método 1). | No se implementó. | No se implementó. |
| Controlar la coherencia temporal de los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. | Revisó la coherencia temporal | 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. | No se implementó. | 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. | No se implementó. | Se revisó minuciosamente que los resultados obtenidos con la metodología de nivel 3 para aviación, este correctamente realizada, además de verificar que los resultados sean cercanos a las versiones anteriores. |
| Controlar que los efectos de las actividades de mitigación queden reflejados correctamente en los cálculos de la serie temporal. | No se implementó. | No se implementó. |
| 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. | Aseguró que se declaran las emisiones para todas las categorías | 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 confirmó dicha cobertura | Se han considerado todas las fuentes de emisión de GEI, aunque no al nivel de detalle requerido. |
| Proporcionar una definición clara de «Otro» tipo de categorías. | No se implementó. | No se dio el caso |
| Controlar que se documenten los vacíos de datos conocidos que producen estimaciones incompletas, incluida una evaluación cualitativa de la importancia de la estimación respecto de las emisiones totales (p. ej., las subcategorías clasificadas como «sin estimar» | No se implementó. | No se implementó. |

| Procedimiento GL2006 | Procedimientos realizados por MINAM | Procedimientos realizados por DGASA |
|--|--|--|
| 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. |
| Controlar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones agregadas divididas por los datos de la actividad) en la serie temporal. - ¿Algún año presenta valores erráticos no explicados? - Si se mantienen estáticos en toda la serie temporal, ¿están capturándose los cambios en las emisiones o absorciones? | No se implementó. | No se implementó. |
| Verificar si se advierten tendencias inusuales e inexplicadas para los datos de la actividad u otros parámetros en la serie temporal. | No se implementó. | 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. | Aseguramiento de uso de formatos comparables y trazabilidad de la información. | Se dispone de todas las referencias a la información utilizada en el RAGEI trabajado. |
| Comprobar que los datos del inventario, los datos de respaldo y los registros del inventario se archiven y guarden para facilitar la revisión detallada. | Comprobó el archivo de datos | 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. | Se realizó dicho control | 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. |
| Controlar la integridad de los arreglos para el archivo de datos de los organismos externos participantes en la elaboración del inventario. | No se implementó. | No se implementó. |

Fuente: Elaborado en base a GL2006, vol. 1, p. 6.10

Adicionalmente se han considerado los siguientes procedimientos de control de calidad:

Tabla 10: Procedimientos generales de control de calidad adicionales aplicados para el RAGEI 2014

| Procedimiento IPCC | Procedimientos realizados por MTC |
|---|--|
| Control de calidad de los factores de emisión por defecto | |
| Al utilizar factores de emisión por defecto del IPCC, es una buena práctica evaluar la aplicabilidad de estos factores a las circunstancias nacionales. Esta evaluación puede incluir el examen de las condiciones nacionales comparadas con el contexto de los estudios sobre los cuales se basaron los factores de emisión por defecto del IPCC. Si no hay información, esto debe ser considerado en el análisis e incertidumbre. | No se desarrolló esta acción |
| Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad respecto de las fuentes reales del país (aplica, aunque solo estén disponibles datos para un pequeño porcentaje de sitios o plantas). | No se disponen de factores de emisión de plantas productoras por lo que no se pudieron realizar comparaciones a ese nivel. |
| 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 ha sido elaborado por el MINEM. |
| Para uso de datos secundarios, tratar de determinar si las actividades de CC realizadas durante la elaboración original de los datos son coherentes con los procedimientos de CC y si se identificaron y documentaron las limitaciones de los datos secundarios. | No aplica |
| Analizar si los datos fueron sometidos a la revisión de los pares y registrar el alcance de dicha revisión. | No aplica |
| Investigar la existencia de posibles conflictos de interés. | No aplica |
| Comparar los factores específicos del país con los factores de emisión por defecto del IPCC pertinentes. Las diferencias sustanciales deben explicarse o determinar si es un problema de calidad de la información. | No aplica |
| Comparaciones de factores de emisión entre países (comparables), las cuales puede combinarse con tendencias históricas trazando, para diferentes países, el valor del año de referencia (p. ej. 1990), el valor del año más reciente y los valores mínimo y máximo. | No aplica |
| Comparar los factores de emisión por defecto del IPCC con factores del nivel del sitio o de la planta, para determinar su representatividad respecto de las fuentes reales del país (aplica aunque no estén disponibles para todos los sitios o plantas). | No aplica |

| Procedimiento IPCC | Procedimientos realizados por MTC |
|---|---|
| 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 balance de masa. |
| 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 sub-nacional 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 sub-nacional 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: DGASA – MTC en base a recomendaciones del IPCC

Los procedimientos mencionados en la tabla anterior, se han llevado a cabo para cada sub-categorías, que se presentan en el capítulo 4 para cada categoría en la sección de control de calidad.

2.5 Proceso de elaboración del RAGEI

2.5.1 Procedimientos y arreglos utilizados para recolectar la información de los niveles de actividad y los factores de emisión.

Para los factores de emisión utilizados para la elaboración del RAGEI 2014 y actualizaciones de los INGEI, se ha empleado valores que brindan por defecto las GL2006, volumen 2, capítulo 3.

Los niveles de actividad requeridos han sido obtenidos en la mayoría de información proporcionada por las instituciones involucradas a los medios de transporte en el Perú. Con estas instituciones se sostuvieron además reuniones para hacerles de conocimiento del proceso de elaboración continua de RAGEI en el marco del INFOCARBONO y hacerlos partícipes de los siguientes RAGEI.

A. Nivel interno (dentro del Ministerio)

Acciones y arreglos implementados para el presente RAGEI

De acuerdo al INFOCARBONO³, el MTC es el encargado de elaborar el RAGEI del sector Energía – Combustión Móvil. Tratándose de una etapa inicial de la implementación del INFOCARBONO, se contó con el apoyo técnico del Ministerio del Ambiente a través de un consultor que apoyo en el proceso de fortalecimiento de capacidades y elaboración de los RAGEI.

Durante el proceso de elaboración del presente RAGEI, no se implementaron arreglos institucionales internos oficiales, pero si se realizaron reuniones con las direcciones del MTC, de esta manera surgieron los siguientes aportes.

³ Según D.S. N° 013-2014-MINAM

- ✓ **Dirección General de Transporte Terrestre (DGTT):** Se detectó que en el parque vehicular registrado y en circulación, no se incluyen los vehículos para actividades agrícolas, mineras, etc. Esto se debe a que SUNARP solo registra vehículos de tránsito por vía terrestre. Por lo tanto, se solicitó a la DGTT que en coordinación con la OGPP, apoyen en la identificación del nivel de actividad de este tipo de vehículos; posteriormente indicaron que no contaban con esta información, queda pendiente como acción de mejora, **realizar un análisis y/o estudio para determinar la participación vehicular de este tipo de transporte.**
- ✓ **Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC):** En reunión con la DGAC, se consultó sobre el destino final de las ventas de turbo A1 efectuados directamente al consumidor, para lo cual no se tenía sustento, ni porcentaje de los consumidores directos (entre ellos fuerza militar aérea, patrullaje de helicópteros de la policía, helicópteros de rescate, etc.). Luego en coordinaciones con la DGAC y con la confirmación de OSINERGMIN, se identificó que la mayor parte de las ventas de combustibles de aviación, efectuados directamente de las plantas de venta al consumidor directo, son para consumo de la fuerza militar aérea. Se realizará las coordinaciones respectivas entre la DGAC y OSINERGMIN para afinar esta información.
- ✓ **Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF):** En reunión con la DGCF, quedó como compromiso que esta dirección del MTC, se haría cargo de solicitar el nivel de actividad de la empresa de ferrocarril: Tacna-Arica y Huancayo-Huancavelica.

Acuerdos de acciones y arreglos para siguientes RAGEI

Se conforme, para el próximo RAGEI, un equipo de trabajo que garantice la presencia de especialistas en las materias requeridas en este proceso, (especialistas en la elaboración de balances nacionales de energía - combustión móvil). El grupo técnico contará con un coordinador quien debe pertenecer a la DGASA y se encargará de dirigir y asegurar que el proceso se desarrolle de la mejor manera y en los tiempos establecidos.

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

Para la elaboración del presente RAGEI se han llevado a cabo reuniones de acompañamiento técnico con MINAM, como administrador del INFOCARBONO, en las cuáles se generaron las capacidades para la estimación de la incertidumbre y orientaciones para la elaboración del presente reporte.

La DGASA, solicitó información para el RAGEI 2014 a las instituciones relacionadas, la cual fue recopilada con el apoyo del especialista contratado por el MINAM para la elaboración del RAGEI; además, la información recopilada, se empleó para la elaboración del RAGEI 2014 y la actualización de los INGEI 2000, 2005, 2010 y 2012.

Adicionalmente, se realizaron reuniones con algunas instituciones que poseen información relevante de forma conjunta con el MTC. En estas se dio a conocer el INFOCARBONO: los beneficios para la entidad y para el Perú y fortalecer capacidades e intercambio de compromisos. Así tenemos por ejemplo la Autoridad Portuaria Nacional (APN).

- ✓ **Autoridad Portuaria Nacional:** Reporta el abastecimiento de combustible en las naves marítimas de los puertos del Perú. El reporte que APN presenta por tipo de nave; no coinciden con las mencionadas en las GL2006. Por lo tanto, APN se comprometió en buscar la similitud de nombres para cada tipo de nave marítima, para los próximos RAGEI.

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

Se ha creado una carpeta digital que contiene todos los archivos concernientes a la elaboración del RAGEI, esta carpeta se estructura y contiene lo siguiente:

Tabla 11: Sistema de archivo digital del RAGEI - 2014

| Carpeta | Contenido |
|-----------------------------|---|
| Niveles de actividad | Contiene la relación de documentos que poseen parte de la información requerida para la estimación de las emisiones nacionales de GEI del sector de Energía – Combustión Móvil. Además, incluye archivos extraídos de publicaciones con su respectivo vínculo web y correos electrónicos, u hojas escaneadas cuando dicha la información fue proveída por alguna institución específicamente. La información contenida en esta carpeta se encuentra subdividida según el sub-sector al cual pertenece: Aviación Civil, Transporte Terrestre, Ferrocarriles, Navegación Marítima y Fluvial y Móvil (componente de aviación). |
| Actas de Reunión | Esta contiene las actas de reunión escaneadas, realizadas con las direcciones del MTC y algunas instituciones. |
| Plantilla de cálculo | En esta carpeta se encuentra el archivo Excel con el que se estimaron las emisiones de GEI del sector energía. |
| Incertidumbre | Esta carpeta contiene el archivo Excel con el que se estimaron las incertidumbres asociadas al cálculo de las emisiones de GEI según cada tipo de fuente de emisión. |
| RAGEI | Contiene el informe propiamente. |
| Datos históricos | Aquí se ubican los archivos Excel que contienen las emisiones de GEI de los anteriores inventarios. Contiene archivos originales, sus actualizaciones, pero además hojas de resumen. |
| Otros materiales | En esta carpeta se ubican otros materiales que sirvieron de apoyo para la elaboración del RAGEI como documentos del IPCC, entre otros. |

Fuente: DGASA –MTC

La información de la tabla 11, es administrada por la DGASA.

2.5.3 Esfuerzos para hacer de la elaboración del RAGEI un proceso continuo.

El MTC, a través de la DGASA es la dirección que coordina la elaboración del RAGEI, quien estaría coordinando con las demás direcciones (DGAC, DGTT, DGCF y DGTA) para reportar las emisiones sectoriales anualmente.

Con la información recopilada y según la información que entregaron las instituciones, surgieron los siguientes roles, para la elaboración del RAGEI.

Tabla 12: Rol de las instituciones involucradas en la elaboración del RAGEI

| Entidad | Rol en la elaboración de RAGEI |
|---------|---|
| DGASA | <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar el INFOCARBONO en el MTC • Coordinar con otras direcciones del MTC e instituciones involucradas: la recolección de información requerida en la estimación de las emisiones comprendidas en el RAGEI; remitir información al MINAM; lograr acuerdos cuando se requiera con las instituciones involucradas para mejorar la recopilación de la información; absolver dudas del MINAM; realizar algunas acciones de CC del RAGEI (revisión, verificación de información, incertidumbre, etc.). • Archivar la data recibida y procesada para el RAGEI, así mismo, describir los procesos implementados para archivar la información. |

| Entidad | Rol en la elaboración de RAGEI |
|---|---|
| DGAC | <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de reportes de emisiones GEI en Aviación Civil. • Esta dirección es responsable de brindar la siguiente información: <ul style="list-style-type: none"> ○ Origen - destino de viajes aerocomerciales a nivel nacional (rutas) ○ Distancia origen-destino de los vuelos aerocomerciales. ○ Número de vuelos por tipo de aeronave comercial, para la subcategoría de "Aviación civil". • Brindar apoyo, en el CC del RAGEI, en especial en su sub-categoría, ya que es la única dirección dentro del MTC que cuenta con personal para elaborar sus emisiones en Aviación Civil. |
| DGTT | <ul style="list-style-type: none"> • Esta dirección, en coordinación con la OGPP e instituciones involucradas, es responsable de proporcionar informaciones estadísticas del parque vehicular del respectivo año. |
| DGCF | <ul style="list-style-type: none"> • Esta dirección es responsable de coordinar con las empresas de transporte ferroviario, de Tacna-Arica y Huancayo –Huancavelica, con la finalidad de confinar y recopilar los datos de actividad, requerido para la elaboración del RAGEI en la sub-categoría respectiva. |
| DGTA | <ul style="list-style-type: none"> • Esta dirección, es responsable de apoyar en la identificación de las instituciones involucradas al nivel de actividad de "Navegación marítima y fluvial". Esto implica el solicitar información estadística de parque naviero, fluvial y lacustre; así como estadísticas de carga y personas transportadas en un determinado año. |
| OSINERGMIN | <ul style="list-style-type: none"> • Esta entidad es responsable de proporcionar información sobre la demanda de combustibles a nivel nacional, para la sub-categoría de aviación, transporte terrestre y navegación fluvial. |
| INFOGAS | <ul style="list-style-type: none"> • Esta entidad es responsable de la entrega información sobre la venta total de GNV a nivel nacional. |
| OGPP | <ul style="list-style-type: none"> • Aporta con información estadística (parque ferroviario, terrestre, naviero y aéreo) en todos los sectores de transporte. Además, por contar de personal de estadística. |
| Empresas Ferroviarias <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ferrovías Central Andina S.A ✓ Ferrocarril Perurail S.A. ✓ Inca Rail | <ul style="list-style-type: none"> • Empresas ferroviarias que reportan información de combustible consumido en las locomotoras de sus ferrocarriles. Proporcionan información, sobre cantidad de locomotoras para cada año. |
| MINEM | <ul style="list-style-type: none"> • Es responsable de coordinar con Southern Perú, para lograr obtener el consumo de combustible de las locomotoras de esta empresa ferroviaria. |
| APN | <ul style="list-style-type: none"> • Proporciona información de cantidad de combustible que las empresas abastecen en los puertos del Perú a sus naves navieras a nivel nacional e internacional. |

Fuente: DGASA – MTC

3. RESULTADO SECTORIAL

3.1 Emisiones RAGEI 2014 – Energía (Combustión Móvil)

En el sector de Energía – Combustión Móvil se emitieron 17,360.67 Gigagramos de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) durante el año 2014. Las emisiones generadas por consumo de combustible en transporte internacionales (aviación y navegación internacional), se reportan por separado en este mismo capítulo.

Tabla 13: Emisiones nacionales de GEI por fuentes del sector Energía-Combustión Móvil. RAGEI 2014

| Código | Descripción | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | NOx | CO | COVDM | SO ₂ |
|------------|--|-----------------|-----------------|------------------|-----|----|-------|-----------------|
| | | (Gg) | | | | | | |
| 1 | ENERGÍA | | | | | | | |
| 1A | Actividades de quema de combustible | | | | | | | |
| 1A3 | Transporte | 16,895.81 | 6.07 | 0.80 | | | | |
| 1A3 a | Aviación civil | 792.48 | 0.01 | 0.02 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 aii | Aviación de Nacional | 792.48 | 0.01 | 0.02 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 b | Transporte terrestre | 15,783.40 | 6.03 | 0.74 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 bi | Automóviles | 5,799.38 | 4.39 | 0.23 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 bii | Camiones para servicio ligero | 5,092.17 | 0.71 | 0.26 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 biii | Camiones para servicio pesado y autobuses | 4,173.11 | 0.58 | 0.22 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 biv | Motocicletas | 718.75 | 0.35 | 0.03 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 c | Ferrocarriles | 68.39 | 0.001 | 0.03 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 d | Navegación marítima y fluvial | 243.80 | 0.02 | 0.01 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 dii | Navegación marítima y fluvial nacional | 243.80 | 0.02 | 0.01 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 e | Otro tipo de transporte | 7.74 | 0.00 | 0.00 | NE | NE | NE | NE |
| 1A3 eii | Todo terreno | 7.74 | 0.001 | 0.003 | NE | NE | NE | NE |
| 1A5 | No especificado | 89.77 | 0.001 | 0.003 | NE | NE | NE | NE |
| 1A5b | Móvil no especificado | 89.77 | 0.001 | 0.003 | NE | NE | NE | NE |
| 1A5bi | Móvil (componente de aviación) | 89.77 | 0.001 | 0.003 | NE | NE | NE | NE |

Fuente: MTC - DGASA

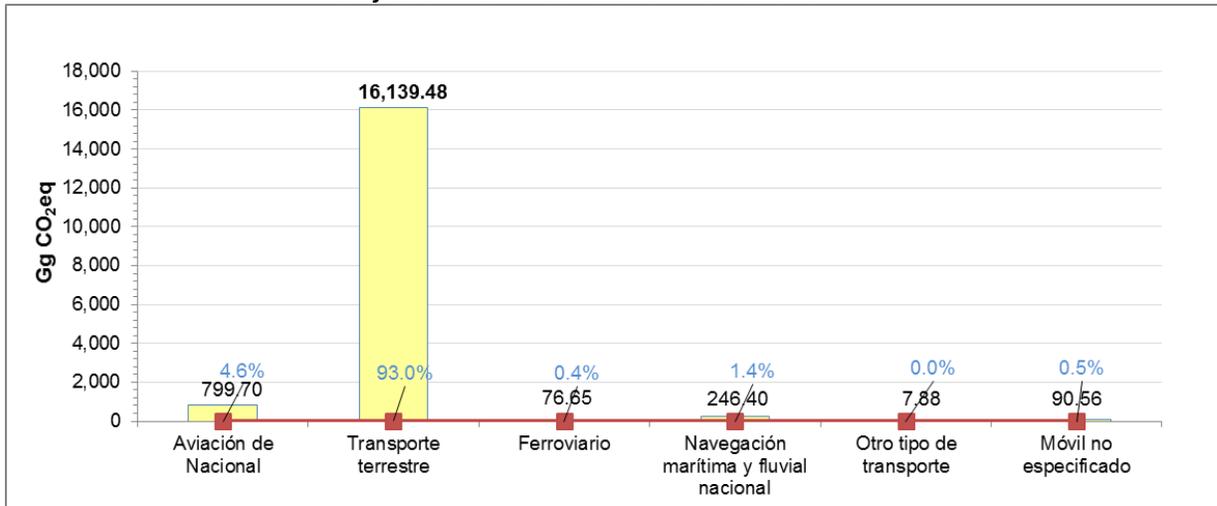
Las mayores emisiones GEI reportadas en este RAGEI, se presentan en la subcategoría Transporte Terrestre con 16,139.48 GgCO₂eq, que representa el 93% de las emisiones del sector. La segunda subcategoría con mayor emisión de GEI reportada es Aviación civil con 799.7GgCO₂eq, que representa el 4.6% del sector.

Las dos subcategorías descritas previamente representan alrededor del 97.6% de las emisiones de GEI del sector.

Las subcategorías con menor contribución de emisiones de GEI en el sector son Navegación marítima y fluvial con 246.4 GgCO₂eq (1.4%), Ferroviario con 103.38 GgCO₂eq (0.4%), Móvil no especificado con 90.56 GgCO₂eq (0.5%) y otro tipo de transporte con 7.88 GgCO₂eq (0.05%). Estas subcategorías representan menos del 2.4% de las emisiones de GEI del sector.

En la siguiente gráfica se presentan las emisiones de CO₂eq por cada sub-categoría:

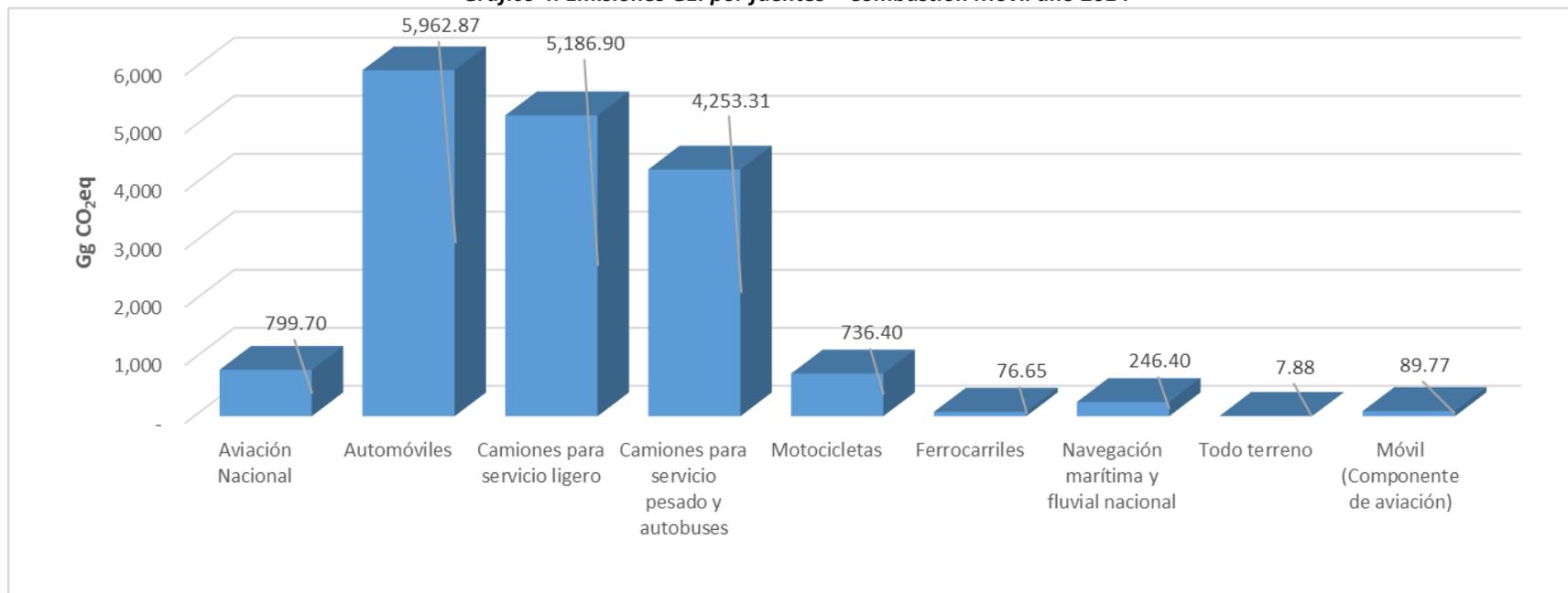
Gráfico 3: RAGEI – Combustión Móvil año 2014



Fuente: DGASA - MTC

De la gráfica 4, se ha realizado un análisis de las fuentes de Energía – Combustión Móvil, donde las tres fuentes que mayores emisiones emiten son: Automóviles (5,962.87 GgCO₂eq), Camiones para servicio ligero (5,186.9 GgCO₂eq), Camiones para servicio pesado y autobuses (4,253.31 GgCO₂eq) que suman el 88% del RAGEI en el sector.

Gráfico 4: Emisiones GEI por fuentes – Combustión Móvil año 2014



Fuente: DGASA - MTC

De los resultados del presente RAGEI es necesario precisar lo siguiente:

- a) En la actualidad no se dispone de información desagregada para Automóviles de pasajeros con/sin catalizadores tridireccionales (1A3bi1 – 1A3bi2) ni para Camiones para servicio ligero con/sin catalizadores tridireccionales (1A3bii1 – 1A3bii2).
- b) En la actualidad no se dispone de información para estimar las emisiones por evaporación procedentes de vehículos (1A3bv), vehículos todo terreno y otra maquinaria (1A4cii) procedente de los vehículos que realizan actividades de agricultura y minería.
- c) Las emisiones de GEI derivadas al transporte por tuberías (1A3ei) y pesca (Combustión móvil – 1A4ciii), no se consideran en este reporte dado que sus estimaciones le competen al MINEM según lo establecido en el INFOCARBONO y por ende llevarán la codificación IE: Incluidas en otro lugar.

Reporte de Emisiones GEI de Aviación Civil y Navegación Marítima Internacional

De acuerdo a las GL2006, las emisiones generadas por consumo de combustible en transporte internacionales (aviación y navegación internacional), se reportan por separado y excluida de los totales nacionales. Por lo tanto, a continuación, se detallan estas emisiones GEI.

Tabla 14: Emisiones GEI correspondientes a Aviación Civil y Navegación Marítima Internacional

| Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [GgCO ₂] | Metano [GgCH ₄] | Óxido nitroso [GgN ₂ O] | Emisiones GEI [GgCO ₂ eq] |
|--|---|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Transporte | 3,158.12 | 0.14 | 0.09 | 2,446.90 |
| Aviación civil | 1,691.30 | 0.01 | 0.05 | 1,706.21 |
| <i>Aviación internacional</i> | <i>1,691.30</i> | <i>0.01</i> | <i>0.05</i> | <i>1,706.21</i> |
| Navegación marítima y fluvial | 733.41 | 0.07 | 0.02 | 740.69 |
| <i>Transporte marítimo internacional</i> | <i>733.41</i> | <i>0.07</i> | <i>0.02</i> | <i>740.69</i> |

Fuente: DGASA – MTC

Reporte de Emisiones GEI de los Biocombustibles del RAGEI 2014

De acuerdo a las GL2006, las emisiones de los biocombustibles no deben ser considerados en los totales nacional, sino que deben reportarse como emisiones informativas. En este sentido, el volumen de estos ha sido excluidos según su participación en el porcentaje de mezcla que establece la norma peruana (5% biodiesel y 7.8% etanol). En las siguientes tablas se muestra los volúmenes de los combustibles sin biocombustibles.

En el 2014, las emisiones de los biocombustibles (Biodiesel y etanol) generados fueron de 13.91 Gg CO₂eq.

Tabla 15: Emisiones GEI de Biodiesel y Etanol en los biocombustibles

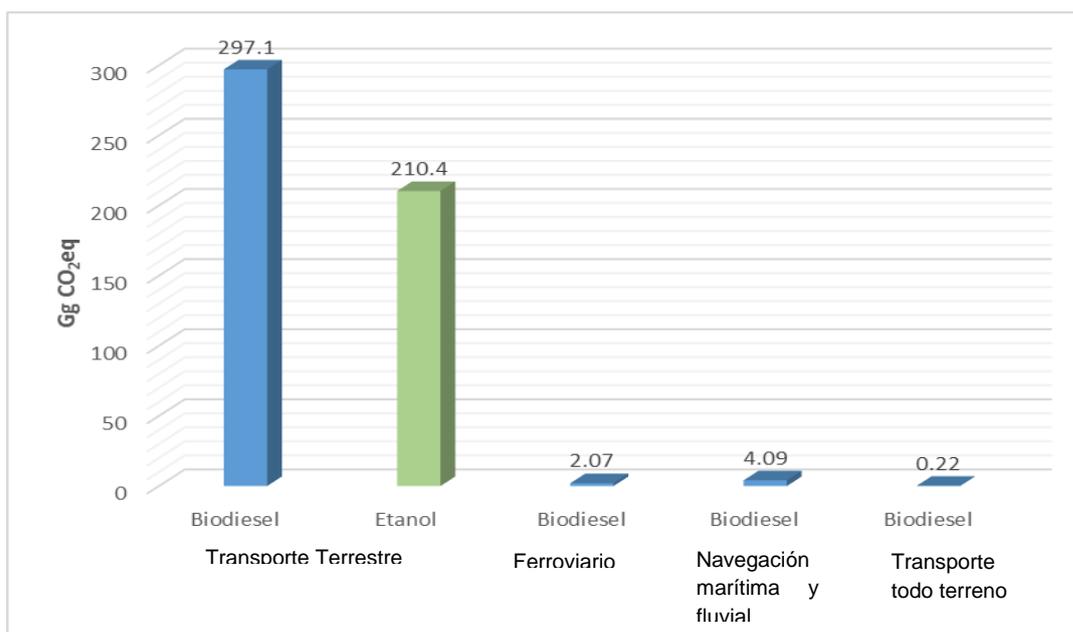
| Categorías de fuentes y sumideros | Dióxido de carbono [GgCO ₂] | Metano [tCH ₄] | Óxido nitroso [tN ₂ O] | Emisiones GEI [GgCO ₂ eq] |
|-----------------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Transporte | 481.43 | 528.13 | 69.02 | 513.91 |
| Aviación civil | NA | NA | NA | NA |
| Transporte terrestre | 474.97 | 527.81 | 68.96 | 507.44 |
| Ferrovial | 2.06 | 0.09 | 0.02 | 2.07 |
| Navegación marítima y fluvial | 4.17 | 0.18 | 0.04 | 4.19 |
| Transporte todo terreno | 0.22 | 0.06 | 0.00 | 0.22 |
| Móvil (componente de aviación) | NA | NA | NA | NA |

Fuente: DGASA – MTC

Las sub-categorías de Aviación Civil y Móvil (Componente de aviación), No aplica (NA), ya que el combustible utilizado en estas es solo Turbo A1 y Gasolina para aviación.

La sub-categoría de Transporte Terrestre es quien más emisiones de biomasa (etanol + biodiesel) reporta 507.44 Gg CO₂eq de las cuales son 297.08 Gg CO₂eq de biodiesel y 210.4 Gg CO₂eq de etanol; y la fuente que menores emisiones reporta de biomasa es transporte todo terreno (0.22 Gg CO₂eq biodiesel).

Gráfico 5: Emisiones de GEI por combustión de biomasa Combustión Móvil.



Fuente: DGASA – MTC

3.2 Descripción de la situación sectorial

A continuación, se realiza un breve análisis sectorial, principalmente de tres variables que influyen en el aumento de las emisiones GEI en esta categoría de Combustión Móvil: Crecimiento de parque de transporte, venta/consumo de combustibles e incremento del PBI.

Análisis de PBI

A nivel nacional la demanda del transporte (consumo de combustibles en el sector económico de transporte) continúa presentando una tendencia de crecimiento tal como se ha venido dando en los últimos años. Este crecimiento del PBI está asociado al crecimiento poblacional que genera un aumento en la demanda del transporte y por ende un aumento de combustible y que se relaciona directamente con el aumento de las emisiones de GEI.

Tabla 16: PBI Vs Emisiones GEI año 2000 al 2014

| Año | Emisiones GEI | | PBI ⁴ | |
|------|-----------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|
| | Gg CO ₂ eq | Δ% (Año actual – Año previo) | Millones S/. | Δ% (Año actual – Año previo) |
| 2000 | 9,918.42 | | 5,496 | |
| 2005 | 10,789.54 | 8.8% | 8,845 | 60.9% |
| 2010 | 14,953.83 | 38.6% | 11,982 | 35.5% |
| 2012 | 16,403.71 | 9.7% | 13,738 | 14.7% |
| 2014 | 17,360.68 | 5.8% | 14,915 | 8.6% |

Fuente: MTC, basado en el Anuario estadísticos 2010, 2012, 2013 y 2014

Realizando un análisis de la tabla 16, se observa que el PBI aumenta el 8.6%, mientras que las emisiones GEI incrementaron en 5.8% entre los años 2012 y 2014, presentándose para ambos caso una similitud de crecimiento.

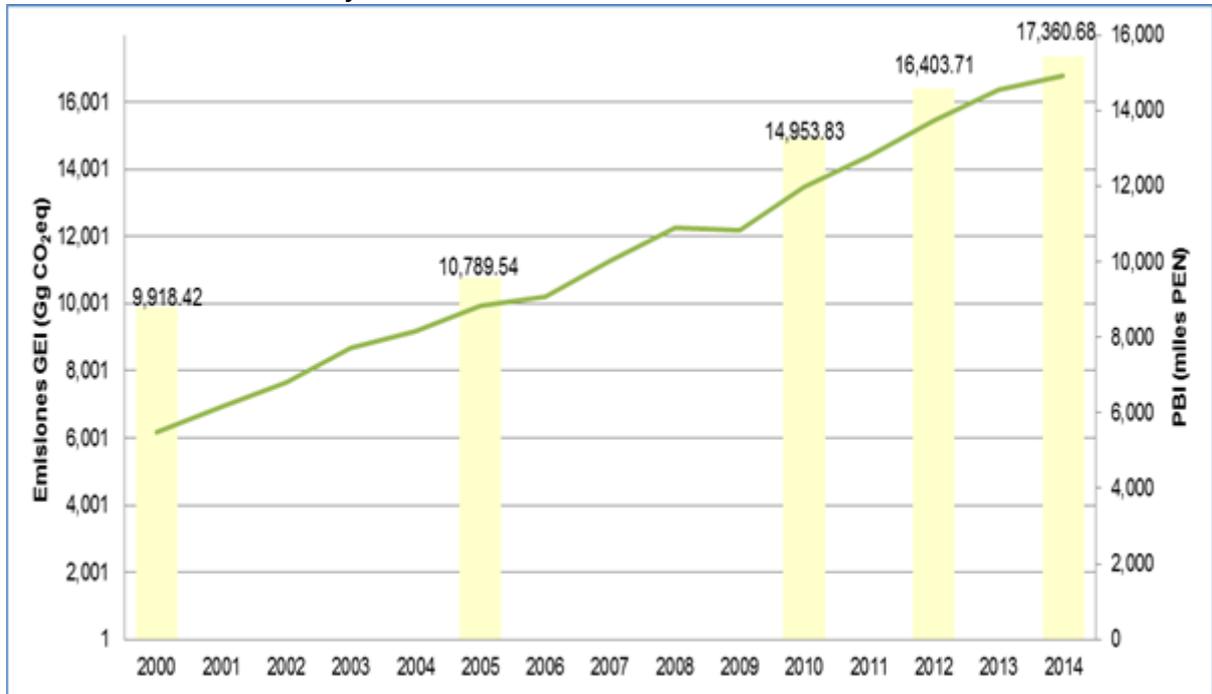
Siguiendo la tendencia para los últimos años de crecimiento del PBI en el sector de transporte (incremento del PBI del año 2014 al 2013), representa el 2.6%⁵. Esta tendencia está más relacionada con

⁴ Millones de nuevos soles a precios constantes de 1994.

⁵ MTC, Anuario Estadístico 2015, p. 22

el incremento anual de las emisiones GEI entre los años 2014 y 2012, siendo el 2.9% de incremento que se reporta en promedio por año. Así mismo para los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014; se observa un crecimiento proporcional entre las emisiones GEI y el PBI.

Gráfico 6: PBI Vs Emisiones GEI año 2000 al 2014



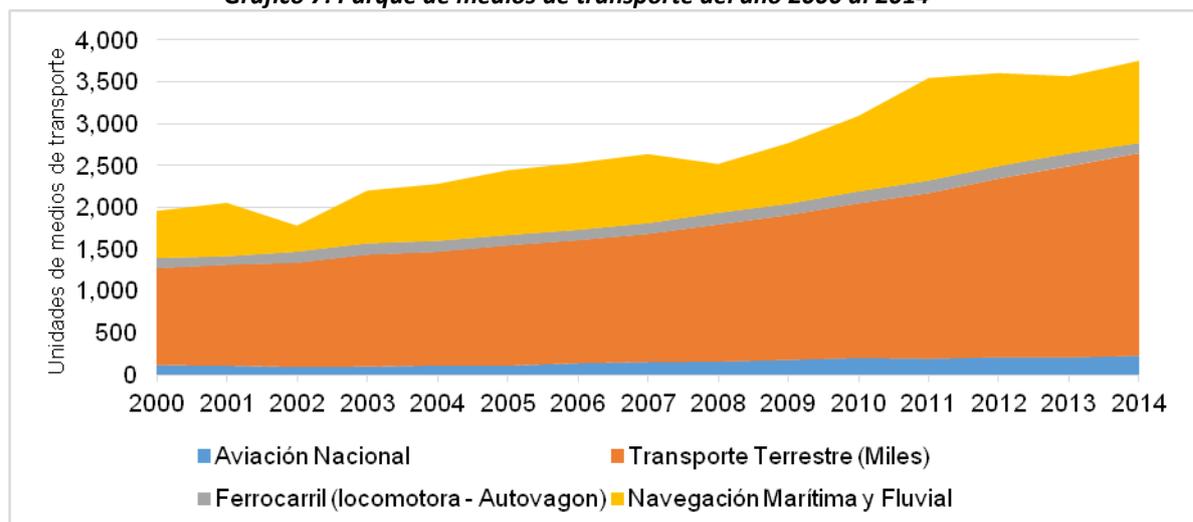
Fuente: DGASA – MTC

El PBI, no es el único que está asociado a las emisiones GEI del sector, también se tiene el parque de medios de transporte y el consumo de combustible de estos.

Análisis de Parque de medios de transporte

Realizando un análisis del parque vehicular, ferroviario, aéreo y marítimo y fluvial, tenemos que estos han venido creciendo en los últimos años, ocasionado principalmente por la demanda poblacional.

Gráfico 7: Parque de medios de transporte del año 2000 al 2014



Fuente: DGASA – MTC

Tal como se aprecia en la gráfica 7, el medio de transporte terrestre es quien presenta un mayor número de parque vehicular en todos los años; por ejemplo, para el año 2014 el transporte terrestre representa el 99% del total de todo el parque de medios de transportes a nivel nacional.

Realizando un análisis del parque vehicular del año 2014, los automóviles (40%), son de mayor participación, mientras que el menor número de parque vehicular son los remolcadores.

Tabla 17: Parque vehicular circulante del año 2014

| tipo de combustible | CLASE DE VEHICULOS CIRCULANTES ESTIMADO POR TIPO DE COMBUSTIBLE (número de vehículos) | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | automóvil | station wagon | camionetas | | | ómnibus | camión | remolcador | veh. aut. Men. |
| | | | pick up | rural | panel | | | | |
| DIESEL B5 | 2,055 | 28,232 | 239,052 | 70,059 | 14,989 | 66,777 | 199,708 | 39,134 | 84 |
| GLP | 29,733 | 487 | 472 | 1,078 | 1,035 | 91 | 0 | 0 | 74 |
| GNV | 1,191 | 243 | 0 | 0 | 0 | 10,568 | 489 | 303 | 6 |
| GASOHOL | 859,837 | 181,228 | 23,860 | 257,222 | 21,157 | 97 | 2,269 | 35 | 270,577 |
| DUAL GLP | 3,940 | 4,326 | 396 | 1,679 | 402 | 12 | 0 | 0 | 641 |
| DUAL GNV | 84,881 | 61,849 | 221 | 2,090 | 1,335 | 103 | 714 | 11 | 461 |
| BI GLP | 21,494 | 23,609 | 2,161 | 9,163 | 2,194 | 59 | 0 | 0 | 3,499 |
| BI GNV | 54,944 | 40,035 | 143 | 1,353 | 864 | 67 | 0 | 0 | 299 |
| Tipo de vehículo [%] | 40.0% | 12.9% | 10.1% | 13.0% | 1.6% | 2.9% | 7.7% | 1.5% | 10.4% |

Fuente: DGTT – MTC

Análisis de Consumo de combustible

Dentro de los medios de transporte en el Perú, el transporte terrestre es quien mayor consumo de combustible registra en todos los últimos cuatro años que se ha elaborado los INGEI.

Gráfico 8: Consumo de combustible (TJ) por tipo de medios de transporte

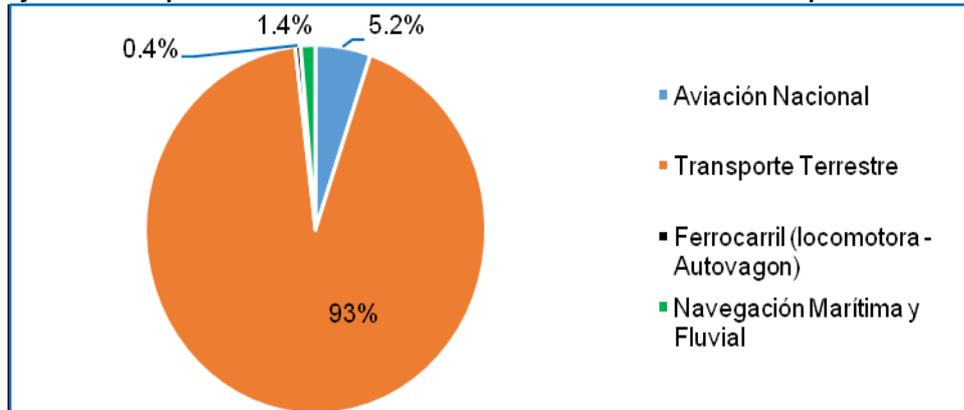


Fuente: DGASA – MTC

Cabe mencionar que en la Gráfica 8, no se ha incluido el consumo de combustible del año 2000, ya que no se cuenta con información disponible para todos los medios de transporte, solo se cuenta con información para transporte terrestre.

Para el año 2014, el transporte terrestre corresponde al 93% de consumo de combustible en el sector de Transporte, mientras que el transporte de Ferrocarriles es de menor participación de consumo de combustible con 0.4%.

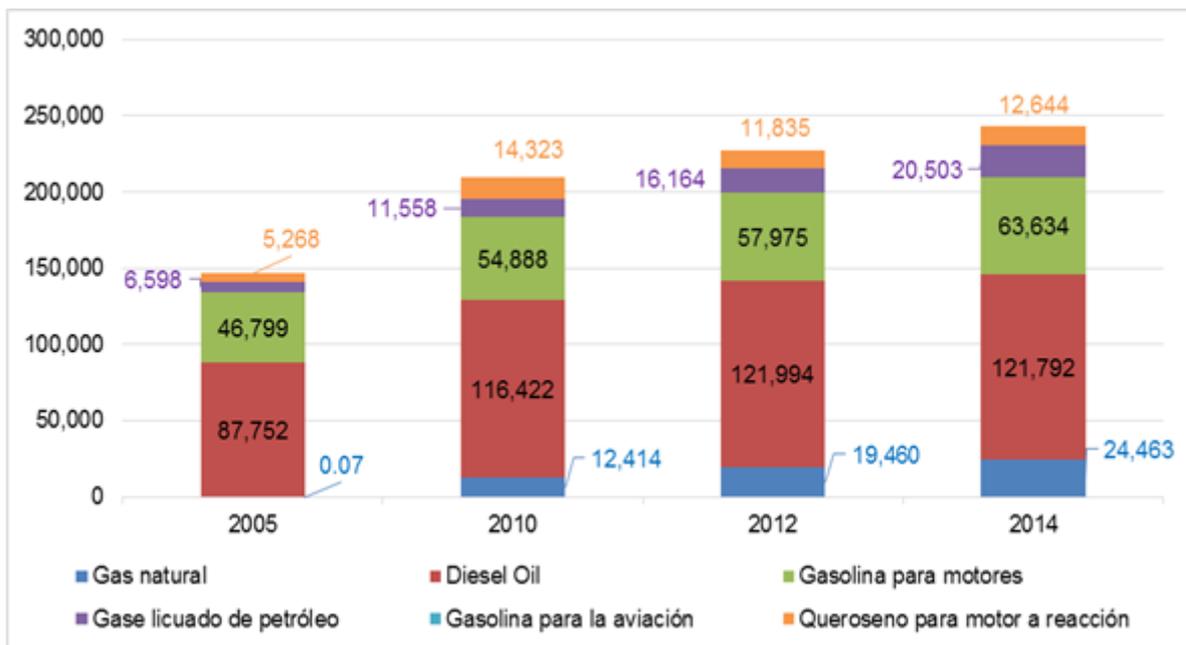
Gráfico 9: Participación de consumo de combustible en los medios de transporte – Año 2014



Fuente: DGASA – MTC

En los últimos cuatro años, el Diésel ha sido el combustible de mayor demanda, a pesar de venir disminuyendo, así tenemos para el año 2005 su participación fue 59.9%, para el año 2010 disminuyó levemente (55.5%), el año 2012 nuevamente disminuye (53.6%) y para el año 2014 continuó disminuyendo (50.1%).

Gráfico 10: Consumo de Combustible (TJ) por tipo de combustible



Fuente: DGASA – MTC

3.3 Análisis de los resultados

En el año 2014 las emisiones de GEI casi todas las fuentes resultaron mayores respecto a los inventarios anteriores, lo cual es lógico dada la creciente demanda de medios de transporte, tal como lo hemos descrito anteriormente en el subcapítulo 4.2. Sin embargo, hubieron pocas fuentes que fueron la excepción, estas son: Navegación marítima y fluvial (1A3d) y Móvil no especificado (1A5b), en ambos casos hubo una disminución de las emisiones respecto al reporte del año 2014 y 2005. También se aprecia una disminución en el transporte Ferrocarril (1A3c) en el año 2012 y Aviación Civil (1A3a) en el año 2005.

Tabla 18: Fuentes con emisiones de GEI inferiores a años anteriores

| Categorías de fuentes | RAGEI [GgCO ₂ eq] | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2012 | 2014 |
| 1A3a - Aviación civil | 481.21 | 369.50 | - | - | - |
| 1A3c – Ferrocarril | - | - | 101.01 | 93.05 | - |
| 1A3d - Navegación marítima y fluvial | - | - | - | 462.71 | 246.40 |
| 1A5b - Móvil no especificado | 89.69 | 51.64 | - | 123.27 | 90.56 |

Fuente: DGASA – MTC

En el caso de la disminución de emisiones del año 2005 con respecto al año 2000, de la sub-categoría: **Aviación Civil (1A3a)**, se debe a que en el año 2000 se reporta 56 naves, con respecto al año 2005 que reportan 43. En este caso para el año 2000, el parque aéreo es la fuente oficial de información que se tiene, para realizar la comparación de las emisiones y la estimación de las mismas.

Tabla 19: Parque aéreo para la sub-categoría de Aviación Civil

| Año | 2000 | 2005 |
|------------------------------|------|------|
| Parque de aviación -Nacional | 56 | 43 |

Fuente: DGASA – MTC

La reducción de las emisiones del año 2005 con respecto al año 2000, de la sub-categoría: **Móvil no especificado (1A5b)**, se debe a la proyección realizada de estos años, tomando valores de los años 2010, 2012 y 2014, siendo para el último año (2014) una reducción con respecto al anterior año (2012). Y la reducción de emisiones que se presentan en el año 2014 con respecto al año 2012, se debe al consumo de combustible, siendo menor para el año 2014 con respecto al año 2012.

Tabla 20: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Móvil no especificado

| Combustible | 2012 | 2014 |
|---------------------------------|----------|----------|
| Queroseno para motor a reacción | 1,708.98 | 1,255.47 |

Fuente: DGASA – MTC

La disminución de emisiones del año 2012 con respecto al año 2010, de la sub-categoría: **Ferrocarril (1A3c)**, se debe a la reducción de consumo de combustible para el año 2012, con respecto al año 2010.

Tabla 21: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Ferrocarril

| Combustible | 2010 | 2012 |
|-------------|----------|----------|
| Diésel Oíl | 1,216.21 | 1,120.41 |

Fuente: DGASA – MTC

En el caso de la reducción de emisiones del año 2014 con respecto al año 2012, de la sub-categoría: **Navegación Marítima y Fluvial (1A3d)**, se debe al menor consumo de Diésel y gasolina para motores (Gasohol), que se presenta para el año 2014, respecto al año 2012.

Tabla 22: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Navegación marítima y fluvial

| Combustible | 2012 | 2014 |
|-----------------------|----------|----------|
| Diésel Oíl | 4,438.32 | 1,780.43 |
| Gasolina para motores | 1,732.77 | 1,614.27 |
| Total | 6,117.09 | 3,394.7 |

Fuente: DGASA – MTC

3.4 Coherencia de la serie temporal

La serie temporal es un componente central del RAGEI, que suministra información sobre las tendencias históricas de las emisiones. Se ha realizado un análisis y se ha actualizado las versiones anteriores de los INGEI, teniendo en cuenta que las tendencias de emisiones no deben ser sobre ni subestimadas, en la medida en que pueda juzgarse, cumpliendo así uno de los principios de calidad del Reporte. La serie temporal, se ha estimado de forma coherente, lo que significa que -en la medida posible-, se ha calculado utilizando todos los años (a excepción del INGEI año 2000) con el mismo método y con las mismas fuentes de datos.

Durante el proceso de elaboración del RAGEI del año 2014 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 4.1) 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 2014, 2012, 2010 y 2005, gracias a la data nacional que se ha recopilado. **Para el INGEI del año 2000**, en todas las sub-categorías (a excepción de transporte terrestre, que cuenta con información de consumo de combustible, obtenida a través de un estudio realizado por PROCLIM para ese año), no se tiene datos nacionales, que nos permita la actualización del INGEI, ya que la información empleada en el INGEI 2000, corresponde a ratios que no son claramente justificados.

La GL2006, describe técnicas para combinar o “empalmar” métodos o conjuntos de datos diferentes para compensar los datos incompletos o faltantes en un Inventario/Reporte del GEI. A continuación, se describe los métodos empleados para la actualización del INGEI del año 2000:

Datos sustitutos⁶: Es un método que vincula emisiones con actividades subyacentes⁷ u otros datos indicativos. Se usan los cambios en estos datos para estimular la tendencia de las emisiones. La estimación se vincula a la fuente de datos estadísticos que explica mejor las variaciones de las sub-categorías a través del tiempo.

Ecuación 1: Estimaciones de tendencias de emisiones mediante parámetros sustitutos

Y = la estimación de emisiones en los años 0 y t

S = el parámetro estadístico sustituto en los años 0 y t

Fuente: GL2006, Vol. 1, p. 5.10

Las sub-categorías que han empleado esta metodología, son:

- **Aviación Civil:** Se requirió información del parque de naves de aviación para transporte nacional e internacional del año 2000 y las emisiones de GEI correspondiente a nivel nacional y a nivel internacional de los años 2005 y 2010.
- **Ferrocarril:** En esta sub-categoría, se requirió información del parque ferroviario del año 2000 y las emisiones de GEI correspondiente de los años 2005 y 2010.
- **Navegación marítima y fluvial nacional:** Se empleó información del parque nacional de naves de transporte marítimo y fluvial del año 2000 y las emisiones de GEI correspondiente a los años 2005 y 2010

Extrapolación de tendencias⁸: Cuando no se han preparado estimaciones detalladas para el año de base o para el año más reciente del reporte, puede ser necesario extrapolar a partir de las estimaciones más cercanas. Para actualizar el INGEI del año 2000, se requirió información de los inventarios actualizados del 2005, 20010, 2012 y 2014. Las sub-categorías donde se aplicó esta metodología, son:

⁶ GL2006, vol1., p. 5.12

⁷ Ejemplo: parque automotor, crecimiento económico de transporte, etc.

⁸ GL2006, vol1., p. 5.13
Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía

Categoría: Combustión Móvil

- Navegación marítima y fluvial internacional: A través de la información de las emisiones de los años 2005, 2010, 2012 y 2014, se genera una ecuación (de la gráfica de línea de tendencia), la cual se emplea para estimar las emisiones del año 2000.
- Todo Terreno: En esta sub-categoría se estima el consumo de combustible, también con esta metodología, a través de la ecuación (línea de tendencia) generada con la información de los años 2005, 2010, 2012 y 2014.
- Móvil (componente de aviación): Se estima las emisiones de CO₂eq con la ecuación (línea de tendencia) generada con la información de los INGEI del 2005, 2010, 2012 y 2014.

A continuación, se resume la serie temporal para el RAGEI 2014 y los INGEI: 2000, 2005, 2010 y 2012, aplicando una actualización para estos últimos INGEI.

Tabla 23: Serie temporal de emisiones originales y actualizadas de los RAGEI

| RAGEI [GgCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|
| Sub-Categoría / Fuente | 2000 | | | 2005 | | | 2010 | | | 20112 | | |
| | O | A | Δ % (A-O) | O | A | Δ % (A-O) | O | A | Δ % (A-O) | O | A | Δ % (A-O) |
| Energía - combustión móvil | 9,834.98 | 9,918.42 | ▲ 0.8% | 10,588.66 | 10,789.54 | ▲ 1.9% | 15,113.63 | 14,953.83 | ▼ -1.1% | 16,509.13 | 16,403.71 | ▼ -0.6% |
| Aviación civil | 429.88 | 481.21 | ▲ 12% | 311.84 | 369.50 | ▲ 18% | 683.05 | 670.55 | ▼ -2% | 731.26 | 762.24 | ▲ 4% |
| <i>Aviación de Nacional</i> | 429.88 | 481.21 | ▲ 11.9% | 311.84 | 369.50 | ▲ 18.5% | 683.05 | 670.55 | ▼ -1.8% | 731.26 | 762.24 | ▲ 4.2% |
| Transporte Terrestre | 9,205.39 | 9,105.25 | ▲ -1.1% | 9,857.92 | 10,061.31 | ▲ 2.1% | 13,941.46 | 13,616.59 | ▼ -2.3% | 15,263.48 | 14,962.27 | ▼ -2.0% |
| Ferrocarriles | 27.16 | 73.30 | ▲ 169.9% | 28.54 | 75.09 | ▲ 163.1% | 38.32 | 101.01 | ▲ 163.6% | 29.14 | 93.05 | ▲ 219.3% |
| Navegación marítima y fluvial | 172.54 | 168.79 | ▼ -2% | 390.36 | 231.86 | ▼ -41% | 450.66 | 449.42 | ▼ -0.3% | 485.10 | 462.71 | ▼ -5% |
| <i>Navegación marítima y fluvial nacional</i> | 172.54 | 168.79 | ▼ -2.18% | 390.36 | 231.86 | ▼ -40.60% | 450.66 | 449.42 | ▼ -0.27% | 485.10 | 462.71 | ▼ -4.62% |
| Otro tipo de Transporte | 0.00 | 0.18 | ▲ 100.0% | 0.00 | 0.14 | ▲ 100% | 0.15 | 0.15 | ▲ 0% | 0.16 | 0.17 | ▲ 7% |
| <i>Transporte todo terreno</i> | 0.00 | 0.18 | ▲ 100% | 0.00 | 0.14 | ▲ 100.0% | 0.15 | 0.15 | ▲ 0.1% | 0.16 | 0.17 | ▲ 6.9% |
| Móvil no especificado | 0.00 | 89.69 | ▲ 100% | 0.00 | 51.64 | ▲ 100% | 0.00 | 116.09 | ▲ 100% | 0.00 | 123.27 | ▲ 100% |
| <i>Móvil (componente de aviación)</i> | 0.00 | 89.69 | ▲ 100.0% | 0.00 | 51.64 | ▲ 100.0% | 0.00 | 116.09 | ▲ 100.0% | 0.00 | 123.27 | ▲ 100.0% |

O: original, A: actualizado

Fuente: DGASA – MTC

En la tabla 23, se presenta para cada año de inventario tres columnas: las dos primeras indican las emisiones Originales y Actualizadas; y la tercera columna presenta la variación porcentual (relación entre un valor original y el actualizado). La flecha verde (▲) indica un incremento de las emisiones entre el valor Actual y el Original, que la flecha en rojo (▼) indica una reducción en las emisiones calculadas. Así, por ejemplo, tenemos que en la sub-categoría de transporte terrestre, se aprecia un ▼ -1.1%, que indica una reducción entre el RAGEI actual y el original, en año 2000. En todos los años se produce un incremento de emisiones. Así tenemos que el INGEI 2000 actualizado incrementó su valor en ▲ 0.8%; el INGEI 2005 actualizado aumento ▲ 1.9%; el INGEI 2010 disminuyo ▼ 1.1% y para INGEI 20112 en ▼ 0.6%. El incremento de las emisiones calculadas en el año 2000 y 2005, se debe principalmente por la inclusión de las fuentes: Transporte todo terreno y Móvil (componente de aviación); así como a las mejoras en la información para el nivel de actividad de los Ferrocarriles. Mientras que la disminución de las emisiones en los años 2010 y 2012, se debe principalmente en las mejoras de data nacional en Transporte Terrestre y Navegación marítima y fluvial.

3.5 Análisis de Cambios en la serie temporal

A continuación, se presenta un análisis de la serie temporal, con las acciones de mejora para todos los años: 2014, 2012, 2010, 2005 y 2000.

Tabla 24: Análisis de la serie temporal

| Sub-Categoría | Descripción de la acción de mejora | 2000 | 2005 | 2010 | 2012 | 2014 |
|----------------------|---|--|------|--|------|------|
| Transporte Terrestre | <ul style="list-style-type: none"> Actualización de Dato Nacional: Vehículos registrados por tipo de combustible; que nos permite estimar la distribución de los vehículos según tipo vehículo y de combustible. <p>Antes: En los inventarios anteriores se empleaba información estadística de los vehículos registrados del año 2011.</p> <p>Ahora: para el RAGEI 2014, 2012 y 2010 se emplea información estadística correspondiente al año del respectivo inventario. Y para el RAGEI 2005 y 2000 se emplea la información del año 2007, siendo la más cercana y disponible.</p> | Han mejorado, por la disponibilidad de datos: Información estadística de los vehículos registrados del año 2007. | | Han mejorado, por la disponibilidad de datos: Para cada año se tiene la información estadística de los vehículos registrados. | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Actualización de Dato Nacional: Venta de combustibles; a nivel nacional de establecimientos de venta al público. <p>Antes: Se empleaba, para el cálculo, la venta de combustibles a nivel nacional de establecimientos de venta al público, sin tener conocimiento que en estos datos también se incluía la venta de combustibles en grifos flotantes (correspondientes a navegación fluvial).</p> <p>Ahora: Por lo tanto, como acción de mejora en este nivel de actividad se ha logrado desagregar la data correspondiente solo a transporte terrestre.</p> | NA (No Aplica) ya que: Se cuenta con data específica de consumo de combustible, obtenida a través de un estudio por PROCLIM. | | Han mejorado, por disponibilidad de datos: Para cada año se tiene la información de los establecimientos de venta al público, solo para transporte terrestre. | | |
| Aviación civil | <ul style="list-style-type: none"> Mejor aplicación de metodología en Aviación nacional. <p>Antes: Se estimaba el consumo de combustible con el método de nivel 3A y con el combustible estimado se estimaba las emisiones empleando el método de nivel 1.</p> <p>Ahora: Se ha empleado la metodología del nivel 3A⁹ para estimar tanto el consumo de combustible como las emisiones de CO₂. </p> | Dado que no se cuenta con datos nacionales: Se aplicó la metodología de Datos sustitutos: Consiste en simular tendencias de las emisiones, empleando información del parque de aviación del año 2000 y las emisiones de los | | Gracias a la disponibilidad de datos: se ha estimado las emisiones con el nivel 3A. | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Se ha actualizado el Dato Nacional: Consumo de combustible; en aviones que brindan servicio internacional y que son abastecidos en el país. <p>Antes: No se estimaba por falta de datos nacionales.</p> <p>Ahora: Se está estimando, gracias a la información correspondiente de aviación</p> | | | Han mejorado, por disponibilidad de datos: proporcionado por Osinergmin (venta de TA1, para aviación internacional) | | |

⁹ GL2006, Vol. 2, p. 3.64 – 3.65

| Sub-Categoría | Descripción de la acción de mejora | 2000 | 2005 | 2010 | 2012 | 2014 |
|---------------|---|---|---|------|------|------|
| | civil internacional. | INGEI del 2005 y 2010 (Se emplea las dos últimas estimaciones de GEI (2005 y 2010) por ser las más próximas al año 2000). | | | | |
| Ferrocarriles | <ul style="list-style-type: none"> Actualización del Dato Nacional: Consumo de combustible; en las empresas ferroviarias. Antes: Dos empresas empleaban ratios del INGEI 2000, para estimar su consumo, y solo dos empresas reportaban consumos reales de combustible. Ahora: De seis empresas ferroviarias identificadas, son cinco las que reportaron su consumo de combustible | <p>Dado que no se cuenta con datos nacionales: Se aplicó la metodología de Datos sustitutos Consiste en simular tendencias de las emisiones, empleando información del parque de ferrocarriles (todas las empresas ferroviarias) del año 2000 y las emisiones de los INGEI del 2005 y 2010 (Se emplea las dos últimas estimaciones de GEI (2005 y 2010) por ser las más próximas al año 2000).</p> | Han mejorado, por disponibilidad de datos: Todas las empresas ferroviarias, (excepto Southern Perú) proporcionaron el consumo de combustible de sus locomotoras. | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Estimación de consumo de combustible; para las locomotoras de Southern Perú. Antes: Se empleaba una ratio del INGEI 2000, del cual no se tienen los sustentos de información. Ahora: Es posible obtener el consumo de combustible de una locomotora con la cantidad de locomotoras, además si se desconoce el consumo de combustible promedio por día, se puede usar un valor de 863 litros por día (USEPA, 2005a). La cantidad de días de trabajo suele ser 365. | | Han mejorado, por disponibilidad de datos: empleando valores por defecto que la GL2006 brinda (863 litros por día) y el número de locomotoras. | | | |

| Sub-Categoría | Descripción de la acción de mejora | 2000 | 2005 | 2010 | 2012 | 2014 |
|--------------------------------|--|---|--|------|---|------|
| Navegación marítima y fluvial. | <ul style="list-style-type: none"> Actualización de Dato Nacional: Demanda de combustibles en los grifos flotantes, para consumo de naves fluviales. <p>Antes: No se contaba con estos datos.</p> <p>Ahora: se ha incluido el combustible para la navegación fluvial, a través de la demanda de combustibles en los grifos flotantes, brindado por Osinergmin.</p> | <p>Dado que no se cuenta con datos nacionales: Se aplicó la metodología de Datos sustitutos Consiste en simular tendencias de las emisiones, empleando información del parque de naves acuáticas del año 2000 y las emisiones de los INGEI del 2005 y 2010.</p> <p>(Se emplea las dos últimas estimaciones de GEI (2005 y 2010) por ser las más próximas al año 2000).</p> | <p>Se ha Incluido el transporte fluvial: Debido a la disponibilidad de datos de venta de combustibles en grifos flotantes (Emisiones generadas por navegación fluvial).</p> | | | |
| Otro tipo de transporte | <ul style="list-style-type: none"> La fuente 1A3i-Transporte por tubería, no se declara en Combustión Móvil. <p>Antes: en versiones previas al RAGEI 2014 (INGEI 2005, 2010 y 2012), se presentaba la fuente: 1A3i – transporte por tubería.</p> <p>Ahora: esta fuente es reportada por el MINEM (Energía – Combustión Fija y fuentes estacionarias) y por tanto se excluye del RAGEI de Combustión Móvil. <ul style="list-style-type: none"> Actualización de Dato Nacional: consumo de combustibles, en vehículo internos en los aeropuertos (1A3ii –Otro tipo de transporte). <p>Antes: Solo se reportaba para los INGEI 2010 y 2012, por la falta de disponibilidad de datos para los otros años.</p> <p>Ahora: Se ha incluido el consumo de combustible para transporte interno de aeropuertos correspondiente a 1A3ii–Otro tipo de transporte, realizando extrapolación de datos.</p> </p> | <p>NA (No Aplica) ya que: No se reportaba para el año 2000.</p> | <p>Inclusión de fuente en otro lugar: debido que se está reportando en Energía – Combustión Fija.</p> | | <p>NA (No Aplica una mejora) ya que: Se cuenta con el dato nacional (consumo de combustibles, en vehículo internos en los aeropuertos) correspondiente al año 2010, 2012 y 2014.</p> | |
| | | <p>Se aplicó la metodología de Extrapolación de tendencias: Consiste en extrapolar el consumo de combustible empleando datos del año 2010, 2012 y 2014.</p> | | | | |

| Sub-Categoría | Descripción de la acción de mejora | 2000 | 2005 | 2010 | 2012 | 2014 |
|--------------------------|---|--|--|------|------|------|
| Móvil no especificado | <ul style="list-style-type: none"> Inclusión de la fuente 1A5bi-Móvil (componente de aviación) en la Categoría de Combustión Móvil. <p>Antes: Por falta de datos nacionales, no se reportaba para ningún INGEI.</p> <p>Ahora: con información de consumos de gasolina TA1 PV (Turbo Jet A1 en planta de Venta a consumidores directos) en aviación, se han estimado las emisiones correspondientes (en su mayor parte) a “Fuerza militar aérea” para la fuente de 1A5bi - Móviles (Componente de aviación). Este dato nacional, que se está incluyendo para la Fuerza militar aérea; debe ser confirmado en los próximos RAGEI</p> | Se aplicó la metodología de Extrapolación de tendencias: Consiste en extrapolar de emisiones, empleando la información de emisiones de los años: 2005, 2010, 2012 y 2014. | <p>Se ha Incluido la sub-categoría: Debido a la disponibilidad de datos de venta Turbo Jet A1 en planta de Venta a consumidores directos.</p> | | | |
| Todas las sub-categorías | <ul style="list-style-type: none"> Actualización de los VCN y densidades de los combustibles en Combustión Móvil, para estimación del factor de conversión. <p>Antes: Se empleaba en la mayoría de los casos valores de densidades investigadas por internet de empresas de comercialización de combustibles y para los valores de VCN, se empleaba por defecto de la GL2006.</p> <p>Ahora: Se ha empleado en lo posible las densidades y VCN de los combustibles que se comercializan en el Perú. Esta acción de mejora se ha realizado para todas las versiones anteriores de RAGEI.</p> | Han mejorado, por disponibilidad de datos: Proporcionados por el MINEM a través de información recibida por Petroperú. | | | | |

Fuente: DGASA - MTC

Analizando los datos de la serie histórica de emisiones de GEI actualizada y según sub-categorías, en el caso de transporte terrestre el mayor cambio se observa en los años 2005 a 2010 (10,061 GgCO₂eq y 13,617 GgCO₂eq respectivamente) donde las emisiones de GEI aumentaron en 35.3% (que para cada año representaría el 7.1% de incremento); y el menor incremento se refleja de los años 2012 al 2014 (14,962 GgCO₂eq y 16,139 GgCO₂eq) donde las emisiones aumentan 5.9% (siendo para cada año el 2.9%).

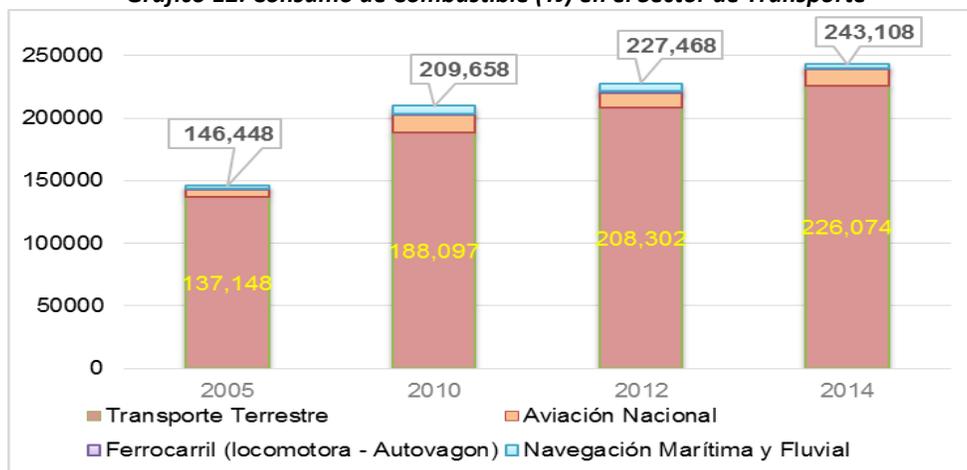
Gráfico 11: Serie temporal de emisiones actualizada en cada Subcategoría



Fuente: DGASA - MTC

El mayor incremento en la serie temporal, en los cambios del año 2005 al año 2010 en las emisiones de transporte terrestre, se deben principalmente al consumo de combustible en el transporte terrestre a nivel nacional, en este se aprecia que el aumento de combustible (137,148 TJ y 188,097 TJ) del año 2005 al 2010 representa el 37.1% (que para cada año sería un consumo de 7.4%).

Gráfico 12: Consumo de Combustible (TJ) en el Sector de Transporte



Fuente: DGASA - MTC

Mientras que el menor incremento en la serie temporal, en los años 2012 al 2014 en la sub-categoría de transporte terrestre, se debe a un menor consumo de combustible que en los años anteriores, así tenemos que el incremento del año 2012 al 2014 (208,299 TJ y 225,969 TJ respectivamente) es del 8.5% (siendo 4.3% para cada año):

Tabla 25: Consumo de combustible (TJ) en la sub-categoría de Transporte Terrestre

| Tipo de Combustible | Año 2014 (TJ) | Año 2012 (TJ) | Incremento [%] |
|-------------------------|---------------|---------------|----------------|
| Gas natural | 24,463.04 | 19,459.66 | 25.7% |
| Diésel Oil | 118,985.27 | 116,433.25 | 2.2% |
| Gasolina para motores | 62,019.41 | 56,242.29 | 10.3% |
| Gas licuado de petróleo | 20,501.65 | 16,164.26 | 26.8% |
| Total | 225,969 | 208,299 | 8.5% |

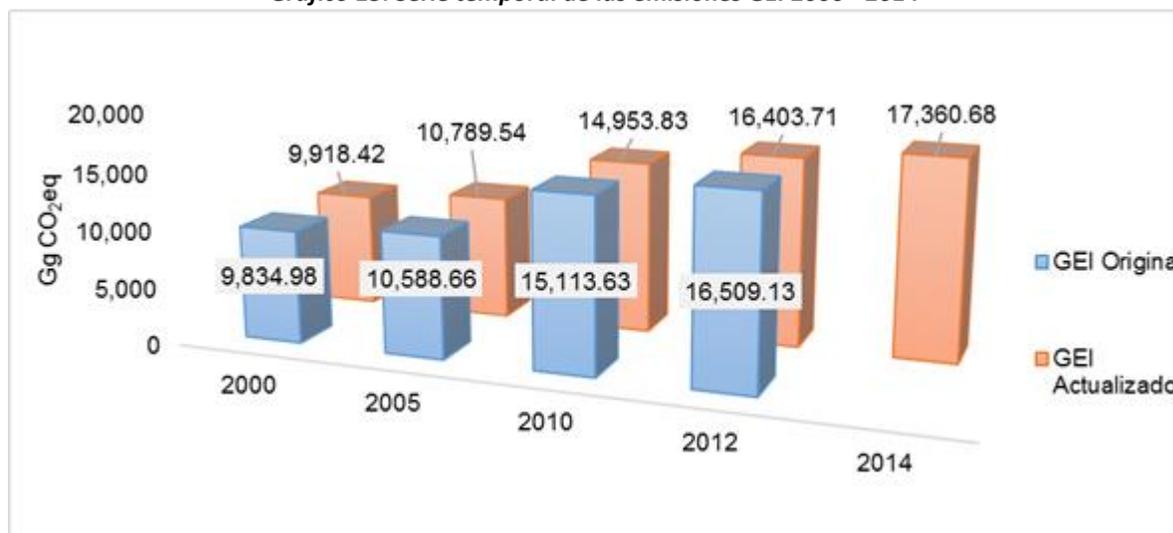
Fuente: DGASA - MTC

Tal como hemos descrito, el incremento de las emisiones está relacionado directamente al incremento de consumo de combustible; sin embargo, este último incremento también depende de qué tipo de combustible se está consumiendo.

Así tenemos que el incremento en emisiones en la sub-categoría de transporte terrestre es de 7.9%, mientras que en el consumo de combustible se refleja el 8.5%; esto se debe a que la mayor demanda de consumo de combustible del año 2012 al 2014 es del GNV y el GLP (25.7% y 26.8% respectivamente) siendo estos combustibles que menos emisiones GEI emiten a la atmosfera por su quema; mientras que el combustible de Diésel que más emite, solo creció el 2.2% de su demanda.

Finalmente, las emisiones GEI actualizadas han aumentado en la mayoría de las sub-categorías por la disposición de datos nacionales tal como lo hemos descrito en la tabla 25, los resultados de las actualizaciones se resumen en la siguiente gráfica:

Gráfico 13: Serie temporal de las emisiones GEI 2000 - 2014



Fuente: DGASA - MTC

4. RESULTADOS POR SUB-CATEGORÍA

4.1 Aviación

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. Se puede usar los métodos analizados en esta sección para estimar las emisiones de la aviación militar, tales como 1A5bi Móvil (Componente de Aviación) y 1A5ci Operaciones multilaterales (componente de aviación), por la cual serán incluidos en esta sección, pero las emisiones se declararán por separado.

A continuación, se presentan las fuentes que emplean la misma metodología para estimar las emisiones GEI en Aviación:

Tabla 26: Categoría de Fuentes y sus definiciones IPCC

| Categoría de fuente | 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 desde 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. |
| 1A3aii 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. |
| 1A5bi Móvil (<i>componente de aviación</i>) | Todas las demás emisiones móviles de la aviación procedentes de la quema de combustibles que no se hayan especificado en otro lugar. Incluye las emisiones de combustible enviado a las fuerzas militares del país que no se hayan incluido por separado en 1A3ai, así como también el combustible enviado dentro de aquel país, pero usado por fuerzas militares de otros países que no participan en operaciones multilaterales. |
| 1A5c Operaciones multilaterales (<i>componente de aviación</i>) | Emisiones procedentes de los combustibles utilizados para la aviación en las operaciones multilaterales, conforme a la Carta de las Naciones Unidas. Incluye las emisiones de combustible entregado a los militares del país y a los militares de otros países. |

Fuente: GL2006, Vol. 2; p. 3.58

De las fuentes mencionadas en la tabla anterior, se reportan las emisiones de GEI de aviación civil internacional y nacional de uso civil comercial, incluido tráfico regular e irregular para pasajeros, carga y aviación en general.

Se presume que el combustible procedente de las ventas de combustibles de aviación, efectuados directamente de las plantas de venta al consumidor directo, corresponde a la aviación de las fuerzas militares del país. Quedando como compromiso afinar esta información, para futuros RAGEI.

Las emisiones de GEI generadas por la quema de combustible en los vehículos terrestres de los aeropuertos se declaran en A3e Otro tipo de transporte (capítulo 4.5 de este reporte). Además, no se estiman las emisiones de la quema de combustible de la fuente de "Operaciones multilaterales (componente de aviación)", puesto que no se cuenta con información sobre el combustible entregado por las Naciones Unidas a los países para la aviación militar.

Así, las fuentes reportadas en esta sección de aviación son:

- 1A3ai: *Aviación Internacional*
- 1A3aii: *Aviación Nacional*
- 1A5bi: *Móvil (componente de aviación)*

Cabe mencionar, que las fuentes de **Aviación Nacional**, consideran viajes aerocomerciales nacionales 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: LAN a partir del año 2012 por el conjunto de las operaciones de LAN y TAM, nace LATAM AIRLINES¹⁰; Avianca, etc.) a la DGAC, indicando origen y destino de los vuelos.
- Viajes aéreos especiales nacionales: son los vuelos de servicios especiales o privados (ejemplo empresas que cuentan con aviones privados), la DGAC solo se reporta número de naves de esta actividad; por lo que el consumo de combustible de estas naves es obtenido de Osinergmin, donde se reporta como demanda en aviación del combustible: G100LL.

4.1.1 Elección del método

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación, una breve descripción de los niveles, según las GL2006:

Nivel 1: Se calcula multiplicando la información de consumo de combustible estimado con el factor de emisión por defecto de las GL2006.

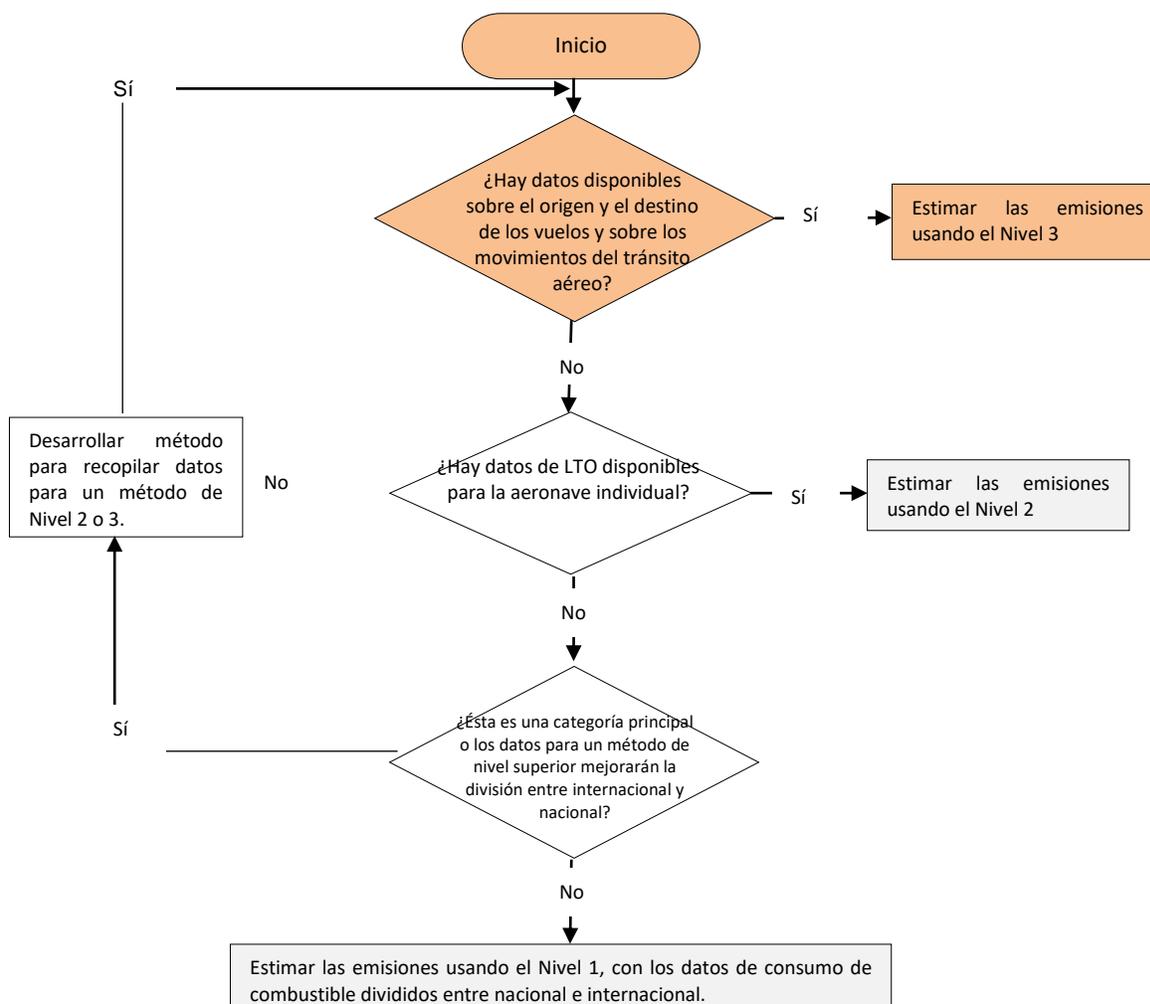
Nivel 2: Es igual al Nivel 1, pero se utilizan los factores de emisión específicos del país en lugar de los factores por defecto.

Nivel 3A: Se basan en los datos reales del movimiento del vuelo: para los datos de origen y destino (OD).

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar el nivel que debe utilizarse para estimar las emisiones de las fuentes: aviación aerocomercial nacional, internacional, fuerzas militares aérea y Móvil (Componentes de aviación).

¹⁰ 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/

Gráfico 14: Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de las aeronaves



Fuente: GL2006, vol. 2 – figura 3.6.1

Para identificar el Nivel de cálculo seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado:

- Para Nivel 3: Se divide en 3A ¿Hay datos disponibles sobre el origen y el destino de los vuelos? y en 3B: ¿Hay datos disponibles sobre movimientos del tránsito aéreo? Si hay datos de origen y destino de los vuelos para viajes aerocomerciales a nivel nacional, pero no para Internacional ni para móvil (componente de aviación). Por lo tanto, tenemos que para Viajes aerocomerciales Nacionales se desarrollará con el Nivel 3A de cálculo y continuamos con la identificación de nivel para las demás fuentes.
- Para Nivel 2: ¿Hay datos de LTO disponibles para la aeronave individual? No lo hay data para ninguna de las fuentes restantes; como no se dispone de este nivel de data, procedemos con el siguiente nivel.
- Para Nivel 1: ¿Ésta es una categoría principal? Si lo es, pero como ya hemos identificado el Nivel de cálculo para los viajes nacionales, podemos optar por elegir este Nivel 1 para las fuentes de Aviación Aerocomercial Internacional y Móvil (componente de aviación), debido que contamos con los datos de venta de combustible para estas fuentes.

Por lo tanto, según la información disponible para el año 2014¹¹ y siguiendo los pasos del árbol de decisiones el nivel de cálculo que corresponde aplicar para estimar las emisiones de los viajes aerocomerciales nacionales es el Nivel 3 (específicamente nivel 3A porque se cuenta con datos reales de origen destino de los vuelos). Las emisiones de los viajes aéreos especiales nacionales, aviación internacional y Móvil (componente de aviación) han sido estimadas aplicando el Nivel 1.

AVIACIÓN NACIONAL 1A3aii:

Viajes aerocomerciales nacionales: La información disponible para esta fuente es el número de vuelos a nivel nacional, el lugar de origen y destino de cada vuelo, y el del tipo de nave. Esta información nos permite aplicar el nivel 3A de cálculo.

Aplicando la metodología proporcionada por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA/CORINAIR)¹² se estima la cantidad de combustible Turbo Jet A1 consumido por los vuelos y se estiman las emisiones de CO₂ haciendo uso de un factor de emisión por defecto de Europa. Esta metodología no incluye los procedimientos para calcular las emisiones de CH₄ y N₂O.

Las emisiones de CH₄ y N₂O se estimaron aplicando el método del Nivel 1 que implica utilizar información agregada sobre el consumo de combustible para la aviación y factores de emisión por defecto de la GL2006.

La fórmula del Nivel 1 se describe a continuación:

Ecuación 2: Ecuación para la Aviación 1

$$\text{Emisiones} = \text{Consumo de combustible} \times \text{Factor de emisión}$$

Fuente: GL2006, Vol. 2, p. 3.61, Ecuación 3.6.1

Viajes aéreos especiales nacionales: Las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de esta fuente han sido estimadas aplicando el método del Nivel 1. La fórmula aplicada corresponde a la Ecuación 1 antes mencionada.

AVIACIÓN INTERNACIONAL Y MÓVIL (Componente de aviación):

Las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de estas fuentes han sido estimadas aplicando el método del Nivel 1. La fórmula aplicada corresponde a la Ecuación 1 antes mencionada.

A manera de resumen, se presenta el nivel metodológico aplicado para cada fuente.

Tabla 27: Nivel metodológico aplicado por fuente

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | TIER/Nivel |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | Energía | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | |
| | 1A3 | Transporte | | |
| | 1A3a | Aviación Civil | | |
| | 1A3aii | Aviación Internacional | Consumo de gasolina para aviación | Demanda de Combustibles de Aviación (TA1 EXPORT PAA)* |

¹¹ Ver sección: B. Descripción del nivel de actividad

¹² European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013. Recuperado de <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>

| | | | | |
|--------|--|---|--|----|
| 1A3aii | Aviación de cabotaje (Aviación Nacional) | Viajes aerocomerciales: Origen y Destino (OD) por tipo de aeronave. | Viajes aerocomerciales a nivel nacional año 2014 | 3A |
| | | Viajes especiales o turísticos: Consumo de gasolina para aviación (TJ). | Demanda de Combustibles de Aviación (G100LL PV-PAA)* | 1 |
| 1A5 | No especificado | | | |
| 1A5b | Móvil no especificado | | | |
| 1A5bi | Móviles (Componente de aviación) | Combustible consumido (TJ) | Demanda de Combustibles de Aviación de Planta de Venta (TA1 PV)* | 1 |

Fuente: DGASA – MTC

*Nomenclatura que Osinergmin emplea en datos nacionales:

PV : Planta de Ventas (Corresponden a los despachos efectuados directamente desde Planta de Ventas y/o Terminales hacia los Consumidores Directos).

PAA : Planta de Abastecimiento Aeropuerto (Corresponden a los despachos efectuados desde Planta de Abastecimiento en Aeropuerto directamente en ala de avión).

EXPORT : Exportación

4.1.2 Descripción del nivel de actividad

En la siguiente tabla se presenta la descripción del nivel de actividad y los datos nacionales empleados en la subcategoría Aviación civil y No especificado (Móviles - componente aviación).

Tabla 28: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados | Comentarios |
|---------------|--|---|--|--|---|---|--|---|
| 1 | Energía | | | | | | | |
| 1A | Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| 1A3 | Transporte | | | | | | | |
| 1A3a | Aviación Civil | | | | | | | |
| 1A3af | Aviación Internacional | Consumo de gasolina para aviación. | Demanda de Combustibles de Aviación (TA1 EXPORT PAA) | unidades de masa o volumen (Miles de Barriles) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – SCOP (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. | Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método <i>top-down</i>) Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible. | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Data es proporcionada por Osinergmin, a través de un Libro de Excel (se emplea TA1 EXPORT PAA, como combustible Turbo A1 para la aviación internacional). |
| 1A3aii | Aviación de cabotaje (Aviación Nacional) | Viajes especiales o turísticos: Consumo de gasolina para aviación. | Demanda de Combustibles de Aviación (G100LL PV-PAA) | | | A través de EMEP/CORINAIR se estima el consumo de combustible y las emisiones de CO ₂ . Las emisiones de CH ₄ y N ₂ O se estiman con los F.E proporcionados | | Para viajes comerciales: la data empleada es brindada por la DGAC-MTC, quienes reportan sus emisiones de CO ₂ a la OACI (Organismo de Aviación Civil Internacional) y emplean la misma metodología que se emplea en este RAGEI para estimar las emisiones de GEI a nivel Nacional. |
| | | Viajes aerocomerciales: Origen y Destino (OD) por tipo de aeronave. | Viajes aerocomerciales a nivel nacional año 2014 | cantidad de viajes OD Km | Ministerio de Transporte y Comunicaciones – DGAC (s.f). [Estimaciones de CO ₂ en aviación nacional 2014 (Libro de Excel)]. | | | Para viajes turísticos o especiales: la data es proporcionada de Osinergmin. |

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados | Comentarios |
|---------------|----------------------------------|------------------------------------|--|--|--|--|--|---|
| | | | | | | por las GL2006. | | (Combustible G100LL). |
| 1A5 | No Específico | | | | | | | |
| 1A5b | Móvil no especificado | | | | | | | |
| 1A5bi | Móviles (Componente de aviación) | Consumo de gasolina para aviación. | Demanda de Combustibles de Aviación de Planta de Venta (TA1 PV). | unidades de masa o volumen (Miles de Barriles) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – SCOP (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. | Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método top-down) Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible. | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Data es original de Osinergmin. Por ser combustible de Venta de Plantas hacia consumidores directos (TA1 PV), que incluyen en su mayor parte a la fuerza militar. |

Fuente: DGASA – MTC

A continuación, se describe los procedimientos de cálculo del nivel de actividad, incluyendo acciones de mejora, en las fuentes que aplica:

1A3aii - Aviación nacional:

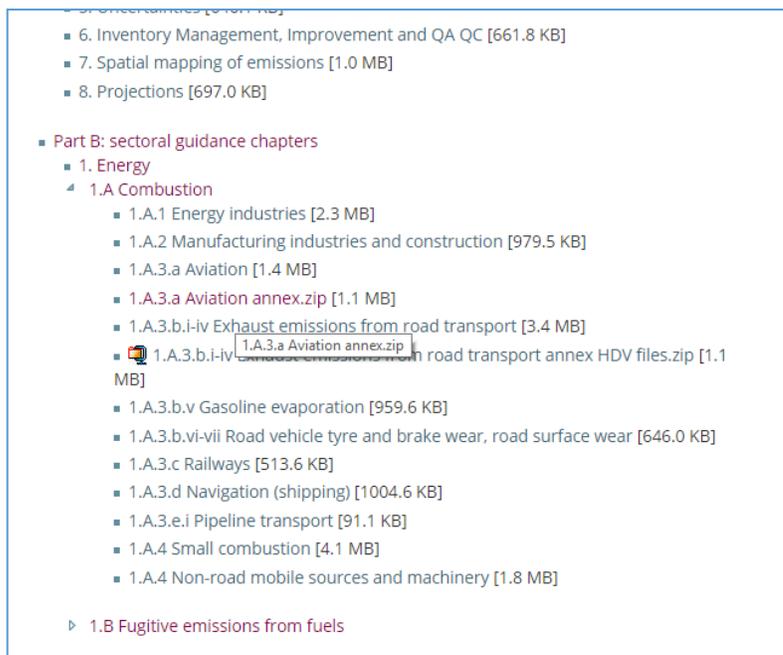
Como **acción de mejora** en esta fuente, fue la aplicación del método del nivel 3 (específicamente nivel 3A) para estimar el consumo de combustible y las emisiones de CO₂; para la cual fue necesario:

- a) Vuelos aerocomerciales nivel nacional: la información incluyó, para el 2014, la cantidad de vuelos a nivel nacional (110,331 vuelos) y su origen-destino. Esta información fue proporcionada por el MTC – DGAC. En coordinación con la DGAC se estimaron el combustible de Turbo jet A1 y las emisiones de CO₂.
- b) Modelos de aeronaves aerocomerciales: los vuelos proporcionados por MTC – DGAC, incluyó información de tipos de aeronaves las cuales fueron agrupadas por modelos comerciales. El documento de estos cálculos se presenta adjunto en un libro de trabajo (carpeta 1A3a Aviación Nacional).

A continuación, se presenta a manera un ejemplo del cálculo para esta fuente, siguiendo la metodología nivel 3A: para estimar las emisiones GEI de un vuelo Lima-Piura (946 Km) del avión modelo A319:

Paso 1: Se debe descargar el libro de Excel proporciona por la EEA en la siguiente página web: <http://www.eea.europa.eu//publications/emep-eea-guidebook-2013> (1A3a Aviation annex.zip, Versión Julio.2015), tal como se indica en la siguiente imagen:

Gráfico 15: Captura de imagen, indicando selección del Libro de Excel – Nivel 3A



Fuente: DGASA – MTC

Paso 2: Ubicación del consumo de turbo jet A1 para la cual hay que ir en la segunda hoja (Pivot Table), hallar la intercepción de la distancia en millas (946 km / 1.852 = 511 millas) y el modelo de avión A319. Al no encontrar la distancia exacta se debe realizar una interpolación entre los datos y la distancia requerida:

Tabla 29: Interpolación de datos

| Distancia (variable =x) | Kg Combustible (variable =y) |
|----------------------------|---------------------------------|
| X1 = 500 | Y1 = 3,508.657 |
| X2 = 511 | Y2 = ¿? |
| X3 = 750 | Y3 = 4,594.19 |

Fuente: Interpolación, p.109¹³

Utilizando la siguiente formula se obtiene Y₂= 3,556 kg de Turbo Jet:

$$y_2 = y_1 + \frac{(y_3 - y_1)(x_2 - x_1)}{(x_3 - x_1)}$$

Paso 3: Estimar las emisiones GEI de CO₂, empleando el paso 2.

Paso 4: Estimar las emisiones GEI de CH₄ y N₂O: haciendo uso de la ecuación para aviación civil (ecuación 1) y los factores de emisión presentados en la sección C de este documento (Factores de emisión y conversión).

Viajes aéreos especiales nacionales

Se toma la información brindada por Osinergmin correspondiente a la demanda de combustibles de aviación, en miles de barriles de gasolina 100LL en aviación:

Tabla 30: Demanda de Combustibles de Aviación (G100LL PV-PAA)

| Año | Combustible de aviación (MB) | |
|------|------------------------------|------------|
| | G100LL PV | G100LL PAA |
| 2014 | 5.8 | 9.0 |

Fuente: Osinergmin: Demanda nacional de combustibles según categoría¹⁴

1A3ai - Aviación internacional

Como acción de mejora, se está declarando esta fuente, gracias a la información correspondiente de aviación internacional. A continuación, se describe el nivel de actividad esta fuente.

Para aviación internacional, corresponde al consumo de combustible en todas las naves que realizan viajes desde Perú hacia el exterior del país y que naves estas se hayan abastecido de combustible en el Perú. Esta información, es brindada por Osinergmin, y corresponde a la demanda nacional de combustibles de aviación, expresada en miles de barriles (turbo A1 de aviación de exportación):

Tabla 31: Demanda Nacional de combustibles según categoría – TA1 Exportación

| Año | Combustible de aviación (MB) |
|------|------------------------------|
| | Turbo A1 EXPORT PAA |
| 2014 | 4,277.0 |

Fuente: Osinergmin: Demanda nacional de combustibles según categoría¹⁵

¹³ Recuperado de <http://www.prof.uniandes.edu.co/~gprieto/classes/compufigs/interpolacion.pdf>

¹⁴ Ubicado en: RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)].

¹⁵ Ubicado en: RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)].

Cabe mencionar que la DGAC reporta a La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), sus emisiones de CO₂ a nivel nacional e internacional. La OACI emplea la metodología de la GL2006 para la estimación de las emisiones en Aviación Nacional. Para Aviación Internacional emplea una metodología diferente a la GL2006¹⁶ ya que estima las emisiones solo de empresas peruanas que realizan viajes al exterior (LATAM y TACA Perú) sin tomar en cuenta si sus naves cargaron combustible en el Perú u otro país.

1A5bi - Móvil (Componente de aviación):

Como acción de mejora, se está declarando esta fuente, gracias a la información consumos de gasolina TA1 PV (Turbo Jet A1 en planta de Venta a consumidores directos) en aviación. A continuación, se describe el nivel de actividad empleada en esta fuente.

La información mencionada anteriormente, es proporcionada por Osinergmin y se presume que corresponde a las fuerzas militares.

Tabla 32: Demanda de Combustibles de Aviación de Planta de Venta (TA1 PV).

| Año | Combustible de aviación (MB) |
|------|------------------------------|
| | TA1 PV |
| 2014 | 227.0 |

Fuente: Osinergmin: Demanda nacional de combustibles según categoría

4.1.3 Factores de emisión y conversión

A continuación, se detalla los factores de emisión empleados en Aviación y para cada una de las fuentes:

Tabla 33: Factores de emisión empleados – Aviación

| Fuente de emisión / captura | Factor de emisión | calculado (C)/por defecto (D) | Dato Nacional | TIER/ Nivel | Fuente de información |
|--|---|-------------------------------|---------------|-------------|--|
| Aviación Internacional | Factor de emisión de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso procedentes de combustión móvil | D | - | 1 | Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2, Capítulo 3, p. 3.64). Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html |
| Móviles (Componente de aviación) | (kg CO ₂ /TJ; kg CH ₄ /TJ y Kg N ₂ O/TJ). | D | - | 1 | *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2, Cap. 3, p. 3.64). Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html |
| Aviación de cabotaje (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 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2, Cap. 3, p. 3.64). Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html |

¹⁶ La GL2006 incluye todas las naves (sean o no sean peruanas) que realizan viajes desde Perú al exterior y que estas naves se hayan abastecido en el mismo país (Perú).

| Fuente de emisión / captura | Factor de emisión | calculado (C)/por defecto (D) | Dato Nacional | TIER/ Nivel | Fuente de información |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---------------|-------------|---|
| | Factor de emisión de dióxido de carbono procedente de combustión móvil (kg CO ₂ /TJ). | - | - | 3A | * EMEP/CORINAIR. Recuperado de (http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013). |

Fuente: DGASA – MTC

Los valores de los factores de emisión por defecto de la GL2006 aplicados en los cálculos de emisiones de GEI de las subcategorías analizadas en esta sección se muestran a continuación:

Tabla 34: Factores de emisión

| 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: GL2006, Vol. 2, p. 3.64

Dado que los factores de emisión de GEI utilizados en los cálculos se encuentran en toneladas de CO₂, CH₄ y N₂O por unidades energéticas, se requiere convertir las unidades originales de los combustibles a unidades energéticas, por lo tanto, se utiliza los valores de densidad y poder calorífico (VCN) de dichos combustibles. Ver tabla 35 y 36, respectivamente.

Tabla 35: Densidades empleadas

| Tipo de combustible | Densidad inferior | Densidad superior | Densidad Promedio / empleada | Unidad |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
| Turbo A1 ^a | 0.809 | - | 0.809 | Kg/L |
| Gasolina 100LL ^b | 700 | 720 | 710 | Kg/m ³ |

^a Petroperú¹⁷

^b Shell España¹⁸

Para la gasolina 100LL, que presenta dos valores de densidades (700 y 720 Kg/m³), se ha emplea el promedio de estos dos: 710 Kg/m³.

Tabla 36: VCN empleadas

| Tipo de combustible | VCN | Unidad |
|-----------------------------|------|--------|
| Turbo A1 ^a | 43.0 | MJ/kg |
| Gasolina 100LL ^b | 43.5 | MJ/kg |

^a Petroperú²⁶

^b Petroperú¹⁹

¹⁷ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (s.f). [Oficio con información de densidades (SEHS-666-2016)]

¹⁸ Shell España, S.A (s.f). [Densidad de gasolina 100LL]. Recuperado de <http://www.aerodromolajuliana.es/pdf/avgas.pdf>

¹⁹ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (s.f). [VCN de la gasolina 100LL. Recuperado de <http://www.petroperu.com.pe/portalweb/archivos/GASOLINA-AVIACION-100-LL-%202014.pdf>

4.1.4 Análisis de incertidumbre

Este análisis ha permitido identificar en las fuentes de la sub-categoría de Aviación Internacional (1A3ai), Aviación Nacional (1A3aii) y (1A5b) Móvil (componente de aviación) la menor y mayor incertidumbre combinada según GEI, además la incertidumbre introducida por tipo de gas en la tendencia de las emisiones de cada fuente comparando las emisiones aquí reportadas (año 2014) con las del inventario del año 2010 (versión actualizada).

Tabla 37: Incertidumbre por fuente y GEI

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | Incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre combinada | Incertidumbre combinada cómo % 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 % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \sum D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| Energía | | | | | | | |
| Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| 1A3aii Aviación nacional | Gasolina para la aviación | CO ₂ | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 0.05% | 0.05% |
| | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 7.03% | 8.40% |
| | Total CO₂ | | | | | | 7.03% |
| 1A3ai Aviación internacional | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 7.07% | 11.07% |
| | Total CO₂ | | CO ₂ | | | | 7.07% |
| 1A5bi Móvil (componente de aviación) | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 7.07% | 5.5% |
| | Total CO₂ | | | | | | 7.07% |
| 1A3aii Aviación nacional | Gasolina para la aviación | CH ₄ | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 0.1% | 0.04% |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 21.9% | 6.31% |
| | Total CH₄ | | | | | | 21.9% |
| 1A3ai Aviación internacional | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 22.1% | 11.07% |
| | Total CH₄ | | | | | | 22.1% |
| 1A5bi Móvil (componente) | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 22.1% | 5.52% |
| | Total CH₄ | | | | | | 22.1% |

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | Incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre combinada | Incertidumbre combinada cómo % 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 % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \Sigma D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| de aviación) | | | | | | | |
| 1A3a ⁱⁱ Aviación nacional | Gasolina para la aviación | N ₂ O | 5.0% | 40.0% | 40.3% | 0.3% | 0.04% |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | 5.0% | 40% | 40.3% | 40.1% | 6.31% |
| | Total N₂O | | | | | 40.1% | 6.3% |
| 1A3a ⁱ Aviación internacional | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | 40% | 22.1% | 40.3% | 11.07% |
| | Total N₂O | | | | | 40.3% | 11.1% |
| 1A5b ⁱ Móvil (componente de aviación) | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | 5.0% | 40% | 40.3% | 40.31% | 5.52% |
| | Total N₂O | | | | | 40.3% | 5.52% |

Fuente: DGASA – MTC

La fuente de CO₂ (principal GEI) con menor incertidumbre combinada es aviación nacional (1A3aⁱⁱ) con 7.03%; mientras que las fuentes de aviación internacional (1A3aⁱ) y móvil (componente de aviación) son mayores con 7.07%. Mientras que la fuente con mayor incertidumbre introducida en la tendencia es aviación internacional (1A3aⁱ) con 11.1%.

La fuente de CH₄ con menor incertidumbre combinada es aviación nacional (1A3aⁱⁱ) con 21.9%; mientras que las fuentes de aviación internacional (1A3aⁱ) y móvil (componente de aviación), son mayores con 22.1%. Mientras que la fuente de CH₄ con menor incertidumbre introducida en la tendencia es móvil (componente de aviación -1A5bⁱ) con 5.5%.

La fuente de N₂O con menor incertidumbre combinada, es aviación nacional (1A3aⁱⁱ) con 40.1%; mientras que las fuentes de aviación internacional (1A3aⁱ) y móvil (componente de aviación), son mayores con 40.3%. La fuente en N₂O con menor incertidumbre introducida en la tendencia es móvil (componente de aviación -1A5bⁱ) con 5.52%.

Los valores de incertidumbre en los datos de nivel de actividad y factores de emisión utilizados se detallan a continuación en las tablas 38 y 39:

Tabla 38: Incertidumbre de los datos de nivel de actividad para Aviación

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | | Comentarios |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|--|---|---|
| | | | Valor GL2006 | Fuente de valores de incertidumbre para: Nivel de Actividad | |
| Aviación nacional e internacional | Gasolina para la aviación | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | La GL2006 indica: "La incertidumbre en la generación de informes se verá muy afectada por la exactitud de los datos recopilados sobre la aviación de nacional. Con datos completos del sondeo, la incertidumbre puede ser muy baja (menos del 5 por ciento) mientras que para las estimaciones o los sondeos incompletos las incertidumbres pueden ser grandes". <i>Los datos de vuelos registrados por el MTC (datos de sondeo completos) no estiman valores de incertidumbre. Por tanto, al no contar con un valor nacional, se toma el valor por defecto sugerido en la GL2006: ± 5%.</i> |
| | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Gasolina para la aviación | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Gasolina para la aviación | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| Móvil no especificado | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | La GL2006 indica que para el cálculo de las emisiones de GEI de esta subcategoría se puede usar la misma metodología usada en "Aviación Civil" (GL2006, Vol.2, p. 3.57: "También pueden usarse los métodos analizados en esta sección para estimar las emisiones de la aviación militar..."). <i>Por tanto, dado que no existen valores de incertidumbre para esta subcategoría y es la misma metodología de cálculo de "Aviación Civil", se asumen los mismos valores de incertidumbre de esta (± 5%.)</i> |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |

Fuente: DGASA – MTC

Tabla 39: Incertidumbre en los factores de emisión para Aviación

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión | Comentarios |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------|--------------|--|--|
| | | | Valor inferior | Valor superior | Valor a usar | | |
| Aviación nacional e internacional | Gasolina para la aviación | CO ₂ | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | <p>La GL2066, indica que: "Los factores de emisión de CO₂ deben encontrarse dentro de una escala de ±5 por ciento, porque dependen solamente del contenido de carbono del combustible y la fracción oxidada. Sin embargo, hay una incertidumbre considerable inherente al cálculo de CO₂ basado en las incertidumbres de los datos de la actividad que se analizan a continuación. Para el Nivel 1, la incertidumbre del factor de emisión de CH₄ puede variar entre -57 y +100 por ciento. La incertidumbre del factor de emisión de N₂O puede variar entre -70 y +150 por ciento".</p> <p><i>Por lo tanto:</i> CO₂: +5%. CH₄: Promedio simple de -57% y +100% = 21.5% N₂O: Promedio simple de -70 y +150% = 40%.</p> |
| | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Gasolina para la aviación | CH ₄ | -57% | 100% | 21.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | -57% | 100% | 21.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Gasolina para la aviación | N ₂ O | -70% | 150% | 40.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | -70% | 150% | 40.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| Móvil no especificado | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | <p>La GL2006 indica que para el cálculo de las emisiones de GEI de esta subcategoría se puede usar la misma metodología usada en "Aviación Civil" (GL2006, Vol.2, p. 3.57: "También pueden usarse los métodos analizados en esta sección para estimar las emisiones de la aviación militar...").</p> <p><i>Por tanto, dado que no existen valores de incertidumbre para esta sub-categoría y es la misma metodología de cálculo de "Aviación Civil", se asumen los mismos valores de incertidumbre de esta.</i></p> <p><i>Por lo tanto, CO₂: +5%. CH₄: Promedio simple de -57% y +100% = 21.5% N₂O: Promedio simple de -70 y +150% = 40</i></p> |
| | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | -57% | 100% | 21.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |
| | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | -70% | 150% | 40.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.69 | |

Fuente: DGASA – MTC

4.1.5 Garantía de calidad/Control de calidad

Los procedimientos específicos de control de calidad (GC/CC) de la GL2006 aplicados a las subcategorías analizadas en esta sección se describen a continuación:

Tabla 40: Procedimientos específicos de control de calidad

| Procedimiento específico | Comentario |
|---|---|
| <p>Comparación de emisiones a través de métodos alternativos: Si se utilizan métodos de nivel superior, el compilador debe comparar los inventarios con las estimaciones de niveles inferiores. Toda anomalía existente entre las estimaciones de emisión debe investigarse y explicarse. Deben registrarse los resultados de esas comparaciones para documentación interna.</p> | <p>Se estimó las emisiones de CO₂ para Aviación Nacional empleando la metodología de Nivel 1 y el Nivel 3 de la GL2006, obteniéndose como resultado 814.27 GgCO₂ y 787.39 GgCO₂, respectivamente. La diferencia entre ambos resultados es de 3.4% lo que significa que la estimación de emisiones con ambas metodologías es aproximada y coherente.</p> |
| <p>Revisión de los factores de emisión Si se utilizan factores nacionales en vez de los factores por defecto, se debe referir directamente la revisión de CC asociada con la publicación de los factores de emisión e incluirla en la documentación de GC/CC, para garantizar que los procedimientos sean coherentes con la buena práctica. De ser posible, los compiladores de los inventarios deben comparar los valores por defecto del IPCC con los factores nacionales, para obtener un indicio mayor de que los factores son aplicables. Si se desarrollaron las emisiones procedentes del sector militar usando datos diferentes de los factores por defecto, se debe controlar la exactitud de los cálculos, y la aplicabilidad y pertinencia de los datos.</p> | <p>Las emisiones de CO₂, CH₄ N₂O se estimaron utilizando los factores de emisión de por defecto de las GL2006 (excepto en aviación nacional). Por lo tanto, no fue necesario realizar un proceso de revisión.</p> <p>Las emisiones de CO₂ de aviación nacional se estimaron aplicando la metodología de EMEP/CORINAR. Esta metodología calcula la cantidad de combustible consumido por las aeronaves y emisiones de CO₂. Por lo tanto, no fue necesario realizar un proceso de revisión de los factores de emisión.</p> |
| <p>Verificación de los datos de la actividad Debe revisarse la fuente de los datos de la actividad para garantizar la aplicabilidad y la pertinencia a la categoría de fuente. De ser posible, el compilador del inventario debe comparar los datos actuales con los datos históricos de la actividad o las salidas del modelo para detectar posibles anomalías. Al elaborar las estimaciones del inventario, el compilador debe garantizar la fiabilidad de los datos de la actividad usados para diferenciar las emisiones de la aviación de nacional de la internacional.</p> | <p>Se verificó que los datos ingresados tengan coherencia en las series temporales. Además, se garantiza que los datos de actividad están diferenciados para las emisiones nacionales de las internacionales.</p> |
| <p>Revisión externa El compilador del inventario debe realizar una revisión independiente y objetiva de los cálculos, las hipótesis o la documentación del inventario de emisiones, para evaluar la eficacia del programa de CC. Deben realizar la revisión los expertos (p. ej., las autoridades de la aviación, las líneas aéreas y el personal militar) que estén familiarizados con la categoría de fuente y que entiendan los requisitos del inventario.</p> | <p>La DGAC revisó y verificó el cálculo y metodología de las emisiones de la fuente de Aviación Nacional.</p> |

Fuente: DGASA – MTC

4.1.6 Análisis de resultados de la sub-categoría

Para el año 2014, la subcategoría Aviación Civil, específicamente aviación nacional, generó 799.7 GgCO₂eq representando el 4.6% del total del sector. Por otro lado, a subcategoría Móvil no especificado, específicamente Móvil (componente de aviación), generó 90.56 GgCO₂eq representando el 0.52% del total del sector.

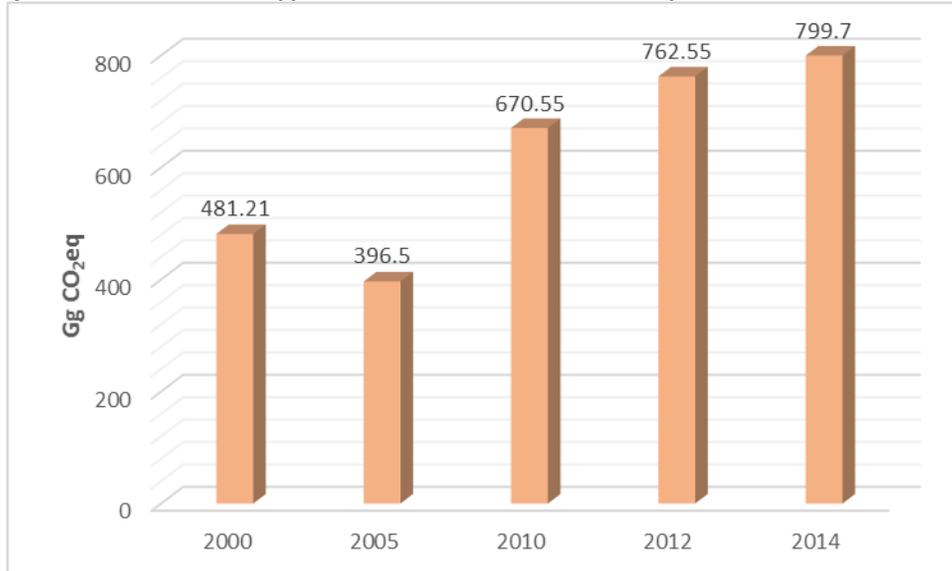
Gráfico 16: Emisiones de CO₂eq



Fuente: DGASA - MTC

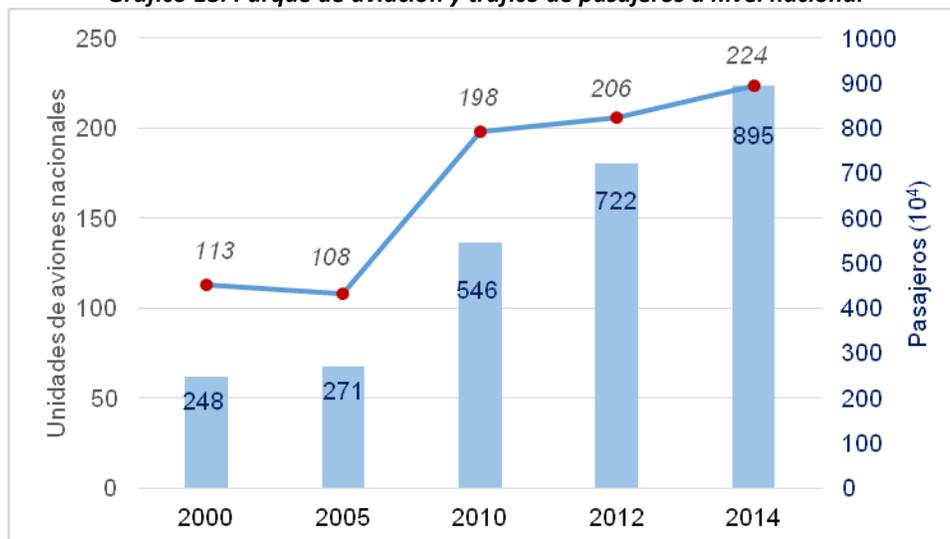
Respecto a Aviación Nacional, en la gráfica 17 se aprecia que durante el periodo del año 2000 al 2014 se mantiene una tendencia creciente del nivel de emisiones de GEI. Además, de la Gráfica 17 se aprecia que existe una relación directa del nivel de emisiones con el número de aeronaves (número de unidades de aviones) y el tráfico de pasajeros a nivel nacional.

Gráfico 17: Emisiones CO₂eq procedentes de Aviación Nacional para el RAGEI del 2000 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

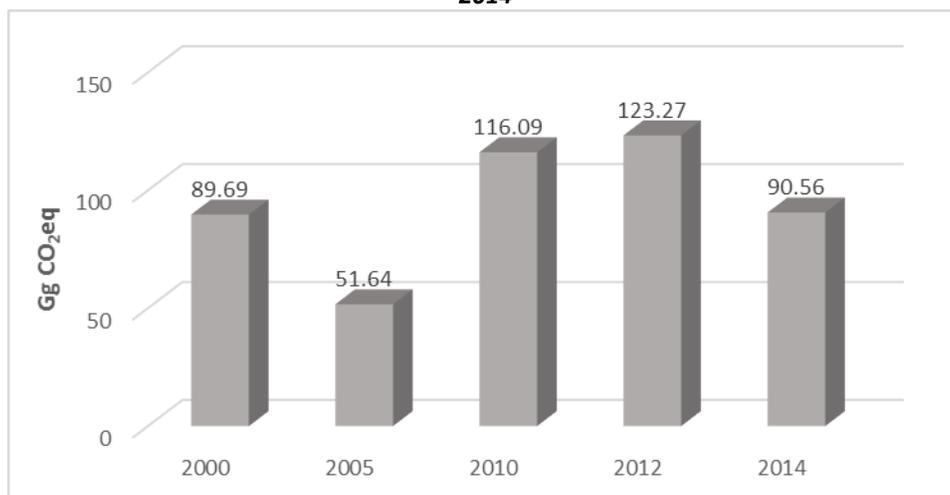
Gráfico 18: Parque de aviación y tráfico de pasajeros a nivel nacional



Fuente: DGASA – MTC

Respecto a Móvil (Componente de Aviación), en la gráfica 19 se aprecia que durante el periodo del año 2000 al 2014 se mantiene una tendencia creciente del nivel de emisiones de GEI.

Gráfico 19: Emisiones CO₂eq procedentes de Móvil (Componente de Aviación) para el RAGEI del 2000 - 2014

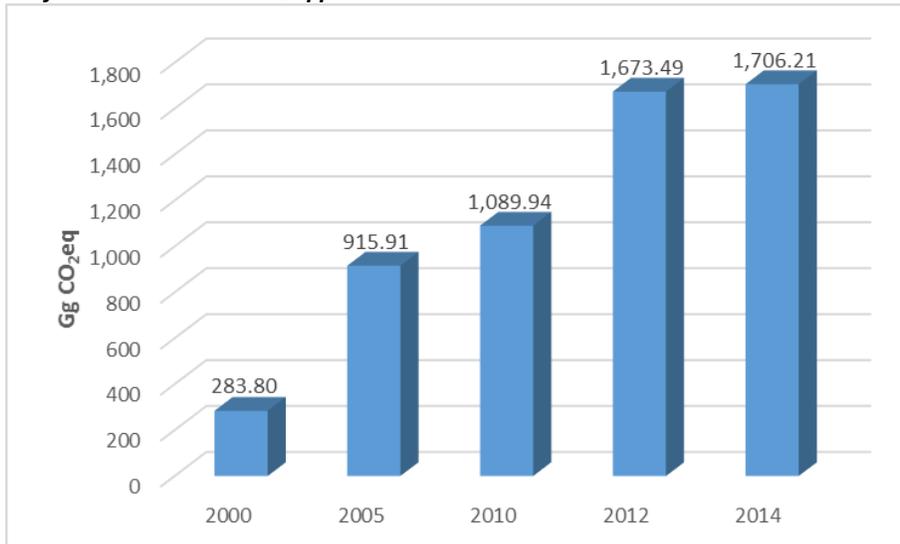


Fuente: DGASA – MTC

Emisiones GEI en Aviación Internacional

De acuerdo a las GL2006, las emisiones procedentes de la aviación internacional deben ser declaradas aparte de la aviación nacional y excluida de los totales nacionales. En este sentido, en esta sección se presenta los resultados correspondientes a aviación internacional el cual para el año 2014 generó 1,706.21 Gg CO₂eq.

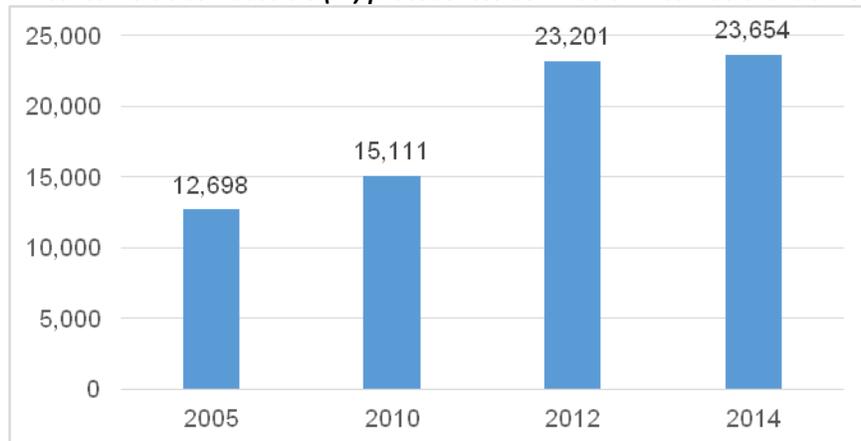
Gráfico 20: Emisiones CO₂eq procedentes de Aviación Internacional del 2000 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

En la gráfica 20, se aprecia que las emisiones tienden aumentar año tras año, esto se debe principalmente al consumo de combustible, tal como se visualiza en la siguiente gráfica 21.

Gráfico 21: Consumo de combustible (TJ) procedentes de Aviación Internacional del 2005 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

4.1.7 Sigüientes pasos

En el desarrollo del RAGEI, se identificaron acciones de mejora en esta sub-categoría. Estas acciones pueden ser implementadas en futuros RAGEI en un corto (1 año) o mediano plazo (hasta 5 años), tal como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 41: Acciones de mejora para futuros RAGEI

| 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 |
|--|---|--|---|
| Se requiere que la DGAC defina e implemente una metodología de sistematización y control de calidad para estimar las distancias de origen-destino y los viajes aerocomerciales a nivel nacional por tipo de nave, que se aplique a toda la serie temporal. | Mejorar la comparabilidad y coherencia temporal de las emisiones de la sub-categoría de Aviación Civil (nacional). | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con la DGAC para su definición. El compilador del RAGEI, puede apoyar en esta actividad, ya que esta información es necesaria para estimar las emisiones de CO ₂ con el Nivel 3A | Corto plazo |
| Estimar las emisiones de gases indirectos (NO _x , CO, COVDM, SO ₂) | Incrementar la exhaustividad del cálculo de emisiones de todas las subcategorías. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se debería empezar a coordinar con el MINAM para la elaboración de estos gases indirectos. Con el nivel 3A de cálculo de las emisiones de GEI, también se pueden estimar los gases indirectos. | Corto plazo, para la fuente de aviación nacional. |
| Se requiere que la DGAC defina e implemente una metodología de sistematización y control de calidad para estimar las distancias de origen-destino y los viajes aerocomerciales a nivel internacional por tipo de nave. | Mejorar exhaustividad y exactitud de las emisiones de la sub-categoría de Aviación Civil (internacional). Brindaría oportunidad para desarrollar el RAGEI en esta sub-categoría con el nivel 3A. Teniendo en cuenta que la variación porcentual entre las emisiones de CO ₂ estimadas con el Nivel 1 y el Nivel 3A es de +3.4%. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con la DGAC para su definición. | Corto plazo |
| Validar la estimación de emisiones del INGEI 2000, específicamente de las subcategoría de Aviación nacional, internacional y de móvil (Componente de aviación). | Mejorar la exactitud del cálculo de emisiones de las fuentes mencionadas. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones pertinentes | Corto plazo |
| Investigar y validar los consumidores finales del combustible TA1PV, que para fines de este RAGEI se presume corresponde al consumo de fuerzas militares. | Mejorar la exhaustividad y exactitud del cálculo de emisiones de subcategoría Móvil no especificada. De ser validado, el destino de este combustible, se afianzaría la exactitud y exactitud del cálculo de esta fuente, ya que representa el 0.5% de las emisiones en la | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con OSINERGMIN y la DGAC para su gestión. | 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 |
|---|---|---|---------------------------|
| | Categoría de Combustión Móvil. | | |
| Evaluar la factibilidad de actualización de la categoría transporte móvil del INGEI 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 proyección se estimen las emisiones del año 1994, utilizando datos estadísticos de la fuente. | Mediano plazo |
| Mejorar el análisis de incertidumbre para cada una de las sub-categorías, implementando un proceso de evaluación con apoyo de expertos en un proceso formal y sistematizado. | Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| Implementar todos los procedimientos de control de calidad sugeridos por IPCC para factores de emisión por defecto, factores de emisión nacionales y niveles de actividad a un nivel nacional | Asegurar la mayor exactitud posible | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |

Fuente: DGASA – MTC

4.2 Transporte Terrestre

Se incluyen 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 que la GL2006 establece han sido agrupados en función de la clasificación vehicular en el Perú.

La clasificación vehicular del Perú está basada en la Directiva N° 002-2006- MTC/15, “Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares”, aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15²⁰. Según esta clasificación los tipos de vehículos para los cuales se reportan las emisiones son:

- ✓ 1A3bi: Automóviles
- ✓ 1A3bii: Camiones para servicio ligero
- ✓ 1A3biii: Camiones para servicio pesado y autobuses.
- ✓ 1A3biv: Motocicletas

²⁰ Disponible en: www.transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1743_.pdf

Tabla 42: Sub – Categoría relacionadas al Transporte Terrestre

| Categoría de fuente según IPCC | Definición IPCC | Clasificación Nacional según MTC ²¹ |
|---|---|--|
| 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 moto-taxis) |

Fuente: GL2006, Vol. 2, p.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. Tampoco ha sido posible la desagregación de las fuentes: automóviles y camionetas de servicio ligero.

4.2.1 Elección del método

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación, una breve descripción de los niveles para estimar las emisiones de CO₂:

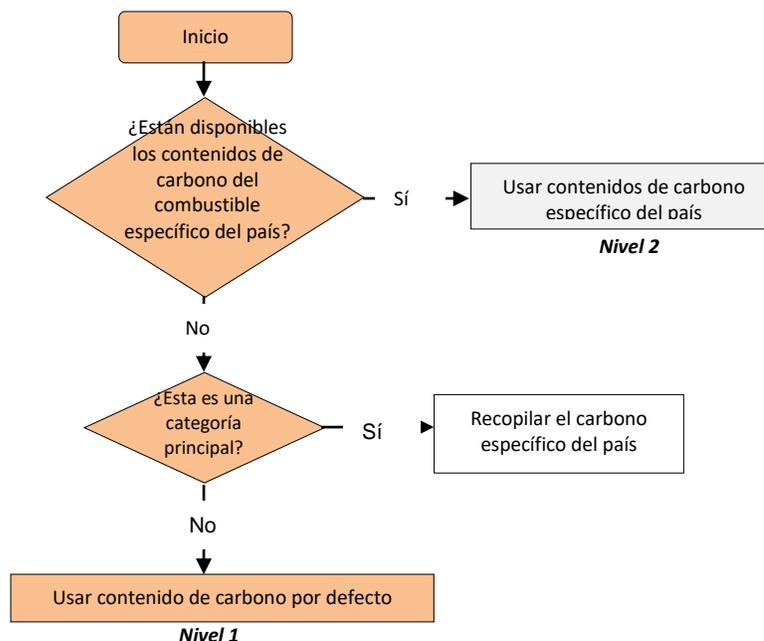
Nivel 1: Calcula las emisiones de CO₂, multiplicando el combustible estimado que se vende con un factor de CO₂ por defecto.

Nivel 2: Es igual al nivel 1, con la excepción de que se utiliza el contenido de carbono específico del país.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar qué nivel debe utilizarse para estimar las emisiones de CO₂ procedentes del transporte terrestre.

²¹ Clasificación vehicular en el Perú de acuerdo a norma del MTC, disponible en: www.araper.pe/ckfinder/userfiles/files/INF_SEM_2013.pdf

Gráfico 22: Árbol de decisión para las emisiones de CO2 procedentes de la quema de combustible en los vehículos terrestres



Fuente: GL2006, vol. 2 – figura 3.11

Para identificar el Nivel de cálculo seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado:

- Para Nivel 2: ¿Están disponibles los contenidos de carbono del combustible específico del país?; la respuesta es NO debido que no tenemos esta información para el nivel de actividad; procedemos al siguiente nivel de cálculo.
- Para Nivel 1: ¿Esta es una categoría principal?; Si lo es, pero por no contar con información sobre el carbono específico del país se ha elegido el **Nivel 1**.

Con el análisis realizado del árbol de toma decisiones para estimar el CO₂ y con la información disponible al 2014 para esta subcategoría (venta de combustible), el nivel de cálculo empleado es el Nivel 1.

El nivel 1 aplica la siguiente ecuación para la determinación de las emisiones:

Ecuación 3: CO₂ del Transporte Terrestre.

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

- Dónde:
- 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.)

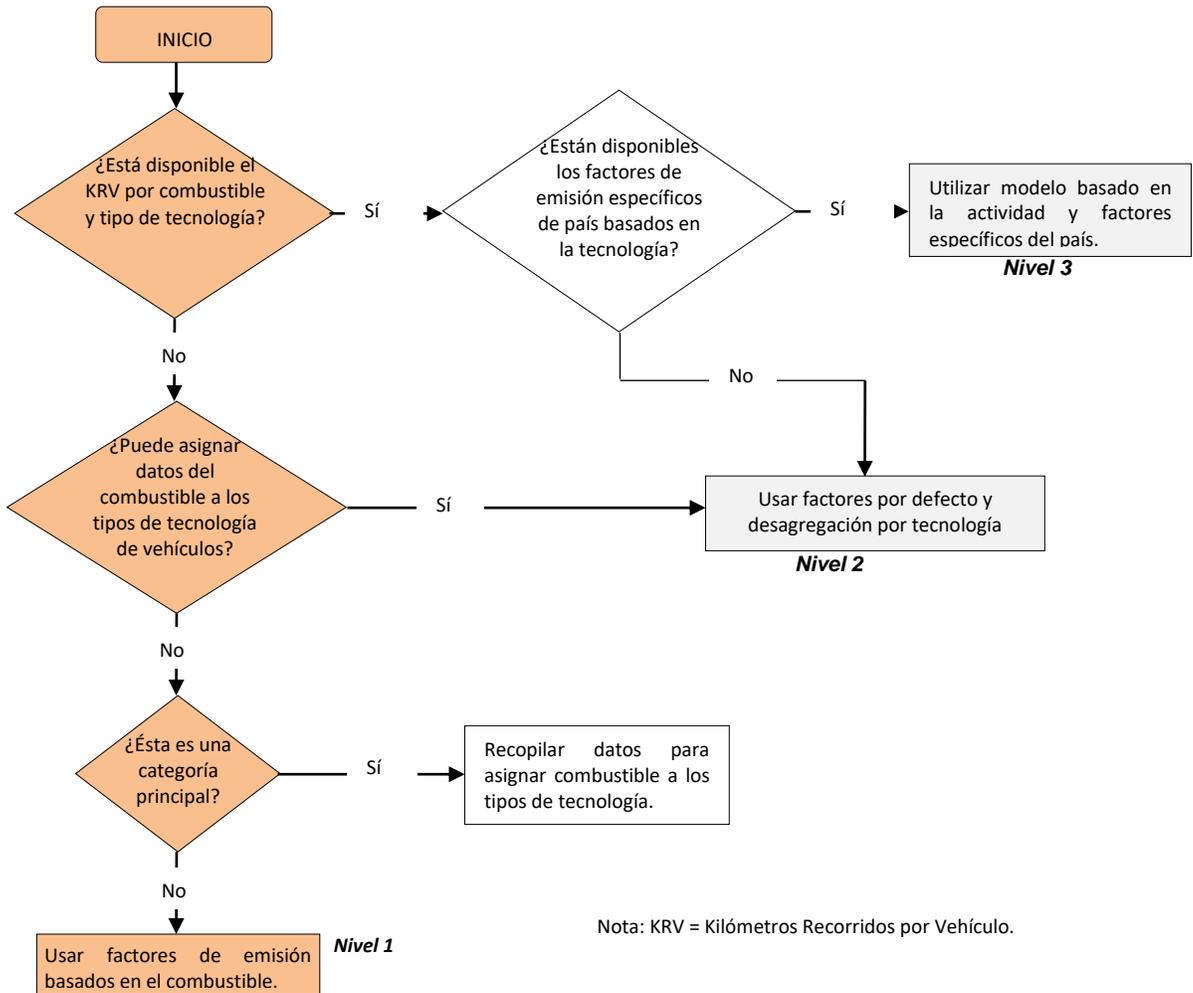
Fuente: GL2006, Vol. 2, p. 3.12, Ecuación 3.2.1

Las emisiones de metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O) son difíciles de estimar, a diferencia de las emisiones del CO₂, puesto que los factores de emisión dependen de:

- La tecnología del vehículo (ejemplo vehículos que incluyan catalizadores modernos),
- Tipo de combustible y
- Condiciones de uso (en carretera pavimentada o no pavimentadas)

Para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O se presentan 3 niveles de cálculo a diferencia del CO₂ que presenta solo dos niveles. El árbol de decisión a continuación presenta la elección del método para calcular las emisiones de CH₄ y N₂O en transporte terrestre.

Gráfico 23: Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ y N₂O de los vehículos terrestres



Fuente: GL2006, vol. 2 – figura 314

Para identificar el Nivel de cálculo seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado:

- Para Nivel 3: ¿Está disponible el KRV (Kilómetros Recorridos por Vehículo) por combustible y tipo de tecnología?; la respuesta es NO; por lo tanto, procedemos al siguiente nivel de cálculo.

- Para Nivel 2: ¿Puede asignar datos del combustible a los tipos de tecnología de vehículos?; la respuesta es NO; por lo tanto, procedemos al siguiente nivel de cálculo.
- Nivel 1: ¿Esta es una categoría principal? La respuesta es Sí pero por no contar con información sobre las tecnologías por tipo de combustible se ha elegido el **Nivel 1**.

La ecuación para estimar las emisiones de metano y óxido nitroso (CH₄ y N₂O) corresponde a la siguiente ecuación:

Ecuación 4: 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: GL2006, Vol. 2, p. 3.13, Ecuación 3.2.3

A manera de resumen, se presenta a continuación el método del nivel aplicado para cada fuente.

Tabla 43: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Transporte Terrestre

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | TIER/Nivel | |
|---------------|-----------------------------|---|--------------------------|---|---|
| 1 | Energía | | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | | |
| | 1A3 | Transporte | | | |
| | 1A3b | Transporte Terrestre | | | |
| | 1A3bi | Automóviles | Combustible vendido (TJ) | - Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP)*, sin incluir Grifos Flotantes. | 1 |
| | 1A3bii | Camiones para servicio ligero | | 1 | |
| | 1A3biii | Camiones para servicio pesado y autobuses | | 1 | |
| | 1A3biv | Motocicletas | | - Venta total de GNV. | 1 |

*Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos

Fuente: DGASA – MTC

4.2.2 Descripción del nivel de actividad

A continuación, se presenta la descripción del nivel de actividad y los datos nacionales empleados en transporte terrestre:

Tabla 44: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Transporte Terrestre

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados | Comentarios |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--|---|--|--|--|
| 1 | | Energía | | | | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | | | | | |
| | 1A3 | Transporte | | | | | | |
| | 1A3b | Transporte Terrestre | | | | | | |
| | 1A3bi | Automóviles | *Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir Grifos Flotantes. * Venta total de GNV. | unidades de masa o volumen (Miles de Barriles y m ³) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería –SCOP (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. INFOGAS. [Distribución consumo GNV por tipo de vehículo (m ³) anual]. Recuperado de Marco Castellanos Melzi (Comunicación personal, 26 de julio del 2016). | Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método <i>top-down</i>). Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible. | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Según la clasificación vehicular integran: autos, Station Wagon, camionetas, ómnibus, camiones y vehículos menores. |
| | | Combustible vendido (TJ) | *Parque Automotor circulante e inscritos de autos y station wagon | Unidades de autos y station wagon. | MTC – OGPP (s.f). [Parque Automotor circulante e inscritos (Libro de Excel)]. | | | La clasificación vehicular (Dato Nacional) del Perú, es según la Directiva N° 002-2006- MTC/15, "clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares, Resolución |
| | 1A3bii | Camiones para servicio ligero | *Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir Grifos Flotantes * Venta total de GNV. | unidades de masa o volumen (Miles de Barriles y m ³) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería –SCOP (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. INFOGAS. [Distribución consumo GNV por tipo de vehículo (m ³) anual]. Recuperado de Marco Castellanos Melzi (Comunicación personal, 26 de julio del 2016). | El parque automotor circulante y registrado es información complementaria, para lograr distribuir el consumo total de | | |

| Clasificación | | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados | Comentarios |
|---------------|---------|---|---------------------------|--|---|--|---|------------------------|----------------------------------|
| | | | | Parque Automotor circulante e inscritos de camiones para servicio ligero. | unidades camionetas | MTC – OGPP (s.f). [Parque Automotor circulante e inscritos (Libro de Excel)]. | combustible para cada clase vehicular en circulación y por tipo de combustible. | | Directoral N° 4848-2006-MTC/15." |
| | 1A3biii | Camiones para servicio pesado y autobuses | | *Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir Grifos Flotantes * Venta total de GNV. | unidades de masa o volumen (Miles de Barriles y m³) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería –SCOP (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. INFOGAS. [Distribución consumo GNV por tipo de vehículo (m³) anual]. Recuperado de Marco Castellanos Melzi (Comunicación personal, 26 de julio del 2016). | | | |
| | | | | Parque Automotor circulante e inscritos de camiones para servicio pesado y autobuses | unidades camiones de servicio pesado y Ómnibus | MTC – OGPP (s.f). [Parque Automotor circulante e inscritos (Libro de Excel)]. | | | |
| | 1A3biv | Motocicletas | | * Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir Grifos Flotantes * Venta total de GNV. | unidades de masa o volumen (Miles de Barriles y m³) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería –SCOP (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. INFOGAS. [Distribución consumo GNV por tipo de vehículo (m³) anual]. Recuperado de Marco Castellanos Melzi (Comunicación personal, 26 de julio del 2016). | | | |
| | | | | * Parque Automotor circulante e inscritos de motos | unidades de motocicletas | MTC – OGPP (s.f). [Parque Automotor circulante e inscritos (Libro de Excel)]. | | | |

Fuente: DGASA – MTC

- a) Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir Grifos Flotantes: Esta información fue proporcionada por Osinergmin, logrando obtener el total de combustible que consume el transporte terrestre (no se incluye GNV):

Tabla 46: Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos

| Tipo de Combustible | Año 2014 [MB] |
|---------------------|---------------|
| | Total |
| Diésel B5 | 9,490 |
| DB5 S-50 | 12,654 |
| Gasolina 84 | 939 |
| Gasolina 90 | 601 |
| Gasolina 95 | 5 |
| Gasolina 97 | 0.1 |
| Gasohol 84 | 2,920 |
| Gasohol 90 | 5,759 |
| Gasohol 95 | 1,697 |
| Gasohol 97 | 496 |
| Gasohol 98 | 298 |
| GLP | 4,903 |

Fuente: Osinergmin

✓ **Análisis de buena práctica a los datos nacionales: Demanda de Establecimiento de venta al público de combustibles líquidos.**

Es una buena práctica controlar los siguientes factores, para usar los datos del combustible vendido:

**¿Los datos del combustible se relacionan solamente con los vehículos de carretera o incluyen también los todo terreno? En este RAGEI, en la fuente de Todo terreno (1A3eii) se reportan los vehículos internos de los aeropuertos del Perú y del puerto del Callao; para los cuales no se tiene la certeza si se abastecen de los establecimientos de la venta al público, ya que solo se tiene conocimiento que para el aeropuerto de Lima y Callao cuenta con su propio establecimiento de combustibles líquidos, mientras que para los demás aeropuertos y para el puerto del Callao no se tiene esta información.*

**¿Se incluye el uso del combustible agrícola? Para las fuentes móviles para la agricultura, no se tiene la certeza si también se abastecen de los establecimientos de la venta al público.*

**¿Existe un contrabando de combustible significativo? No se tiene conocimiento de la existencia de contrabando de combustibles en el Perú.*

La GL2006 sugiere dos métodos alternativos para separar el uso del combustible en la carretera del uso ajeno a ésta, para la cual se necesita datos de kilómetros recorridos por vehículos y conocimiento de los tipos de equipos no viales y su utilización.

*Por lo tanto, se tiene como una **acción de mejora**: Utilizar la metodología sugerida por las GL2006 con información de kilómetros recorridos por vehículos, para separar el uso del combustible en la carretera del uso ajeno a ésta.*

Cabe mencionar que la tabla 46, presenta el volumen de los biocombustibles Diésel B5 y Gasohol, a los cuales se le restará el 5% y 7.8% de biodiesel y etanol, respectivamente. Esta se presenta al final, en la Tabla 54 al obtener el Combustible vendido en los grifos, distribuido por tipo de vehículo y combustible.

Para lograr obtener el consumo de combustible por tipo de vehículo y tipo de combustible, se tiene que recurrir a dos tipos de información brindada por el MTC:

- Cantidad de vehículos registrados por tipo de combustible año 2014
- Cantidad de vehículos circulantes en el año 2014.

Toda vez que para los cálculos se requiere la cantidad de vehículos circulantes por tipo de vehículo y tipo de combustibles a continuación se describe los pasos realizados:

Paso 1.- Determinar la participación porcentual de los vehículos registrados por tipo de combustibles (gasolina, diésel, GLP y GNV) (Tabla 48).

Tabla 47: Parque automotor registrado por tipo de vehículo y tipo de combustible año 2014

| Tipo de combustible | TOTAL | CLASE DE VEHICULO REGISTRADOS (número de vehículos) | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|---|---------------|------------|---------|--------|---------|---------|------------|----------------|
| | | automóvil | station wagon | camionetas | | | ómnibus | camión | remolcador | veh. aut. men. |
| | | | | pick up | rural | panel | | | | |
| 2014 | 2,421,735 | 503,542 | 88,036 | 146,778 | 318,101 | 19,959 | 26,538 | 110,067 | 26,070 | 1,182,644 |
| Diésel | 369,384 | 978 | 7,310 | 131,757 | 65,041 | 7,127 | 22,786 | 108,186 | 25,840 | 359 |
| GLP | 16,376 | 14,150 | 126 | 260 | 1,001 | 492 | 31 | - | - | 316 |
| GNV | 4,727 | 567 | 63 | - | - | - | 3,606 | 265 | 200 | 26 |
| Gasolina | 1,880,334 | 409,200 | 46,924 | 13,151 | 238,797 | 10,060 | 33 | 1,229 | 23 | 1,160,917 |
| Dual GLP | 7,719 | 1,875 | 1,120 | 218 | 1,559 | 191 | 4 | - | - | 2,752 |
| Dual GNV | 61,514 | 40,395 | 16,014 | 122 | 1,940 | 635 | 35 | 387 | 7 | 1,979 |
| Bi GLP | 42,117 | 10,229 | 6,113 | 1,191 | 8,507 | 1,043 | 20 | - | - | 15,014 |
| Bi GNV | 39,564 | 26,148 | 10,366 | 79 | 1,256 | 411 | 23 | - | - | 1,281 |

Fuente: MTC – SUNARP

Tabla 45: Participación porcentual de las clases de vehículos registrados por tipo de combustible

| Tipo de Combustible | CLASE DE VEHICULO REGISTRADOS (Porcentaje) | | | | | | | | |
|---------------------|--|---------------|------------|--------|--------|---------|--------|------------|------------|
| | Automóvil | Station Wagon | CAMIONETAS | | | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh. Menor |
| | | | Pick Up | Rural | Panel | | | | |
| DIESEL | 0.19% | 8.30% | 89.77% | 20.45% | 35.71% | 85.86% | 98.29% | 99.12% | 0.03% |
| GLP | 2.81% | 0.14% | 0.18% | 0.31% | 2.47% | 0.12% | 0.00% | 0.00% | 0.03% |
| GNV | 0.11% | 0.07% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 13.59% | 0.24% | 0.77% | 0.00% |
| GASOLINA | 81.26% | 53.30% | 8.96% | 75.07% | 50.40% | 0.12% | 1.12% | 0.09% | 98.16% |
| DUAL GLP | 0.37% | 1.27% | 0.15% | 0.49% | 0.96% | 0.02% | 0.00% | 0.00% | 0.23% |
| DUAL GNV | 8.02% | 18.19% | 0.08% | 0.61% | 3.18% | 0.13% | 0.35% | 0.03% | 0.17% |
| BI GLP | 2.03% | 6.94% | 0.81% | 2.67% | 5.23% | 0.08% | 0.00% | 0.00% | 1.27% |
| BI GNV | 5.19% | 11.77% | 0.05% | 0.39% | 2.06% | 0.09% | 0.00% | 0.00% | 0.11% |

Fuente: DGASA – MTC.

Paso 2.- Determinar la cantidad de vehículos circulantes estimado por tipo de combustibles (gasolina, diésel, GLP y GNV) (Tabla 50). Para ello se aplica la participación porcentual de los vehículos registrados por tipo de combustible (Tabla 48) al parque automotor circulante por tipo de vehículo (Tabla 49).

Tabla 46: Parque automotor circulante por tipo de vehículo año 2014

| Automóvil | Station wagon | Camionetas | | | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh. Menor |
|-----------|---------------|------------|---------|--------|---------|---------|------------|------------|
| | | Pick Up | Rural | Panel | | | | |
| 1,058,075 | 340,009 | 266,305 | 342,645 | 41,976 | 77,773 | 203,180 | 39,482 | 275,641 |

Fuente: MTC – SUNARP

Tabla 47: Clases de vehículos circulantes estimado por tipo de combustibles año 2014

| Tipo de Combustible | VEHICULO CIRCULANTES ESTIMADO POR TIPO DE COMBUSTIBLE (número de vehículos) | | | | | | | | | Total parque vehicular circulante por tipo de combustible |
|---------------------|---|---------------|------------|---------|--------|---------|---------|------------|----------------|---|
| | Automóvil | Station Wagon | Camionetas | | | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh. Aut. Men. | |
| | | | Pick Up | Rural | Panel | | | | | |
| DIESEL | 2,055 | 28,232 | 239,052 | 70,059 | 14,989 | 66,777 | 199,708 | 39,134 | 84 | 660,090 |
| GLP | 29,733 | 487 | 472 | 1,078 | 1,035 | 91 | 0 | 0 | 74 | 32,970 |
| GNV | 1,191 | 243 | 0 | 0 | 0 | 1,0568 | 489 | 303 | 6 | 1,2800 |
| GASOLINA | 859,837 | 181,228 | 23,860 | 257,222 | 21,157 | 97 | 2,269 | 35 | 270,577 | 1,616,282 |
| DUAL GLP | 3,940 | 4326 | 396 | 1,679 | 402 | 12 | 0 | 0 | 641 | 11,396 |
| DUAL GNV | 84,881 | 61,849 | 221 | 2,090 | 1,335 | 103 | 714 | 11 | 461 | 151,665 |
| BI GLP | 21,494 | 23,609 | 2,161 | 9,163 | 2,194 | 59 | 0 | 0 | 3,499 | 62,179 |
| BI GNV | 54,944 | 40,035 | 143 | 1,353 | 864 | 67 | 0 | 0 | 299 | 97,705 |

Fuente: DGASA – MTC

Paso 3.-Estimar la participación porcentual del parque vehicular circulante por tipo de combustible (Tabla 51). Para esta estimación, se toma el total del parque vehicular circulante por tipo de combustible (Tabla 50).

Tabla 48: Participación porcentual del parque circulante por tipo de combustible año 2014

| Tipo de Combustible | Total del parque vehicular circulante por tipo de combustible | Participación porcentual del Parque circulante por tipo de combustible |
|---------------------|---|--|
| DIESEL | 660,090 | 25.0% |
| GLP | 32,970 | 1.2% |
| GNV | 12,800 | 0.5% |
| GASOLINA | 1,616,282 | 61.1% |
| DUAL GLP | 11,396 | 0.4% |
| DUAL GNV | 151,665 | 5.7% |
| BI GLP | 62,179 | 2.4% |
| BI GNV | 97,705 | 3.7% |

Fuente: DGASA – MTC

Paso 4.-Estimar la participación porcentual de: Tipo de combustible desagregado por clase de vehículo circulante (Tabla 52); este se obtiene de la Tabla 50.

Tabla 49: Tipo de combustible desagregado por clase de vehículo circulante (%)

| Tipo de Combustible | Tipo de combustible desagregado por clase de vehículo circulante (Porcentaje) | | | | | | | | |
|---------------------|---|---------------|------------|-------|-------|---------|--------|------------|------------|
| | Automóvil | Station Wagon | CAMIONETAS | | | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh. Menor |
| | | | Pick Up | Rural | Panel | | | | |
| DIESEL | 0.3% | 4.3% | 36.2% | 10.6% | 2.3% | 10.1% | 30.3% | 5.9% | 0.0% |
| GLP | 90.2% | 1.5% | 1.4% | 3.3% | 3.1% | 0.3% | 0.0% | 0.0% | 0.2% |
| GASOLINA | 53.2% | 11.2% | 1.5% | 15.9% | 1.3% | 0.0% | 0.1% | 0.0% | 16.7% |
| DUAL GLP | 34.6% | 38.0% | 3.5% | 14.7% | 3.5% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 5.6% |
| DUAL GNV | 56.0% | 40.8% | 0.1% | 1.4% | 0.9% | 0.1% | 0.5% | 0.0% | 0.3% |
| BI GLP | 34.6% | 38.0% | 3.5% | 14.7% | 3.5% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 5.6% |
| BI GNV | 56.2% | 41.0% | 0.1% | 1.4% | 0.9% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 0.3% |
| GNV | 83.1% | 16.9% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 100.0% | 61.7% | 38.3% | 0.0% |

Fuente: DGASA – MTC

Paso 5: Determinar el combustible vendido en los grifos, distribuido por clase de vehículo y combustible (Tabla 53 y 54). Para ello, se aplica la multiplicación del dato nacional demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (tabla 46) y tipo de combustible desagregado por clase de vehículo circulante (porcentaje) (tabla 52).

En el caso de los vehículos de combustible DUAL y BI, se determina el combustible vendido haciendo uso de la Tabla 51 (Participación porcentual del parque vehicular circulante por tipo de combustible) y el dato nacional demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (Tabla 46).

Tabla 50: Combustible vendido en los grifos, distribuido por clase de vehículo y tipo de combustible (MB)

| Tipo de Combustible | Consumo [MB] | AUTOS | station wagon | Pick Up | Rural | Panel | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh. Menor |
|---------------------|--------------|---------|---------------|---------|---------|-------|---------|---------|------------|------------|
| Diésel B5 | 9,490.15 | 29.5 | 405.9 | 3,436.9 | 1,007.2 | 215.5 | 960.1 | 2,871.2 | 562.6 | 1.2 |
| DB5 S-50 | 11,874.20 | 37.0 | 507.9 | 4,300.2 | 1,260.3 | 269.6 | 1,201 | 3,592.5 | 704.0 | 1.5 |
| Gasolina 84 | 938.54 | 499.3 | 105.2 | 13.9 | 149.4 | 12.3 | 0.1 | 1.3 | 0.0 | 157.1 |
| Gasolina 90 | 601.49 | 320.0 | 67.4 | 8.9 | 95.7 | 7.9 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 100.7 |
| Gasolina 95 | 4.79 | 2.5 | 0.5 | 0.1 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 |
| Gasolina 97 | 0.12 | 0.1 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| Gasohol 84 | 2,920.42 | 1,553.6 | 327.5 | 43.1 | 464.8 | 38.2 | 0.2 | 4.1 | 0.1 | 488.9 |
| Gasohol 90 | 5,410.76 | 2,878.4 | 606.7 | 79.9 | 861.1 | 70.8 | 0.3 | 7.6 | 0.1 | 905.8 |
| Gasohol 95 | 1,696.58 | 902.6 | 190.2 | 25.0 | 270.0 | 22.2 | 0.1 | 2.4 | 0.0 | 284.0 |
| Gasohol 97 | 496.13 | 263.9 | 55.6 | 7.3 | 79.0 | 6.5 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 83.1 |
| Gasohol 98 | 297.90 | 158.5 | 33.4 | 4.4 | 47.4 | 3.9 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 49.9 |
| GLP | 4,766.94 | 4,298.9 | 70.4 | 68.2 | 155.9 | 149.6 | 13.2 | 0.0 | 0.0 | 10.7 |
| DUAL GLP | 75.64 | 26.2 | 28.7 | 2.6 | 11.1 | 2.7 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 4.3 |
| DUAL GLP (DB5 S-50) | 54.52 | 18.8 | 20.7 | 1.9 | 8.0 | 1.9 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 3.1 |
| DUAL GLP (GLP) | 21.13 | 7.3 | 8.0 | 0.7 | 3.1 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.2 |
| DUAL GNV | 245,712.32 | 137,515 | 100,201 | 358.0 | 3,386.0 | 2,162 | 166.9 | 1,156.8 | 17.8 | 746.9 |
| DUAL GNV (DB5 S-50) | 725.58 | 406.1 | 295.9 | 1.1 | 10.0 | 6.4 | 0.5 | 3.4 | 0.1 | 2.2 |
| DUAL GNV (GNV) | 244,986.75 | 137,109 | 99,905 | 357.0 | 3,376.0 | 2,156 | 166.4 | 1,153.3 | 17.8 | 744.7 |
| BI GLP | 250.64 | 86.6 | 95.2 | 8.7 | 36.9 | 8.8 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 14.1 |
| BI GLP (Gasohol 90) | 135.38 | 46.8 | 51.4 | 4.7 | 19.9 | 4.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 7.6 |
| BI GLP (GLP) | 115.26 | 39.8 | 43.8 | 4.0 | 17.0 | 4.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 6.5 |
| BI GNV | 158,037.07 | 88,871 | 64,756 | 231.3 | 2,188.5 | 1,397 | 108.4 | 0.0 | 0.0 | 483.6 |
| BI GNV (Gasohol 90) | 212.72 | 119.6 | 87.2 | 0.3 | 2.9 | 1.9 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.7 |
| BI GNV (GLP) | 157,824.35 | 88,751 | 64,669 | 231.0 | 2,185.5 | 1,395 | 108.2 | 0.0 | 0.0 | 483.0 |

Fuente: DGASA – MTC

En la siguiente tabla, se presentan los combustibles y biocombustibles (biodiesel y etanol) por separado.

Tabla 51: Combustible vendido en los grifos, distribuido por tipo de vehículo y combustible (Galones)

| Tipo de Combustible | Autos | Station Wagon | Pick Up | Rural | Panel | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh. Menor |
|---------------------|------------|---------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| Diésel B5 | 1,240,883 | 17,047,500 | 144,348,224 | 42,304,152 | 9,050,899 | 40,322,362 | 120,590,897 | 23,630,521 | 50,722 |
| DB5 S-50 | 1,552,609 | 21,330,058 | 180,610,409 | 52,931,516 | 11,324,605 | 50,451,874 | 150,884,927 | 29,566,821 | 63,464 |
| Gasolina 84 | 20,970,039 | 4,419,859 | 581,907 | 6,273,230 | 515,985 | 2,366 | 55,337 | 854 | 6,598,937 |
| Gasolina 90 | 13,439,397 | 2,832,624 | 372,936 | 4,020,423 | 330,687 | 1,516 | 35,465 | 547 | 4,229,164 |
| Gasolina 95 | 106,981 | 22,548 | 2,969 | 32,004 | 2,632 | 12 | 282 | 4 | 33,665 |
| Gasolina 97 | 2,660 | 561 | 74 | 796 | 65 | 0 | 7 | 0 | 837 |
| Gasohol 84 | 65,251,943 | 13,753,164 | 1,810,705 | 19,520,252 | 1,605,578 | 7,361 | 172,192 | 2,656 | 20,533,747 |

| Tipo de Combustible | Autos | Station Wagon | Pick Up | Rural | Panel | Ómnibus | Camión | Remolcador | Veh Menor |
|---------------------|-------------|---------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Gasohol 90 | 120,894,541 | 25,480,964 | 3,354,756 | 36,165,849 | 2,974,710 | 13,638 | 319,025 | 4,921 | 38,043,585 |
| Gasohol 95 | 37,907,243 | 7,989,716 | 1,051,905 | 11,340,029 | 932,739 | 4,276 | 100,032 | 1,543 | 11,928,805 |
| Gasohol 97 | 11,085,316 | 2,336,454 | 307,611 | 3,316,195 | 272,763 | 1,251 | 29,253 | 451 | 3,488,372 |
| Gasohol 98 | 6,656,073 | 1,402,902 | 184,702 | 1,991,178 | 163,778 | 751 | 17,565 | 271 | 2,094,560 |
| GLP | 180,554,553 | 2,957,322 | 2,866,234 | 6,546,188 | 6,285,069 | 552,600 | 0 | 0 | 449,367 |
| DUAL GLP | | | | | | | | | |
| DUAL GLP (DB5 S-50) | 791,669 | 869,228 | 79,569 | 337,363 | 80,774 | 2,411 | 0 | 0 | 128,797 |
| DUAL GLP (GLP) | 306,758 | 336,811 | 30,832 | 130,723 | 31,299 | 934 | 0 | 0 | 49,907 |
| DUAL GNV | | | | | | | | | |
| DUAL GNV (DB5 S-50) | 17,055,235 | 12,427,389 | 44,406 | 419,946 | 268,243 | 20,696 | 143,465 | 2,210 | 92,629 |
| DUAL GNV (Gnv) | 21,796,305 | 15,881,996 | 56,750 | 536,684 | 342,810 | 26,449 | 183,346 | 2,825 | 118,379 |
| BI GLP | | | | | | | | | |
| BI GLP (Gasohol 90) | 1,965,455 | 2,158,855 | 197,606 | 837,883 | 200,624 | 5,395 | 0 | 0 | 319,956 |
| BI GLP (GLP) | 1,673,468 | 1,838,136 | 168,250 | 713,408 | 170,819 | 4,594 | 0 | 0 | 272,423 |
| BI GNV | | | | | | | | | |
| BI GNV (Gasohol 90) | 5,024,191 | 3,660,881 | 13,076 | 123,721 | 79,006 | 6,127 | 0 | 0 | 27,341 |
| BI GNV (GNV) | 14,108,884 | 10,280,452 | 36,720 | 347,432 | 221,864 | 17,205 | 0 | 0 | 76,779 |
| Biodiesel | 62,044 | 852,375 | 7,217,411 | 2,115,208 | 452,545 | 2,016,118 | 6,029,545 | 1,181,526 | 2,536 |
| Biodiesel - S50 | 969,976 | 1,731,334 | 9,036,719 | 2,684,441 | 583,681 | 2,523,749 | 7,551,420 | 1,478,452 | 14,245 |
| Biogasolina | 19,405,211 | 4,429,069 | 539,788 | 5,717,018 | 485,877 | 3,026 | 49,769 | 768 | 5,962,037 |

Fuente: DGASA – MTC

- b) **Venta total de GNV:** es brindado directamente por INFOGAS. Se reportó un consumo total de 679,222,954 m³ de GNV, vendidos para el transporte terrestre en el Perú. Es importante aclarar que, de acuerdo a las consultas por correo electrónico, los representantes de INFOGAS manifestaron que sus estadísticas incluyen el consumo de gas natural en todo tipo de vehículo, según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 52: GNV vendido, distribuido por tipo de vehículo y combustible (m³)

| Tipo Vehículo | Ventas de GNV M ³ | Ventas de GNV % | Ventas de GNV m ³ distribuido |
|----------------------|------------------------------|-----------------|--|
| Automóvil | 551,360,129.75 | 81.4% | 553,029,226.29 |
| Camión | 6,239,784.71 | 0.9% | 6,258,674.00 |
| Otros | 2,049,961.61 | | |
| Transporte Público | 115,473,324.48 | 17.1% | 115,822,889.34 |
| Trimovil (Moto taxi) | 4,099,753.85 | 0.6% | 4,112,164.77 |
| TOTAL | 679,222,954 | | 679,222,954 |

Fuente: INFOGAS

Tal como se aprecia en la Tabla 55, "Otros" corresponde a chips de talleres y chips provisionales principalmente, al no tener un tipo de vehículo designado, es distribuido para el demás tipo de combustibles según su partición porcentual obtenida.

4.2.3 Factores de emisión y conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión de la GL2006 empleados:

Tabla 53: 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 | Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2, Cap. 3, p. 3.16, cuadro 3.2.1). Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html . |
| Camiones para servicio ligero | | D | | 1 | |
| Camiones para servicio pesado y autobuses | | D | | 1 | |
| Motocicletas | | D | | 1 | |

Fuente: DGASA – MTC

A continuación, se presentan los factores de emisión, tomados por defecto de las GL2006 para estimar las emisiones GEI en esta sub-categoría:

Tabla 54: Factores de emisión – Transporte terrestre

| Tipo de combustible | CO ₂ [kg/TJ] | CH ₄ [kg/TJ] | N ₂ O [kg/TJ] |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Gasolina para motores | 69300 | 33.00 | 3.200 |
| Gas/Diésel Oil | 74100 | 3.90 | 3.90 |
| Gas licuado de petróleo | 63100 | 62.00 | 0.20 |
| Gas natural | 56228* | 92.00 | 3.00 |
| Biogasolina / Biodiesel* | 70800 | | |

* Calculado

Fuente: GL2006, Vol 2, p 1.25

Es necesario obtener la demanda de los combustibles, en valores de energía (TJ), para poder multiplicarlo con el factor de emisión y posteriormente obtener las emisiones GEI; para lo cual se hace uso de las densidades y VCN de los combustibles de las Tablas 56 y 57 respectivamente:

Tabla 55: Densidades empleadas en Transporte Terrestre

| Tipo de combustible | Densidad inferior | Densidad superior | Densidad promedio / empleada | Unidad |
|---|-------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
| Gas Licuado de Petróleo ^a | 0.556 | | 0.556 | Kg/L |
| Diésel B5 ^a | 0.851 | | 0.851 | Kg/L |
| Gas Natural ^b | 0.750 | | 0.750 | Kg/m ³ |
| Gasohol 84 ^a | 0.734 | | 0.734 | Kg/L |
| Gasohol 90 ^a | 0.742 | | 0.742 | Kg/L |
| Gasohol 95 ^a | 0.761 | | 0.761 | Kg/L |
| Gasohol 97 ^a | 0.747 | | 0.747 | Kg/L |
| Diésel B5 (S-50) ^a | 0.837 | | 0.837 | Kg/L |
| Gasohol 98 BA Plus ^c | 0.758 | 0.779 | 0.7685 | g/Cm ³ |
| Biocombustible (100% etanol) ^d | 0.790 | | 0.790 | g/Cm ³ |

^a Petroperú²²

^b Medios de Transporte de GN²³

^c REPSOL²⁴

^d UNMS²⁵

²² Petróleos del Perú -Petroperú S.A (s.f). [Oficio con información de densidades (SEHS-666-2016)]

²³ H. Talavera, MEDIOS DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL LICUADO. Recuperado de http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos_recientes/files/archivos/52.pdf

²⁴ REPSOL. Recuperado de http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/refino/

El caso del gasohol 98, presenta dos valores de densidades, por la cual se usó el promedio de ambos, siendo de 0.7685.

Tabla 56: VCN empleadas en Transporte Terrestre

| Tipo de combustible | VCN | Unidad |
|---|--------|---------------------|
| Gas Licuado de Petróleo ^a | 0.05 | GJ/kg |
| Diésel B5 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Diésel B5 (S-50) ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Gas Natural ^a | 0.0010 | GJ/pie ³ |
| Gasohol 84 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Gasohol 90 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Gasohol 95 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Gasohol 97 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Biocombustible (100% etanol) ^b | 27.00 | TJ/Gg |

^a Petroperú³⁴

^b GL2006, Cap. 1, p. 1.19

²⁵ Universidad- Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <http://www.unmsm.edu.pe/cedit/linked/empleo%20de%20biocombustibles%20en%20el%20peru.pdf>

4.2.4 Análisis de incertidumbre

Este análisis ha permitido identificar en las fuentes de la sub-categoría de transporte terrestre (1A3b), la menor y mayor incertidumbre combinada según GEI, y además la incertidumbre introducida por tipo de gas en la tendencia de las emisiones de cada fuente comparando las emisiones aquí reportadas (año 2014) con las del inventario del año 2010 (versión actualizada):

Tabla 60: Incertidumbre de Transporte Terrestre

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | Incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre combinada | Incertidumbre combinada cómo % 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 % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \Sigma D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| Energía | | | | | | | |
| Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| Transporte | | | | | | | |
| 1A3b Terrestre | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 0.49% | 0.67% |
| | Gasolina para motores | CO ₂ | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 1.62% | 2.22% |
| | Diésel Oil | CO ₂ | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 3.29% | 4.51% |
| | Gas Natural | CO ₂ | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 0.48% | 0.65% |
| | Dual GLP | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.01% | 0.01% |
| | Dual GNV | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.17% | 0.20% |
| | BI GLP | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.03% | 0.04% |
| | BI GNV | CO ₂ | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.05% | 0.06% |
| | Total CO₂ | | | | | | 3.7% |
| 1A3b Terrestre | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 5.2% | 2.16% |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 8.4% | 3.47% |
| | Diésel Oil | CH ₄ | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 1.9% | 0.78% |
| | Gas Natural | CH ₄ | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 8.5% | 3.53% |
| | Dual GLP | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.01% | 0.01% |
| | Dual GNV | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 1.0% | 0.28% |
| | BI GLP | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.3% | 0.09% |
| | BI GNV | CH ₄ | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.7% | 0.20% |
| | Total CH₄ | | | | | | 13.3% |
| 1A3b Terrestre | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | 5% | 66.7% | 67% | 0.4% | 0.04% |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | 5% | 66.7% | 67% | 17.4% | 2.13% |

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | Incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre combinada | Incertidumbre combinada cómo % 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 % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \Sigma D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| | Diésel Oil | N ₂ O | 5% | 66.7% | 67% | 40.5% | 4.93% |
| | Gas Natural | N ₂ O | 5% | 66.7% | 67% | 6.0% | 0.73% |
| | Dual GLP | N ₂ O | 5% | 94.3% | 94% | 0.1% | 0.01% |
| | Dual GNV | N ₂ O | 5% | 94.3% | 94% | 2.5% | 0.22% |
| | BI GLP | N ₂ O | 5% | 94.3% | 94% | 0.3% | 0.02% |
| | BI GNV | N ₂ O | 5% | 94.3% | 94% | 0.8% | 0.1% |
| | Total N₂O | | | | | 44.5% | 5.4% |

Fuente: DGASA – MTC

Para el CO₂, la incertidumbre combinada es de 3.7%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 5.1%.

Para el CH₄, se presenta una incertidumbre combinada de 13.3%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 5.5%.

Para el N₂O, se tiene una incertidumbre combinada de 44.5%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 5.4%.

Los valores de incertidumbre de los datos de nivel de actividad y factores de emisión, se detallan a continuación en las Tablas 61 y 62.

Tabla 61: Incertidumbre de los datos de nivel de actividad – Transporte Terrestre

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | | Comentarios |
|--------------------|-------------------------|-----------------|--|---|---|
| | | | Valor GL2006 | Fuente de valores de incertidumbre para: Nivel de Actividad | |
| Terrestre | Gasolina para motores | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | La GL2006 indica: “las fuentes posibles de incertidumbre que suelen ser de alrededor del ±5 por ciento, incluyen: • Las incertidumbres de los sondeos nacionales de energía y las devoluciones de datos; • Las transferencias transfronterizas no registradas; • La clasificación incorrecta de los combustibles; • La clasificación incorrecta de los vehículos; • La falta de exhaustividad (el combustible no registrado en otras |
| | Diésel Oil | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas Natural | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GNV | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GLP | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GNV | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | | Comentarios |
|--------------------|-------------------------|------------------|--|------------------------|---|
| | | | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GLP | CO ₂ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | <p>categorías de fuentes puede utilizarse para fines del transporte); y</p> <ul style="list-style-type: none"> • La incertidumbre del factor de conversión de un conjunto de datos de la actividad a otro (p. ej., de los datos de consumo de combustible a persona-/tonelada-kilómetros o viceversa, véase lo anterior)". <p><i>Analizando las posibles fuentes de incertidumbre sugeridas por la GL2006, se tiene:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Las incertidumbres de los sondeos nacionales de energía y las devoluciones de datos: los datos proporcionados por Osinergmin (demanda de combustibles en grifos), no cuentan con análisis de incertidumbre en los sondeos nacionales de energía y las devoluciones de datos. Por tanto, ante la falta de información, se puede asumir que existiría incertidumbre por esta fuente. • Las transferencias transfronterizas no registradas: por información local, en el desarrollo de inventarios de Piura y Tumbes (talleres participativos), se sabe que existe combustible ingresado de contrabando en la zona norte del Perú (Tumbes, Piura, Lambayeque, etc.). Pero no se tiene información o registro de la cantidad y calidad del combustible ingresado desde el Ecuador. • La clasificación incorrecta de los combustibles y vehículos: la información de los datos nacionales, proporcionada por el MTC, cuya fuente original es el SUNARP, no proporciona estimación de la incertidumbre por clasificación de combustibles y vehículos. • La falta de exhaustividad en la información proporcionada: no se analizan otros consumos no registrados por Osinergmin en otras categorías y que finalmente son usados para fines de transporte. • Respecto a la última fuente de incertidumbre, no se analizan datos de actividad diferentes al consumo de combustible. Ante la de valores locales de incertidumbre, se toma el valor por defecto recomendado por la GL2006: ± 5%. |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Diésel Oil | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas Natural | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GNV | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GLP | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GNV | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GLP | CH ₄ | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Diésel Oil | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas Natural | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GNV | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GLP | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GNV | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GLP | N ₂ O | 5.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |

Fuente: DGASA – MTC

Tabla 572: Incertidumbre de Factores de Emisión – Transporte Terrestre

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión | Comentarios |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------|------------------------|--|--|
| | | | Valor inferior | Valor superior | valor a usar | | |
| Terrestre | Gasolina para motores | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | *Para CO ₂ : La GL2006 indica "Factores de emisión por defecto de dióxido de carbono del transporte terrestre tienen una incertidumbre del 2 al 5 por ciento, debido a la incertidumbre de la composición del combustible". |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gas Natural | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | **Para CH ₄ y N ₂ O: La GL2006, en la referencia indicada indica literalmente: "Las incertidumbres de los factores de emisión para el CH ₄ y el N ₂ O suelen ser relativamente altas (en especial para el N ₂ O) y tienden a ser un factor de 2-3". La GL2006 no precisa exactamente cuándo usar el valor inferior (factor 2) o superior (factor 3), solo indican que dependen de: <ul style="list-style-type: none"> Las incertidumbres en la composición del combustible (incluida la posibilidad de adulteración del combustible) y el contenido de azufre; Las incertidumbres en la distribución de la antigüedad de la flota y otra caracterización de los vehículos, incluidos los efectos transfronterizos; las características técnicas de los vehículos de otro país que repostan pueden cubrirse mediante los modelos tecnológicos; Las incertidumbres en los patrones de mantenimiento de los vehículos; Las incertidumbres en las condiciones de combustión (clima, altitud) y las prácticas de conducción, como ser velocidad, relación entre distancia de marcha y arranques en frío, o factores de carga (CH₄ y N₂O); Las incertidumbres en los índices de aplicación de las tecnologías de control de emisiones posteriores a la combustión (p. ej., catalizador tridireccional); Las incertidumbres en el uso de aditivos para minimizar el efecto de añejamiento de los catalizadores; Las incertidumbres en las temperaturas de trabajo (N₂O); y Las incertidumbres del equipo de pruebas y del equipo de medición de emisiones. |
| | BI GNV | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Dual GLP | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Dual GNV | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | BI GLP | CO ₂ | 4% | 4% | 4.9% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas Natural | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GNV | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GLP | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GNV | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GLP | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| Gasolina para motores | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | | |
| Diésel Oíl | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | | |
| Gas Natural | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | | |

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor | Comentarios |
|--------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|------|--------------|---|--|
| | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | <p>De las anteriores causas de incertidumbre, en el Perú no se tiene certeza o datos de ninguna. Por tanto, en un nivel conservador de cálculo de incertidumbre se ha considerado como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para el CH₄ considerar un factor de 2. • Para el N₂O considerar un factor de 3 (las GL2006 mencionan que estas serían relativamente más altas) <p>Respecto al término usado: "factor 2" y "factor 3" o en general factor n, la GL2006 vol. 1, p. 3.9 menciona: "se refiere a un rango ligado en el límite inferior por (media/n) y en el límite superior por (media x n). Otro ejemplo: un factor de incertidumbre 10 tiene un rango de 0,1×media a 10×media."</p> <p>Entonces los rangos de incertidumbre quedan como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para el CH₄, factor 2, con rangos: - 50% (media÷2) ~ +100% (media x 2). La incertidumbre sería el promedio simple de ambos, es decir: +25% • Para el N₂O, factor 3, con rangos: - 67% (media÷3) ~ +200% (media x 3). La incertidumbre sería el promedio simple de ambos, es decir: +67% <p>***Para los combustibles Dual y Bi, se utiliza la fórmula de combinación combinada (GL2006, Vol. 1, p. 3.31)</p> <p>Esto aplica para todos los GEI (CO₂, CH₄ y N₂O)</p> <p>Ecuación de incertidumbres – Método 1:</p> $U_{total} = \sqrt{(U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2)}$ |
| | BI GNV | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GLP | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | Dual GNV | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |
| | BI GLP | N ₂ O | 67% | 67% | 94.3% | GL2006 vol. 2, p. 3.30 | |

Fuente: DGASA – MTC

4.2.5 Garantía de calidad/Control de calidad

A continuación, se presenta los procedimientos de GC/CC realizados en transporte terrestre, tomando como referencia las GL2006.

Tabla 63: Procedimientos específicos de control de calidad en Transporte Terrestre

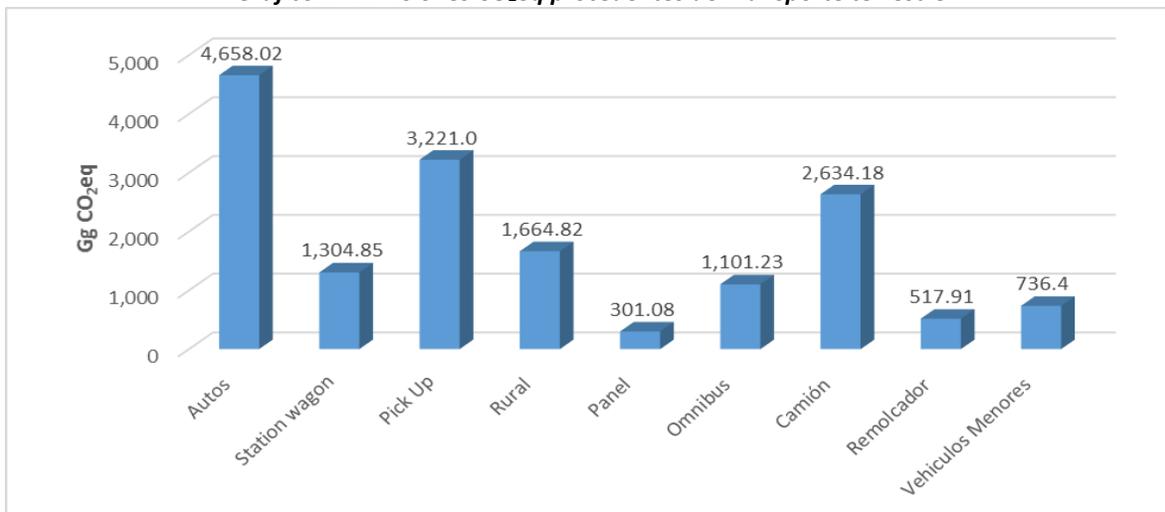
| Procedimiento específico | Comentario |
|--|--|
| <p>Comparación de emisiones a través de métodos alternativos: Para el caso de las emisiones de CO₂, el compilador debe comparar las emisiones usando las estadísticas del combustible y los datos de los kilómetros recorridos por los vehículos. Toda anomalía existente entre las estimaciones de emisión debe investigarse y explicarse. Deben registrarse los resultados de esas comparaciones para documentación interna.</p> | <p>Se comparó las emisiones de CO₂, con el consumo de combustible de los vehículos por tipo de combustible; confirmando que no se presenta ninguna anomalía en las emisiones estimadas.</p> |
| <p>Revisión de los factores de emisión Si se utilizan los factores de emisión por defecto, el compilador del inventario debe garantizar que sean aplicables y pertinentes a las categorías. De ser posible, deben compararse los factores por defecto con los datos locales para obtener un indicio mayor de que los factores son aplicables.</p> | <p>Se garantizó que los factores de emisión seleccionados y utilizados, corresponden correctamente a la estimación de emisiones de cada fuente. El Factor de Emisión del CO₂ del Gas Natural, fue revisado por el MINEM.</p> |
| <p>Verificación de los datos de la actividad El compilador debe revisar la fuente de los datos de la actividad para garantizar la aplicabilidad y la pertinencia a la categoría. De ser posible, el compilador debe comparar los datos con los datos históricos de la actividad o las salidas del modelo para detectar posibles anomalías.</p> | <p>Se verificó que los datos ingresados están correctamente inscritos en las hojas de cálculo, garantizando que tienen coherencia en las series temporales.</p> |
| <p>Revisión externa El compilador del inventario debe realizar una revisión independiente y objetiva de los cálculos, las hipótesis y la documentación del inventario de emisiones, para evaluar la eficacia del programa de CC. Deben realizar la revisión de pares los expertos que estén familiarizados con la categoría de fuente y que entiendan los requisitos del inventario. El desarrollo de factores de emisión de CH₄ y N₂O resulta de especial importancia debido a las grandes incertidumbres de los factores por defecto.</p> | <p>No se realizó.</p> |

Fuente: DGASA – MTC

4.2.6 Análisis de resultados de la sub-categoría

En el 2014, las emisiones del transporte terrestre fueron de 16,139.99 GgCO₂eq, representando el 92.8% del total de emisiones del sector.

Gráfico 24: Emisiones CO₂eq procedentes de Transporte terrestre

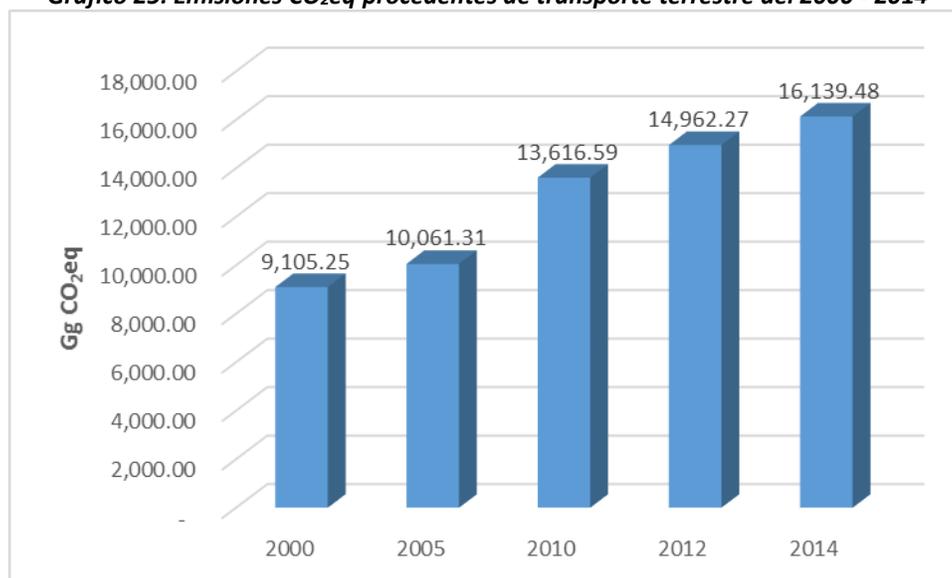


Fuente: DGASA – MTC

Se puede observar en el gráfico anterior, que las mayores emisiones corresponden al transporte en autos, con 4,658.02 GgCO₂eq (28.9% en esta sub-categoría).

A continuación, se presenta las emisiones GEI en los años 2000, 20005, 2010 y 2012:

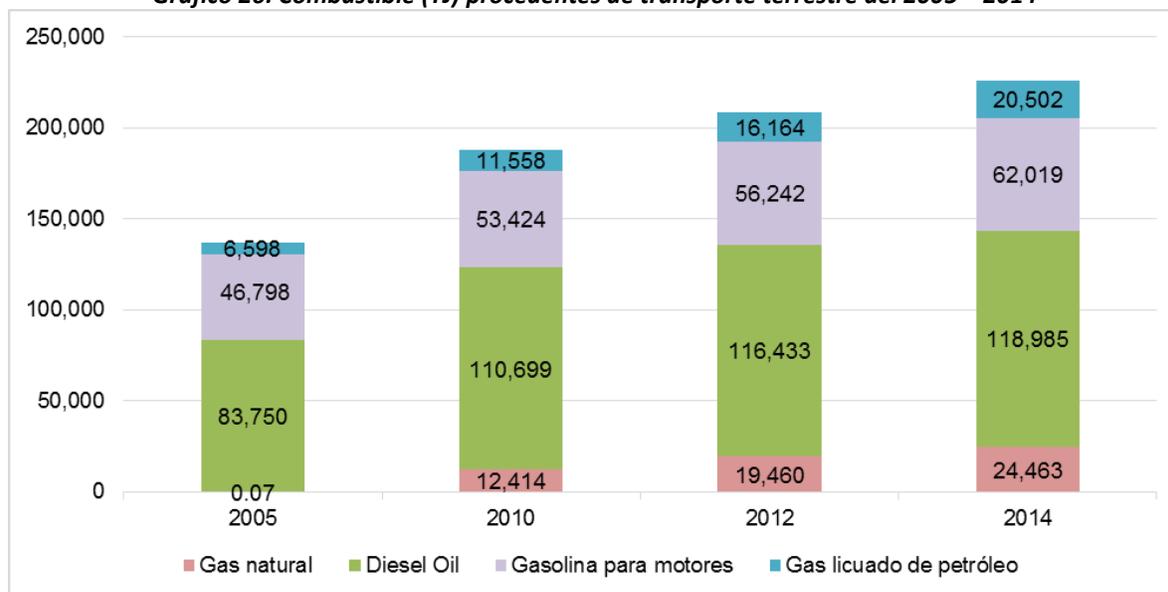
Gráfico 25: Emisiones CO₂eq procedentes de transporte terrestre del 2000 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

El aumento de las emisiones en transporte terrestre, se debe al incremento del parque automotor y este último se refleja en el consumo de combustible, donde la demanda de los combustibles en los grifos es mayor para cada año.

Gráfico 26: Combustible (TJ) procedentes de transporte terrestre del 2005 – 2014



Fuente: DGASA – MTC

4.2.7 Sigüientes pasos

En el desarrollo del RAGEI, se identificaron acciones de mejora en esta sub-categoría. Estas acciones se pueden implementar en futuros RAGEI, en mediano plazo (hasta 5 años):

Tabla 584: 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 |
|--|--|--|---------------------------|
| Realizar un estudio para determinar la estructura de participación de los combustibles y tipo de tecnología de los motores de los vehículos circulantes, según tipo. En el caso de los vehículos Bi y Dual determinar la participación de los combustibles GNV y GLP | Incrementar la exactitud y exhaustividad del cálculo de emisiones de la de la sub-categoría de Transporte Terrestre. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se debe coordinar con las instituciones involucradas. | Corto plazo |
| Realizar un análisis y/o estudio para determinar la participación vehicular agrícola, minera, etc. | Mejorar la exhaustividad de las emisiones en la Categoría de Combustión Móvil. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas. | Mediano plazo |
| Evaluar la factibilidad de actualización de la categoría transporte móvil del INGEI 1994 | Mejorar la coherencia temporal. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas. Se podría realizar proyecciones de las emisiones GEI con los datos históricos de demanda de | Mediano 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 |
|---|--|--|---------------------------|
| | | combustibles líquidos en los grifos, del año 2000 al año actual, ya que es la información disponible. | |
| Mejorar el análisis de incertidumbre para cada una de las sub-categorías, implementando un proceso de evaluación con apoyo de expertos en un proceso formal y sistematizado. | Mejorar la exactitud de los cálculos propiciado la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| Estimar las emisiones de gases indirectos (NOX, CO, COVDM, SO ₂) | Incrementar la exhaustividad del cálculo de emisiones de todas las subcategorías. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con el MINAM aspectos metodológicos. | Mediano plazo |
| Implementar todos los procedimientos de control de calidad sugeridos por IPCC para factores de emisión por defecto, factores de emisión nacionales y niveles de actividad a un nivel nacional | Asegurar la mayor exactitud posible. | No se han iniciado gestiones de implementación. En el caso del MINEM, que ha revisado la elaboración del F.E del Gas Natural, debe fortalecer esta actividad para los próximos reportes. | Mediano plazo |
| Considerar las buenas prácticas del PCC para asegurar que no exista doble contabilidad. | Mejorar la exactitud de los cálculos evitando una sobre estimación. | No se han iniciado gestiones de implementación. Para ello se debe coordinar con cada entidad involucrada que cuenta con información del nivel de actividad, para que realice acciones de gestión de información internamente. | Corto plazo |

Fuente: DGASA - MTC

4.3 Ferrocarriles

Se incluyen las emisiones de GEI por el consumo de combustibles para todas las actividades de transporte ferroviario (excluyendo el Metro de Lima²⁶). Para la elaboración del RAGEI 2014 se han considerado las siguientes empresas ferroviarias:

1A3c Ferrocarriles:

- I. A cargo de: Concesionaria Ferrovías Central Andina S.A
Empresa operadora:
1. *Ferrocarril Central Andino S.A*
- II. A cargo de: Concesionaria Ferrocarril Transandino S.A
Empresas operadoras:
2. *Perurail S.A*
3. *Inca Perurail S.A.C*
- III. A cargo de: La DGCF del MTC
Empresa operadora:
4. *Ferrocarril Huancayo-Huancavelica*
- IV. A cargo de: el Gobierno Regional de Tacna
Empresa operadora:
5. *Ferrocarril Tacna Arica.*
- V. A cargo de: Líneas férrea Privada
Empresa operadora:
6. *Sothorn Perú Copper Corporation.*

Fuente: MTC²⁷

4.3.1 Elección del método

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación, una breve descripción de los niveles:

Nivel 1: Se estiman las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O usando los factores de emisión por defecto específicos del combustible, que las GL2006 brinda y la cantidad combustible consumido.

Nivel 2: Para el CO₂, CH₄ y N₂O, se estiman las emisiones con los factores de emisión específicos del país y el combustible consumido.

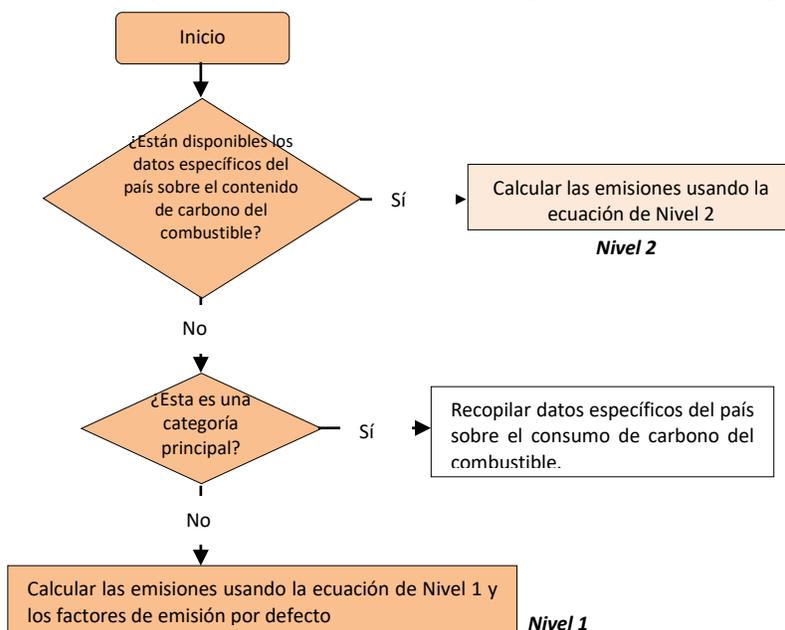
Nivel 3: Para CH₄ y N₂O, se requiere datos al detalle de cada tipo de motor y tren, horas anuales de utilización de la locomotora, potencial nominal promedio de la locomotora.

Los árboles de decisiones que se presentan a continuación, ayudan a seleccionar el nivel adecuado de cálculo para estimar las emisiones procedentes del transporte ferroviario.

²⁶ A cargo de la empresa GyM Ferrovías S.A – Línea 1. Se excluye porque su fuente de energía es la electricidad y las emisiones Producción de electricidad y calor como actividad principal (1A1a) son reportadas en el sector Energía-Combustión estacionaria, a cargo del MINEM.

²⁷ MTC. Mapa de Ferrocarriles del Perú. Recuperado de www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_ferrocarriles/documentos/Mapa%20Ferrocarriles%20Peru_2013-A3.pdf

Gráfico 27: Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ procedentes del transporte ferroviario



Fuente: GL2006, vol.2 – figura 3.4.1

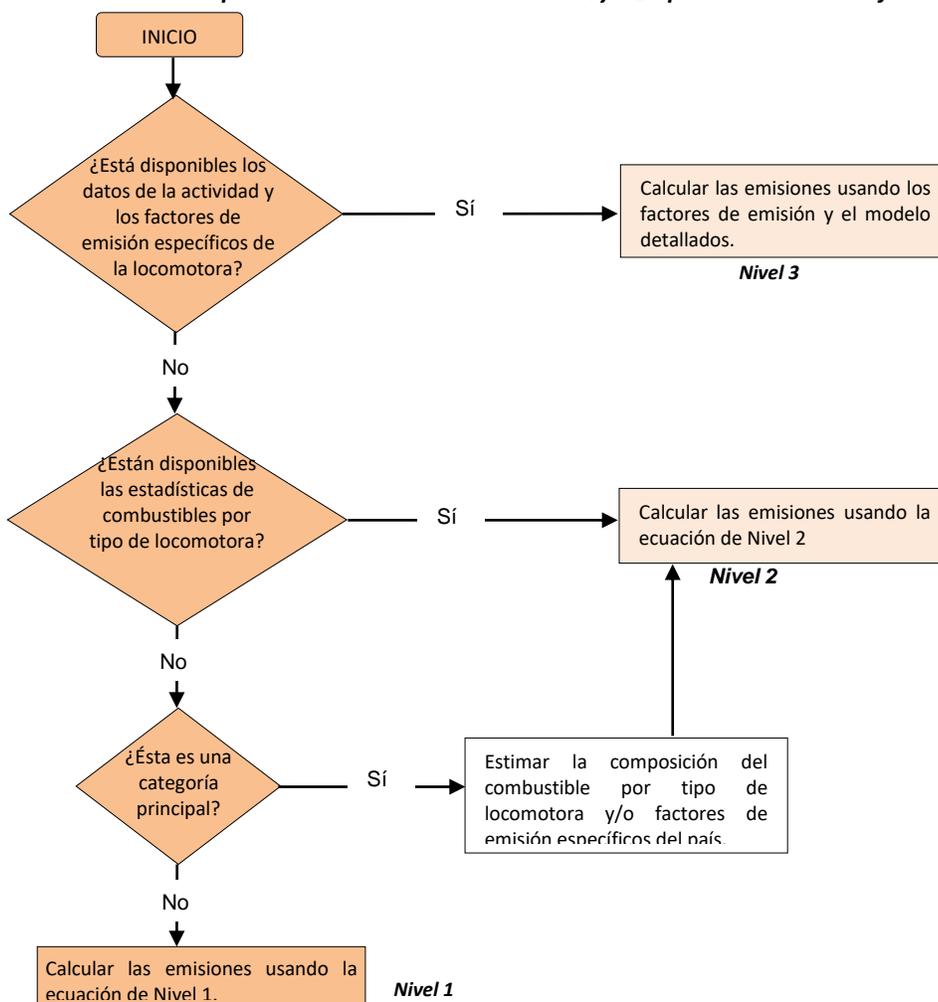
Para identificar el Nivel de cálculo para las emisiones de CO₂, seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado :

Nivel 2: ¿Están disponibles los datos específico del país sobre el contenido de carbono del combustible?; la respuesta es NO. Por lo tanto, procedemos al siguiente nivel de cálculo.

Nivel 1: ¿Esta es una categoría principal?; NO, por lo tanto, se opta por elegir este Nivel 1 debido a que se cuenta con los datos de consumo de combustible de las locomotoras.

A diferencia de las emisiones de CO₂, el CH₄ y N₂O de esta sub-categoría dependen de la antigüedad de la locomotora. A continuación, para identificar el Nivel de cálculo para las emisiones de CH₄ y N₂O, seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado:

Gráfico 28: Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de los ferrocarriles



Fuente: GL2006, vol. 2 – figura 3.4.2

Para identificar el Nivel de cálculo, para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O, seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado anteriormente:

Nivel 3: ¿Está disponibles los datos de la actividad y los factores de emisión específicos de la locomotora?; la respuesta es NO; por lo tanto, procedemos al siguiente nivel de cálculo.

Nivel 2: ¿Están disponibles las estadísticas de combustibles por tipo de locomotora?; la respuesta es Sí; pero no contamos con factores de emisión específicos del país, por lo tanto, procedemos al siguiente nivel de cálculo.

Nivel 1: ¿Esta es una categoría principal?; NO, por lo tanto, se opta por elegir este Nivel 1 debido que contamos con los datos consumo de combustible en las locomotoras.

Con lo anterior expuesto tanto para estimar las emisiones de CO₂ y las de CH₄ y N₂O; el nivel de cálculo adecuado es el Nivel 1 dado que la información disponible es consumo de combustible y los factores de emisión son tomados por defecto de las GL2006.

La ecuación para el nivel 1 es:

Ecuación 5: 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: GL2006, Vol. 2, p. 3.41 y Ecuación 3.4.1

En la siguiente tabla se resume el nivel de cálculo empleado en las estimaciones para ferrocarriles:

Tabla 595: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Ferrocarriles

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | TIER/Nivel |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--|
| 1 | Energía | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | |
| | 1A3 | Transporte | | |
| | 1A3c | Ferrocarriles | Tipo de combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ) | Combustible consumido en las locomotoras de los ferrocarriles: Tacna - Arica, Huancayo - Huancavelica, Central Andina, Perurail e Inca Rail Parque de transporte ferroviario: Southern Perú y consumo de combustible promedio por día de un ferrocarril |

Fuente: DGASA – MTC

4.3.2 Descripción del nivel de actividad

A continuación, se presentan la descripción del nivel de actividad y los datos nacionales empleados, en ferrocarriles:

Tabla 66: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en ferrocarriles

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados por el nivel de actividad | Comentarios | |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|--|---------------------------------------|---|--|--|---|
| 1 | | Energía | | | | | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| | 1A3 | Transporte | | | | | | | |
| | 1A3c | Ferrocarriles | Tipo de combustible consumido (representado o por el combustible vendido) (TJ) | Combustible consumido en las locomotoras de los ferrocarriles: Tacna - Arica, Huancayo - Huancavelica, Central Andina, Perurail e Inca Rail. | Unidades de masa o volumen (galones). | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Empresa operaria: Ferrocarril Inca Rail. Consumo de petróleo D-2 BIO-5 años 2011/2015 por auto vagón. Recuperado de Carta (E-211942-2016). ✓ Empresa operaria: Ferrocarril Central Andino. Información sobre tipo y consumo de combustible-ferroviario. Recuperado de Oficio (FCCA/SIAA N°021-2016). ✓ Ferrocarril Huancayo-Huancavelica. Consumos de combustibles de material rodante del ferrocarril Huancayo Huancavelica año 2014. Recuperado de Oficio (Documento de la DGCF). ✓ Empresa operaria: Ferrocarril Perurail. Consumo de combustible de Locomotoras. Recuperado de. Carta* (No 290-GL-201 6/FETRANS). ✓ Empresa operaria: Ferrocarril Tacna-Arica. Consumos de combustibles | <ul style="list-style-type: none"> • Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método top-down) • Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible. | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Data es original de las empresas ferroviarias, que brindan el consumo de sus locomotoras en el año. |

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados por el nivel de actividad | Comentarios |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|---|---|---|--|--|--|
| | | | | | de material rodante del ferrocarril Tacna Arica año 2014. Recuperado de Oficio (Documento de la DGCF). | | | |
| | | | Parque de transporte ferroviario: Southern Perú y consumo de combustible promedio por día de un ferrocarril. Se usó ambos datos, ya que la empresa Southern Perú, no reporto el consumo de combustible de sus locomotoras. | Unidad de Locomotoras y consumo de combustible e promedio por día de un ferrocarril | MTC-OGPP. [Parque ferroviario y Tráfico ferroviario de carga (Libro de Excel)]. GL2006, Vol. 2, p.3.45 | A través de la siguiente fórmula de la GL2006: <i>Consumo de combustible del inventario = Cantidad de locomotoras de maniobras X Consumo promedio de combustible por locomotora y por día X Cantidad promedio de días de trabajo por locomotora en el año</i> | | Es posible obtener el consumo de combustible de una locomotora con la cantidad de locomotoras, además si se desconoce el consumo de combustible promedio por día, se puede usar un valor de 863 litros por día (USEPA, 2005a). La cantidad de días de trabajo suele ser 365. |

*Información entregada por la concesionaria Ferrocarril Trasandino S.A, esta no cuenta con locomotoras, pero si con vehículos pequeños para mantenimiento de las vías ferroviarias.

Fuente: DGASA – MTC

Como **acciones de mejora** en esta sub-categoría, fue que de seis empresas que hay a nivel nacional y que representan el 100% del transporte ferroviario, cinco reportaron su consumo de combustible (Southern Perú no envió información), además se ha actualizado el ratio, para estimar el consumo de combustible para la empresa Southern Perú, para el RAGEI 2014 e INGEI 2005, 2010 y 2012. Considerando el método de cálculo seleccionado, las ecuaciones incluidas e incluyendo las acciones de mejoras, fue necesario contar con la información que se detalla a continuación:

Para el transporte ferroviario en el año 2014, el Perú, contó con seis empresas que realizaron actividad de transporte de pasajeros y carga. De las cuales para este RAGEI 2014, cinco empresas reportaron los consumos de combustible en sus locomotoras; mientras que el consumo de combustible de Southern Perú se tuvo que estimar a través de un ratio, tal como se explica en los siguientes párrafos.

- a) Consumo de Combustible de las locomotoras por empresa ferroviaria:
Tal como se viene mencionando de las seis empresas identificadas para el RAGEI, son cinco empresas las que reportaron su consumo de combustible, tal como se presenta a continuación:

Tabla 67: Consumo de combustible de empresas ferroviarias

| Nombre de la empresa | Petróleo Diésel B5 S50 UV [gal] | Diésel B5 [gal] |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Ferrocarril Tacna - Arica | | |
| Locomotora | - | |
| Ferrocarril Huancayo-Huancavelica | | |
| Locomotora | 21,699 | - |
| Ferrovías Central Andina S.A | | |
| Locomotora | 2,259,605 | |
| Ferrocarril Perurail S.A. | | |
| Locomotora | | 2,554,741 |
| Inca Rail | | |
| Locomotora/Autovagón | | 56,360 |
| TOTAL | 2,281,304 | 2,611,101 |

Fuente: DGASA – MTC

Cabe mencionar que la empresa Ferrocarril Tacna – Arica no tuvo actividades para el año 2014.

- b) Parque y Consumo de combustible promedio por día de un ferrocarril:
La Dirección General de Ferrocarriles y Caminos, reporta el total de locomotoras, autovagones y autocarriles. De estos valores, se considera solo el número de locomotoras año (porque es donde se quema el combustible). Estos valores sirvieron de base para estimar el consumo de combustible de la única empresa que no reportó: Southern Perú. La estimación del consumo de combustible se realiza empleando la siguiente ecuación:

Tabla 608: Ecuación de estimación del consumo de combustible de las locomotoras de southern Perú:

| |
|---|
| Consumo de combustible del inventario = Cantidad de locomotoras de maniobras x Consumo promedio de combustible por locomotora y por día x Cantidad promedio de días de trabajo por locomotora en el año |
|---|

Fuente: GL2006, Vol. 2, p.3.45

Con el valor por defecto que la GL2006 indica (863 litros), 28 unidades de locomotoras y 365 días del año, se obtiene el consumo de combustible:

Tabla 6961: Consumo de combustible en empresa ferroviaria Southern

| | | |
|---|------------------|----------------------|
| Consumo de combustible del inventario = | 8,819,860 | Litros de Diésel B5 |
| Consumo de combustible del inventario = | 2,329,962 | Galones de Diésel B5 |

Fuente: DGASA – MTC

Finalmente se presenta en la Tabla 70, el consumo del combustible de las empresas de ferrocarril (incluyendo lo estimado de Southern Perú), con el biodiesel (5% del Diésel B5) separado del biocombustible:

Tabla 620: Consumo de combustible de empresas ferroviarias año 2014

| Empresa | DB5 S50 [gal] | Diésel B5 [gal] | Biodiesel [gal] |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Ferrocarril Tacna - Arica | | | |
| Locomotora | - | - | - |
| Ferrocarril Huancayo-Huancavelica | | | |
| Locomotora | 21,699 | - | 1,085 |
| Ferrovías Central Andina S.A | | | |
| Locomotora | 2,259,605 | - | 112,980 |
| Ferrocarril Perurail S.A. | | | |
| Locomotora | - | 2,554,741 | 127,737 |
| Southern Perú Copper Co. | | | |
| Locomotora | 2,329,962 | - | 116,498 |
| Inca Rail | | | |
| Locomotora/Auto vagón | - | 56,360 | 2,818 |

Fuente: DGASA – MTC

4.3.3 Factores de emisión y conversiones

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados:

Tabla 631: Factores de emisión empleados – Ferrocarril

| Fuente de emisión / captura | Factor de emisión | calculado (C)/por defecto (D) | Dato Nacional | TIER/ Nivel | Fuente de información |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---------------|-------------|--|
| Ferrocarril | 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 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2, Cap. 3, p. 3.16, cuadro 3.2.1). Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html . |

Fuente: DGASA – MTC

Los factores de emisión, de los combustibles usados en ferrocarriles son valores por defecto de la GL2006 y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 72: Factores de emisión GEI para transporte ferroviario

| Tipo de GEI | Diésel (*) [Kg GEI/TJ] |
|------------------|------------------------|
| CO ₂ | 74,100 |
| CH ₄ | 4.15 |
| N ₂ O | 28.60 |

Fuente: GL2006 – Vol.2, p. 3.43, cuadro 3.4.1

Dado que los factores de emisión de GEI utilizados en los cálculos se encuentran en toneladas de CO₂/CH₄ y N₂O por unidades energéticas, se requiere convertir las unidades originales de los combustibles a unidades energéticas, por lo tanto, se utiliza los valores de densidad y poder calorífico (VCN) de dichos combustibles. Ver tabla 74 y 75 respectivamente:

Tabla 73: Densidades para combustibles usados en ferrocarriles - RAGEI 2014

| Tipo de combustible | Densidad inferior | Densidad superior | Unidad |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Diésel B5 ^a | 0.851 | | Kg/L |
| Diésel B5 (S-50) ^a | 0.837 | | Kg/L |
| Biocombustible (100% etanol) ^d | 0.790 | | g/Cm ³ |

^a Petroperú²⁸

^d UNMSM²⁹

Las densidades presentadas solo cuentan con valores de densidad inferior, por la cual es la que se empleará para estimar el factor de conversión.

Tabla 74: VCN para combustibles usados en ferrocarriles - RAGEI 2014

| Tipo de combustible | VCN | Unidad |
|---|-------|--------|
| Diésel B5 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Diésel B5 (S-50) ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Biocombustible (100% etanol) ^b | 27.00 | TJ/Gg |

^a Petroperú³⁰

^b GL2006, Cap. 1, p. 1.19

²⁸ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (SEHS-666-2016)

²⁹ Universidad- Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de www.unmsm.edu.pe/cedit/linked/empleo%20de%20biocombustibles%20en%20el%20peru.pdf.

³⁰ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (SEHS-666-2016)

4.3.4 Análisis de incertidumbre

Este análisis ha permitido identificar en las fuentes de la sub-categoría de ferrocarriles (1A3c), la menor y mayor incertidumbre combinada según GEI, y además la incertidumbre introducida por tipo de gas en la tendencia de las emisiones de cada fuente comparando las emisiones aquí reportadas (año 2014) con las del inventario del año 2010 (versión actualizada):

Tabla 645: Incertidumbre de Ferrocarriles

| Categoría del IPCC | 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 % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \Sigma D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| Energía | | | | | | | |
| Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| Transporte | | | | | | | |
| 1A3c Ferrocarriles | Diésel Oíl S-50 | CO ₂ | 5.0% | 0.5% | 5.0% | 3.19% | 3.4% |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | 5.0% | 0.5% | 5.0% | 1.84% | 2.0% |
| | Total CO₂ | | | | | 3.7% | 3.9% |
| 1A3c Ferrocarriles | Diésel Oíl S-50 | CH ₄ | 5.0% | 45.4% | 45.7% | 29.0% | 3.4% |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | 5.0% | 45.4% | 45.7% | 16.7% | 2.0% |
| | Total CH₄ | | | | | 33.5% | 3.9% |
| 1A3c Ferrocarriles | Diésel Oíl S-50 | N ₂ O | 5.0% | 75.0% | 75.2% | 47.7% | 3.4% |
| | Diésel Oíl | N ₂ O | 5.0% | 75.0% | 75.2% | 27.5% | 2.0% |
| | Total N₂O | | | | | 55.0% | 3.9% |

Fuente: DGASA – MTC

Para el CO₂, la incertidumbre combinada es de 3.7%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 3.9%.
 Para el CH₄, se presenta una incertidumbre combinada de 33.5%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 3.9%.
 Para el N₂O, se tiene una incertidumbre combinada de 55%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 3.9%.
 Los valores de incertidumbre de los datos de nivel de actividad y factores de emisión, se detallan a continuación en las tablas 78 y 79.

Tabla 656: Incertidumbre en los datos de nivel de actividad – Ferrocarriles

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | | Comentarios |
|--------------------|-----------------|------------------|--|---|---|
| | | | Valor GL2006 | Fuente de valores de incertidumbre para: Nivel de Actividad | |
| Ferrocarriles | Diésel Oíl S-50 | CO ₂ | 5.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.46 | La GL2006, indica que: “La incertidumbre de los datos de la actividad de arriba hacia abajo (uso del combustible) tiende a ser de aproximadamente ±5 por ciento”. |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | 5.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.46 | |
| | Diésel Oíl S-50 | CH ₄ | 5.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.46 | |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | 5.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.46 | |
| | Diésel Oíl S-50 | N ₂ O | 5.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.46 | |
| | Diésel Oíl | N ₂ O | 5.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.46 | |

Fuente: DGASA – MTC

Tabla 667: Incertidumbre en los Factores de Emisión – Ferrocarriles

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión | Comentarios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------|------------------------|--|---|-----|----------------|--|--|-------------|----------|----------|-----------------|--------|--------|--------|-----------------|------|------|------|------------------|------|------|------|
| | | | Valor inferior | Valor superior | Valor a usar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ferrocarriles | Diésel Oíl S-50 | CO ₂ | -2% | 0.9% | 0.5% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 | <p>La GL2006 (Vol2, p.3.46), indica que: El Cuadro 3.4.1 proporciona rangos que indican las incertidumbres asociadas con el diésel. Ante la falta de información específica, la relación porcentual entre los valores limitantes superior e inferior y la estimación central pueden servir para derivar los rangos de incertidumbre por defecto asociados con los factores de emisión para los aditivos”.</p> <p><i>Por lo tanto se toma la variación porcentual de los F.E (GL2006, Cuadro 3.4.1), para obtener los valores de incertidumbre:</i> CO₂: Primer valor Δ% = (72600 - 74100)/74100 = -2.0% y Segundo valor Δ% = (74800 - 74100)/74100 = 0.9%. Promedio simple de ambos: +0.5% CO₄: Primer valor Δ% = (1.67 - 4.15)/4.15 = -59.8% y Segundo valor Δ% = (10.4 - 4.15)/4.15 = 150.6%. Promedio simple de ambos: +45.4% N₂O: Primer valor Δ% = (14.3 - 28.6)/28.6 = -50% y Segundo valor Δ% = (85.8 - 28.6)/28.6 = 200%. Promedio simple de ambos: +75%.</p> <p>Factores de Emisión por defecto de los combustibles para el transporte ferroviario</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gas</th> <th colspan="3">Diésel (Kg/TJ)</th> </tr> <tr> <th>Por defecto</th> <th>Inferior</th> <th>Superior</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂</td> <td>74 100</td> <td>72 600</td> <td>74 800</td> </tr> <tr> <td>CH₄</td> <td>4.15</td> <td>1.67</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>N₂O</td> <td>28.6</td> <td>14.3</td> <td>85.8</td> </tr> </tbody> </table> | Gas | Diésel (Kg/TJ) | | | Por defecto | Inferior | Superior | CO ₂ | 74 100 | 72 600 | 74 800 | CH ₄ | 4.15 | 1.67 | 10.4 | N ₂ O | 28.6 | 14.3 | 85.8 |
| | Gas | Diésel (Kg/TJ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Por defecto | Inferior | Superior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CO ₂ | 74 100 | 72 600 | 74 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CH ₄ | 4.15 | 1.67 | 10.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | N ₂ O | 28.6 | 14.3 | 85.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diésel Oíl | CO ₂ | -2% | 0.9% | 0.5% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diésel Oíl S-50 | CH ₄ | -60% | 150.6% | 45.4% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diésel Oíl | CH ₄ | -60% | 150.6% | 45.4% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diésel Oíl S-50 | N ₂ O | -50% | 200.0% | 75.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diésel Oíl | N ₂ O | -50% | 200.0% | 75.0% | GL2006 Vol. 2, p. 3.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: DGASA – MTC

4.3.5 Garantía de calidad/Control de calidad

A continuación, se presenta los procedimientos de GC/CC realizados en el cálculo de las emisiones de GEI para ferrocarriles, tomando como referencia las GL2006.

Tabla 678: Procedimientos específicos de control de calidad en ferrocarriles

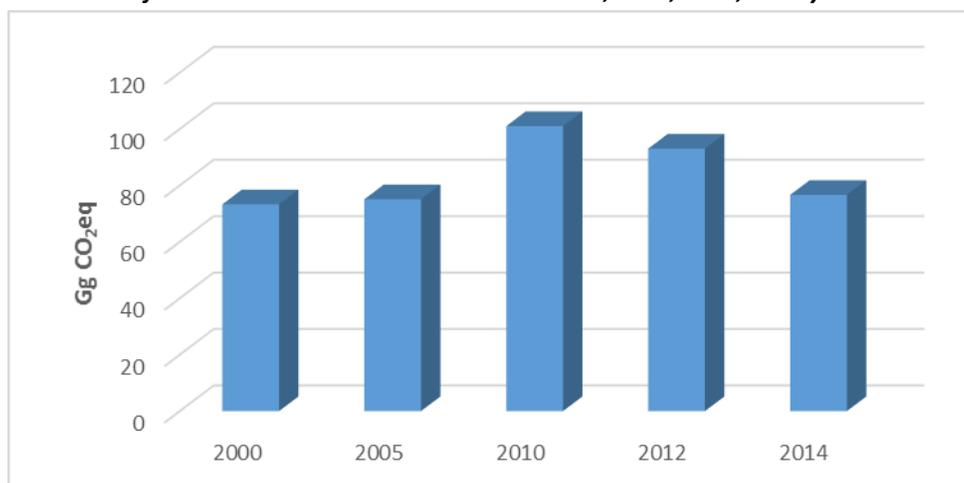
| Procedimiento específico | Comentario |
|---|---|
| <p>Revisión de los factores de emisión <i>El compilador del inventario debe garantizar que la fuente de datos original para los factores nacionales sea aplicable a cada categoría y que se hayan efectuado los controles de exactitud sobre la adquisición y el cálculo de los datos. Para los factores por defecto del IPCC, el compilador debe garantizar que sean aplicables y pertinentes a la categoría. De ser posible, deben compararse los factores por defecto del IPCC con los factores nacionales, para obtener un indicio mayor de que los factores son aplicables y razonables</i></p> | <p>Se controló que se registren correctamente los parámetros y las unidades y que se utilicen los factores de emisión adecuado para la fuente de ferrocarriles.</p> |
| <p>Control de los datos de la actividad <i>Debe revisarse la fuente de los datos de la actividad, para garantizar la aplicabilidad y la pertinencia a la categoría. De ser posible, deben compararse los datos con los datos de la actividad históricos o con las salidas del modelo, para detectar anomalías. Es posible controlar los datos con los indicadores de productividad tales como el combustible por unidad de distancia de desempeño del ferrocarril (kilómetros de carga y con pasajeros) en comparación con otros países y a través de distintos años.</i></p> | <p>Se verificó que los datos ingresados estén correctos, garantizando que tienen coherencia en las series temporales (año 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014).</p> |

Fuente: DGASA – MTC

4.3.6 Análisis de resultados de la sub-categoría

En el año 2014, las emisiones de los ferrocarriles fueron de 76.65 GgCO₂eq, representando el 0.6% del total de emisiones del sector. En la Grafica 29 se presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

Gráfico 29: Emisiones de GEI en los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014

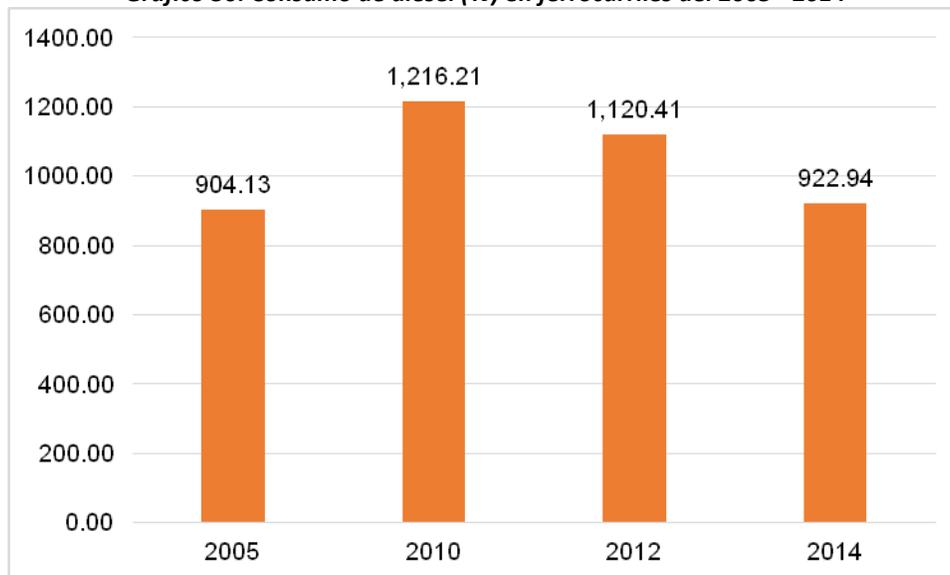


Fuente: DGASA – MTC

Según la gráfica, las emisiones GEI generadas para los años 2000, 2005, 2010 y 2014, presentan una tendencia creciente, excepto las emisiones del año 2010, siendo estas mayores a todos los años, con 101.01 GgCO₂eq.

La variación de las emisiones GEI del año 2010 y demás años, se debe principalmente al consumo del diésel en las locomotoras, que presentan las empresas, tal como se presenta a continuación.

Gráfico 30: Consumo de diésel (TJ) en ferrocarriles del 2005 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

4.3.7 Sigüientes pasos

En el desarrollo del RAGEI, se identificaron acciones de mejora para futuros cálculos de emisiones en ferrocarriles. Estas acciones podrían implementarse en futuros RAGEI, planificadas en un corto (1 año) y mediano plazo (hasta 5 años):

Tabla 7968: 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 |
|---|--|--|---------------------------|
| Coordinar con el MINEM (entidad competente) para obtener, de forma continua, información sobre el consumo de combustible de la empresa ferroviaria Southern Perú. | Incrementar la exactitud y exhaustividad del cálculo de emisiones de la subcategoría de Ferrocarriles. Southern Perú, representa el 18% del parque ferroviario en el año 2014. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas. La información de consumo de combustible correspondería a los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014. | Corto plazo |
| Validar la estimación de emisiones del INGEI 2000, de la subcategoría de Ferrocarriles. | Mejorar la exactitud del cálculo de emisiones de la fuente de ferrocarriles. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las seis empresas de ferrocarriles identificadas: Ferrocarril Tacna - Arica, Huancayo-Huancavelica, Central Andina S.A, Perurail S.A., Inca Rail y Southern Perú. | Corto plazo |
| Estimar las emisiones de gases indirectos (NO _x , CO, COVDM, SO ₂). | Incrementar la exhaustividad del cálculo de emisiones de | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con | Mediano 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 |
|---|---|--|---------------------------|
| | todas las subcategorías. | el MINAM aspectos metodológicos. | |
| Evaluar la factibilidad de actualización de la categoría transporte móvil del INGEI 1994. | Mejorar la coherencia temporal. | Aún no se ha iniciado esta acción, siendo una opción el realizar proyecciones de las emisiones GEI, con datos históricos (estadísticas), ya que la mayor parte de las empresas ferroviarias no cuentan información del consumo de combustible de las locomotoras para el año 1994. | Mediano plazo |
| Mejorar el análisis de incertidumbre para cada una de las sub-categorías, implementando un proceso de evaluación con apoyo de expertos en un proceso formal y sistematizado. | Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| Considerar las buenas prácticas del PCC para asegurar que no exista doble contabilidad. | Mejorar la exactitud de los cálculos evitando una sobre estimación. | No se han iniciado gestiones de implementación. Para ello se debe coordinar con cada empresa ferroviaria, para que realice acciones de gestión de información. | Corto plazo |
| Implementar todos los procedimientos de control de calidad sugeridos por IPCC para factores de emisión por defecto, factores de emisión nacionales y niveles de actividad a un nivel nacional | Asegurar la mayor exactitud posible. | No se han iniciado gestiones de implementación. | Mediano plazo |

Fuente: DGASA - MTC

4.4 Navegación marítima y fluvial

Se incluyen las emisiones de GEI por la quema y la evaporación de combustibles para todas las actividades de transporte marítimo y fluvial. Esta subcategoría genera emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). La sub-categoría de navegación marítima y fluvial incluye las siguientes fuentes (fuentes en gris no se incluyen en el RAGEI del sector Energía-combustión móvil):

Tabla 80: Estructura de la sub-categoría 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 desde 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). |
| 1A4ciii <i>Pesca (combustión móvil)</i> | Emisiones de combustible que se usa en pesca de cabotaje, costera y en alta mar. La pesca debe cubrir las naves de todas las banderas que hayan repostado en el país (incluida la pesca internacional). |
| 1A5b <i>Móvil (componente de la navegación marítima y fluvial)</i> | Todas las demás emisiones móviles marítimas y fluviales de la quema de combustibles que no se hayan especificado en otro lugar. Incluye las emisiones militares precedentes de la navegación marítima y fluvial militar del combustible entregado a las fuerzas militares del país, que no se incluye por separado en la categoría 1 A3 d i, así como el combustible entregado dentro de ese país, pero usado por las fuerzas militares de otros países que no participan en operaciones multilaterales. |
| 1A5c <i>Operaciones multilaterales (componente de navegación marítima y fluvial)</i> | Emisiones procedentes de los combustibles utilizados para la navegación marítima y fluvial en las operaciones multilaterales, conforme a la Carta de las Naciones Unidas. Incluye las emisiones de combustible entregado a los militares del país y a los militares de otros países. |

Fuente: GL2006, Vol. 2, p.3.8

De las presentadas, se estiman las emisiones de las siguientes:

1A3di: *Navegación marítima internacional.*

1A3dii: *Navegación marítima y fluvial nacional*

Las emisiones de la subcategoría 1A4ciii - Pesca (combustión móvil), no se consideran en este reporte dado que sus estimaciones le competen al MINEM según lo establecido en el INFOCARBONO y se incluye en el de sector Energía - Combustión Estacionaria. Las emisiones de la subcategoría 1A5b - Móvil (componente de la navegación marítima y fluvial) y 1A5c - Operaciones multilaterales (componente de navegación marítima y fluvial) no han sido estimados debido a que no se cuenta con la información necesaria.

4.4.1 Elección del método

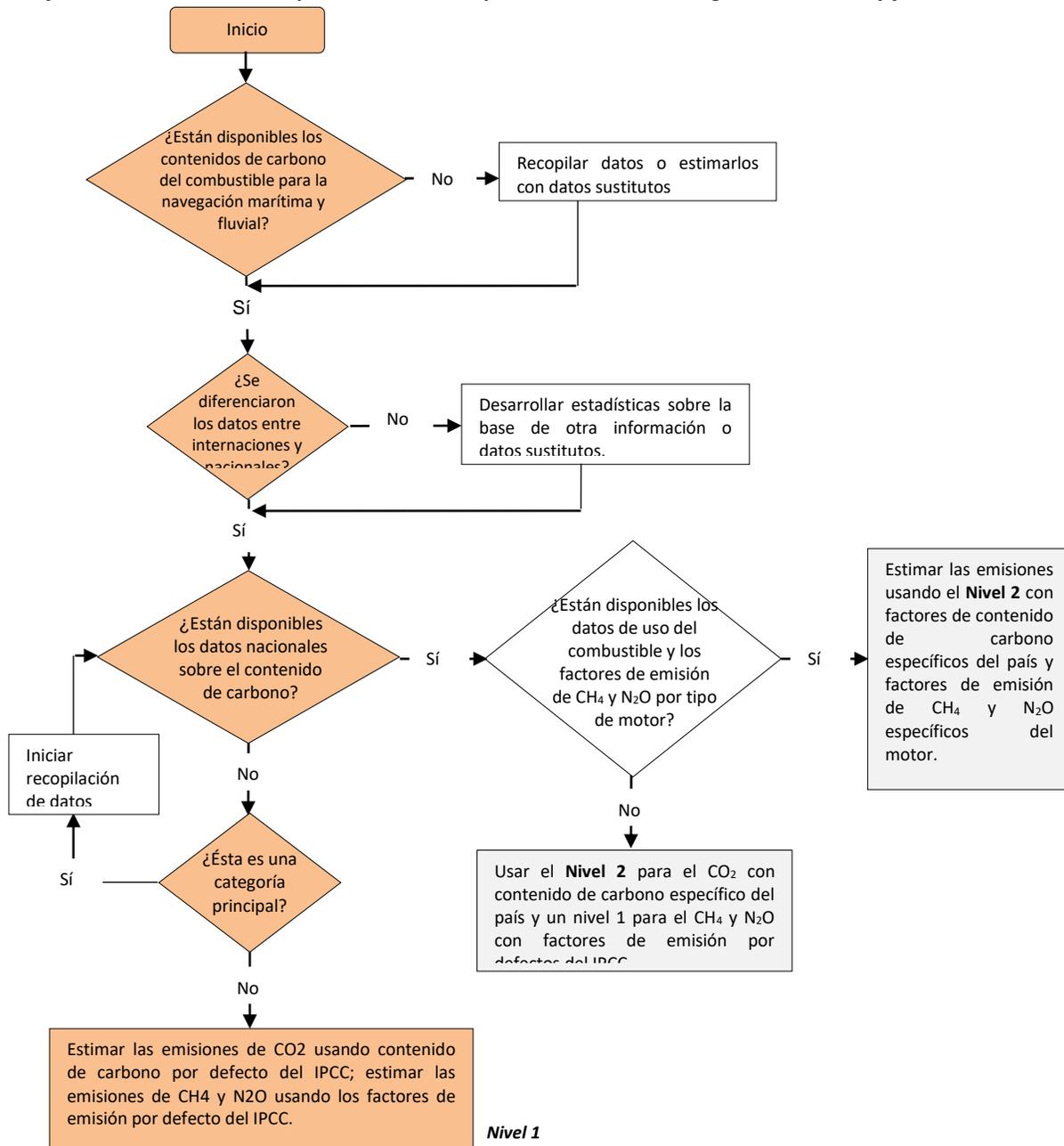
El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación, una breve descripción de los niveles de cálculo en navegación:

Nivel 1: Se estiman las emisiones usando los factores de emisión por defecto específicos del combustible. Estos valores son proporcionados por la GL2006.

Nivel 2: También utiliza el consumo de combustible, pero exige la aplicación de factores de emisión específicos del país con mayor especificidad en la clasificación de los modos (p. ej., barcos y botes transatlánticos), tipo de combustible (p. ej., fuelóleo) y hasta el tipo de motor (p. ej., diésel).

El árbol de decisión, que se presenta a continuación, ayuda a seleccionar el nivel adecuado para estimar las emisiones de GEI procedentes del transporte marítimo y fluvial:

Gráfico 31: Árbol de decisión para las emisiones procedentes de la navegación marítima y fluvial



Fuente: GL2006, vol. 2 – figura 3.5.1

Para identificar el Nivel de cálculo de las emisiones GEI, seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado:

Nivel 3: ¿Están disponibles los contenidos de carbono del combustible para la navegación marítima y fluvial?; la respuesta es NO; por lo tanto, procedemos al siguiente nivel de cálculo.

Nivel 2: ¿Se diferenciaron los datos entre internacionales y nacionales?, si es sí ¿Están disponibles los datos nacionales sobre el contenido de carbono?; la respuesta es SÍ para la primera pregunta; pero para la segunda pregunta la respuesta es NO, ya que no contamos con datos del contenido de carbono; por lo tanto; procedemos al siguiente nivel de cálculo.

Nivel 1: ¿Esta es una categoría principal?; la respuesta sería NO, por lo tanto, se opta por elegir este Nivel 1.

La ecuación que corresponde aplicar para el Nivel 1 es el que se muestra a continuación:

Por lo expuesto anteriormente y dada la información disponible para el RAGEI año 2014 (Combustible abastecido por las naves marítimas y demanda de Grifos Flotantes), las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de navegación marítima y fluvial, se estiman siguiendo el procedimiento del NIVEL 1, donde los FE son por defecto de las GL2006 y se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 6: 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).
- =Tipo de navegación marítima y fluvial (es decir, barco o bote y posible tipo de motor)
- b*

Fuente: GL2006, Vol. 2, p. 3.47 y Ecuación 3.5.1

A manera de resumen, se presenta a continuación el nivel metodológico aplicado para cada fuente, según la información con la que se cuenta para el nivel de actividad:

Tabla 81: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Navegación marítima y fluvial

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | TIER/Nivel |
|---------------|--|---|----------------------------|---|
| 1 | Energía | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | |
| | 1A3 | Transporte | | |
| | 1A3d | Navegación marítima y fluvial | | |
| | 1A3di | Navegación marítima y fluvial internacional (tanques internacionales) | Combustible consumido (TJ) | Combustible abastecido por las naves marítimas. |
| 1A3dii | Navegación marítima y fluvial nacional | Combustible abastecido por las naves marítimas. "* Demanda de Grifos Flotantes (GRFL). | | 1 |

Fuente: DGASA – MTC

4.4.2 Descripción del nivel de actividad

A continuación, se presentan la descripción del nivel de actividad y los datos nacionales empleados para el cálculo de emisiones en navegación marítima y fluvial:

Tabla 82: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Navegación marítima y fluvial

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados por el nivel de actividad | Comentarios |
|---------------|---|---------------------------|--|---|--|--|--|--|
| 1 | Energía | | | | | | | |
| 1A | Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| 1A3 | Transporte | | | | | | | |
| 1A3d | Navegación marítima y fluvial | | | | | | | |
| 1A3di | Navegación marítima y fluvial internacional (tanques internacionales) | Combustible vendido (TJ) | Combustible usado por las naves marítimas. | unidades de masa o volumen (toneladas métricas) | APN (s.f). [Abastecimiento de combustible en las naves marítimas, reportado en los puertos del Perú (Libro de Excel)] | Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método <i>top-down</i>) Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible. | CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , | Data es original de APN, que recopilan a través de formatos físicos directamente de las embarcaciones marítimas en los puertos del Perú. |
| 1A3dii | Navegación marítima y fluvial nacional | | Combustible usado por las naves marítimas. | unidades de masa o volumen (toneladas métricas) | APN (s.f). [Abastecimiento de combustible en las naves marítimas, reportado en los puertos del Perú (Libro de Excel)] | | | |
| | | | Demanda de Grifos Flotantes (GRFL) | unidades de masa o volumen (Miles de barriles) | Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - Osinergmin (s.f). [RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)]. | | | |

Fuente: DGASA – MTC

Como acción de mejora en esta sub-categoría, es el uso de información de la demanda de combustibles de Grifos Flotantes. En los inventarios anteriores, esta información no estaba disponible. Considerando el método de cálculo seleccionado, las ecuaciones incluidas e incluyendo la acción de mejora en esta sub-categoría; es necesario contar con la información que se detalla en los siguientes párrafos:

Esta información ha sido proporcionada por OSINERGMIN y corresponde a la venta de combustible de los grifos flotantes a nivel nacional.

Tabla 83: Demanda de combustible en grifos flotantes para el año 2014

| Tipo de combustible | Consumo (MB) |
|---------------------|--------------|
| DB5 | 265 |
| DB5 S-50 | 10 |
| Gasolina 84 | 301 |
| Gasolina 90 | 27 |

Fuente: Osinergmin: Demanda nacional de combustibles según categoría³¹

Combustible usado por las naves marítimas: Esta información ha sido proporcionada por la Autoridad Nacional Portuaria y corresponde al consumo de combustible de las naves marítimas nacionales e internacionales.

Tabla 694: Combustible usado por las naves marítimas nacionales – Año 2014

| Naves Nacionales Tipo de nave | Toneles Métricas de combustible Abastecidos | |
|----------------------------------|---|---------|
| | Diésel B5 | IFO 180 |
| Embarcación menor | 67 | - |
| Fragata | 1 | - |
| Científico | 179 | - |
| Remolcador | 6,965 | - |
| TOTAL | 7,212 | - |

Fuente: APN

Tabla 705: Combustible usado por las naves marítimas internacionales – Año 2014

| Naves Internacionales Tipo de nave | Toneles Métricas de combustible Abastecidos | | |
|---------------------------------------|---|-----------|---------|
| | IFO 380 | Diésel B5 | IFO 180 |
| Buque quimiquero | 14,229 | 437 | 250 |
| Buque container | 10,046 | 239 | - |
| Buque gasero | 15,462 | 88 | - |
| Buque granelero | 84,459 | 286 | 1,710 |
| Buque petrolero | 20,361 | 376 | - |
| Buque roll on – roll off | 45,216 | 101 | - |
| Carga general | 20,929 | 337 | 2,812 |
| Draga | 1,160 | 61 | - |
| Frigorífico | 2,396 | 132 | 906 |
| Pasajeros | 7,934 | 550 | 301 |
| TOTAL | 222,191 | 2,608 | 5,979 |

Fuente: APN

³¹ Ubicado en: RQ_Comb_VF_2005_2016 (Libro de Excel)].

Toda vez que las emisiones generadas por los biocombustibles corresponden ser reportas como emisiones informativas, el volumen de estos ha sido excluidos según su participación en el porcentaje de mezcla que establece la norma peruana (5% biodiesel y 7.8% etanol). En las siguientes tablas se muestra los volúmenes de los combustibles sin biocombustibles.

Tabla 716: Resumen de combustible usados para navegación nacional e internacional – Año 2014

| Tipo de Combustible | Nacional [gal] | Internacional [gal] | Consumo total [gal] |
|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| DIESEL B5 S-50 | 0 | 0 | 0 |
| IFO 380 | 0 | 60,574,618 | 60,574,618 |
| Diésel B5 | 2,238,641 | 809,477 | 3,048,118 |
| IFO 180 | 0 | 1,601,816 | 1,601,816 |
| Biodiesel B5 | 111,932 | 40,474 | 152,406 |

Fuente: DGASA – MTC

4.4.3 Factores de emisión y conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados de las GL2006, para navegación marítima y fluvial:

Tabla 727: 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 internacional (tanques internacionales) | 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 | IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds).Publicado por: IGES, Japón. (Vol. 2, Capítulo 3, p. 3.50). |
| Navegación marítima y fluvial nacional | | | | | |

Fuente: DGASA – MTC

Los factores de emisión, de los combustibles usados en transporte marítimo, son valores por defecto de la GL2006, y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8873: 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 ³² | | 7 | 2 |

Fuente: GL2006, Vol. 2, p. 3.50

³² Valores por defecto derivados para los motores diésel que utilizan fuelóleo pesado

Dado que los factores de emisión de GEI utilizados en los cálculos se encuentran en toneladas de CO₂/CH₄ y N₂O por unidades energéticas, se requiere convertir las unidades originales de los combustibles a unidades energéticas, por lo tanto, se utiliza los valores de densidad y poder calorífico (VCN) de dichos combustibles.

Ver Tabla 89 y 90, respectivamente:

Tabla 8974: Densidades empleadas en Navegación marítima y fluvial

| Tipo de combustible | Densidad inferior | Densidad superior | Unidad |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Diésel B5 ^a | 0.851 | | Kg/L |
| IFO 380 ^a | 0.969 | | Kg/L |
| IFO 180 ^a | 0.986 | | Kg/L |
| Diésel B5 (S-50) ^a | 0.837 | | Kg/L |
| Biocombustible (100% etanol) ^d | 0.790 | | g/Cm ³ |

^a Petroperú³³

^d UNMSM³⁴

Tabla 750: VCN empleadas en Navegación marítima y fluvial

| Tipo de combustible | VCN | Unidad |
|---|-------|--------|
| Diésel B5 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Diésel B5 (S-50) ^a | 0.04 | 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 Petroperú³⁵

^b GL2006, Cap. 1, p. 1.19

³³ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (SEHS-666-2016)

³⁴ Universidad- Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <http://www.unmsm.edu.pe/cedit/linked/empleo%20de%20biocombustibles%20en%20el%20peru.pdf>

³⁵ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (SEHS-666-2016)

4.4.4 Análisis de incertidumbre

Este análisis ha permitido identificar en las fuentes de la sub-categoría de navegación marítima internacional (1A3di) y navegación marítima y fluvial nacional (1A3dii), la menor y mayor incertidumbre combinada según GEI, y además la incertidumbre introducida por tipo de gas en la tendencia de las emisiones de cada fuente comparando las emisiones aquí reportadas (año 2014) con las del inventario del año 2010 (versión actualizada):

Tabla 761: Incertidumbre en Navegación marítima y fluvial

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incetidumbre en los datos de nivel de actividad | Incetidumbre en el factor de emisión | Incetidumbre combinada | Incetidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t | Incetidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales |
|---|-----------------------------|------------------|---|--------------------------------------|------------------------|---|--|
| | | | Datos de entrada % | Datos de entrada % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \Sigma D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| Energía | | | | | | | |
| Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| 1A3di Navegación marítima internacional | Fuelóleo residual | CO ₂ | 5.0% | 3.0% | 5.8% | 5.77% | 4.3% |
| | Diésel oil | CO ₂ | 5.0% | 1.5% | 5.2% | 0.06% | 0.05% |
| | Total CO₂ | | | | | 5.8% | 4.3% |
| 1A3dii Navegación marítima y fluvial nacional | Gasolina para motores | CO ₂ | 5.0% | 1.5% | 5.2% | 2.40% | 1.8% |
| | Fuelóleo residual | CO ₂ | 5.0% | 3.0% | 5.8% | 3.16% | 2.1% |
| | Total CO₂ | | | | | 4.0% | 2.7% |
| 1A3di Navegación marítima internacional | Gasolina para motores | CH ₄ | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 49.70% | 4.3% |
| | Fuelóleo residual | CH ₄ | 5.0% | 50.0% | 5.0% | 0.55% | 0.05% |
| | Total CH₄ | | | | | 49.7% | 4.3% |
| 1A3dii Navegación marítima y fluvial nacional | Gasolina para motores | CH ₄ | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 23.9% | 1.9% |
| | Fuelóleo residual | CH ₄ | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 26.4% | 2.1% |
| | Total CH₄ | | | | | 35.6% | 2.8% |
| 1A3di Navegación marítima internacional | Gasolina para motores | N ₂ O | 5.0% | 90.0% | 50.2% | 49.70% | 4.2% |
| | Fuelóleo residual | N ₂ O | 5.0% | 90.0% | 5.0% | 0.06% | 0.05% |
| | Total N₂O | | | | | 49.7% | 4.3% |
| 1A3dii Navegación marítima y fluvial nacional | Gasolina para motores | N ₂ O | 5.0% | 90.0% | 50.2% | 23.9% | 1.9% |
| | Fuelóleo residual | N ₂ O | 5.0% | 90.0% | 50.2% | 26.4% | 2.1% |
| | Total N₂O | | | | | 35.6% | 2.8% |

Fuente: DGASA – MTC

La fuente de CO₂ (principal GEI) con menor incertidumbre combinada es navegación marítima y fluvial nacional (1A3dii) con 4.0%; mientras que la fuente de navegación marítima internacional (1A3di) es de 5.8%. La fuente con mayor incertidumbre introducida en la tendencia es navegación marítima internacional (1A3di) con 4.3%.

La fuente de CH₄ con menor incertidumbre combinada, es navegación marítima y fluvial nacional (1A3dii) con 35.6%; mientras que la fuente de navegación marítima internacional (1A3di) es de 49.7%. La fuente de CH₄ con menor incertidumbre introducida en la tendencia es navegación marítima internacional (1A3di) con 4.3%.

Las fuentes de N₂O, tanto en la incertidumbre combinada y en la incertidumbre introducida en la tendencia, presentan valores iguales a los dados para el CH₄.

Los valores de incertidumbre en los datos de nivel de actividad y factores de emisión se detallan a continuación en las Tablas 92 y 93.

Tabla 772: Incertidumbre en los datos de nivel de actividad – Navegación marítima y fluvial

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | | Comentarios |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|--|---|--|
| | | | Valor GL2006 | Fuente de valores de incertidumbre para: Nivel de Actividad | |
| Navegación marítima y fluvial | Gasolina para motores | CO ₂ | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | La GL2006 indica que: “Gran parte de la incertidumbre de las estimaciones de emisiones en la navegación marítima y fluvial se relaciona con la dificultad que plantea distinguir entre el consumo de combustible nacional y el internacional. Si se dispone de datos de sondeos completos, la incertidumbre puede ser baja (digamos ± 5 por ciento)”. <i>De los datos nacionales, si se distingue entre el consumo de combustible nacional y el internacional, pero no se cuenta con una certeza de la incertidumbre, y por tanto se toma el valor de ± 5%.</i> |
| | Diésel Óil | CO ₂ | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Fuelóleo residual | CO ₂ | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Diésel Óil | CH ₄ | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Fuelóleo residual | CH ₄ | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Diésel Óil | N ₂ O | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Fuelóleo residual | N ₂ O | 5.0% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |

Fuente: DGASA – MTC

Tabla 783: Incertidumbre en los Factores de Emisión– Navegación marítima y fluvial

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión | Comentarios |
|-------------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------------|----------------|--------------|--|--|
| | | | Valor inferior | Valor superior | Valor a usar | | |
| Navegación marítima y fluvial | Gasolina para motores | CO ₂ | | | 1.5% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | La GL2006, indica que: “Según el dictamen de expertos, los factores de emisión de CO ₂ para los combustibles suelen estar bien determinados, dado que dependen principalmente del contenido de carbono del combustible (EPA, 2004). Por ejemplo, el valor de incertidumbre por defecto del diésel es de aproximadamente ± 1,5 por ciento y de ± 3 por ciento para el fuelóleo residual. La incertidumbre del factor de emisión del CH ₄ puede variar tanto como el 50 por ciento. La incertidumbre del factor de emisión del N ₂ O puede variar de alrededor del 40 por ciento por debajo del valor por defecto al 140 por ciento por encima de dicho valor (Watterson, 2004).” |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | | | 1.5% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Fuelóleo residual | CO ₂ | | | 3% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | | | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | | | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Fuelóleo residual | CH ₄ | | | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | -40% | 140% | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Diésel Oíl | N ₂ O | -40% | 140% | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |
| | Fuelóleo residual | N ₂ O | -40% | 140% | 50% | GL2006, Vol.2, p. 3.54 | |

Fuente: DGASA – MTC

4.4.5 Garantía de calidad/Control de calidad

Tomando como referencia las GL2006, a continuación, se presenta los procedimientos de GC/CC, realizados en el cálculo de las emisiones de GEI de la navegación marítima y fluvial.

Tabla 794: Procedimientos específicos de control de calidad en Navegación marítima y fluvial

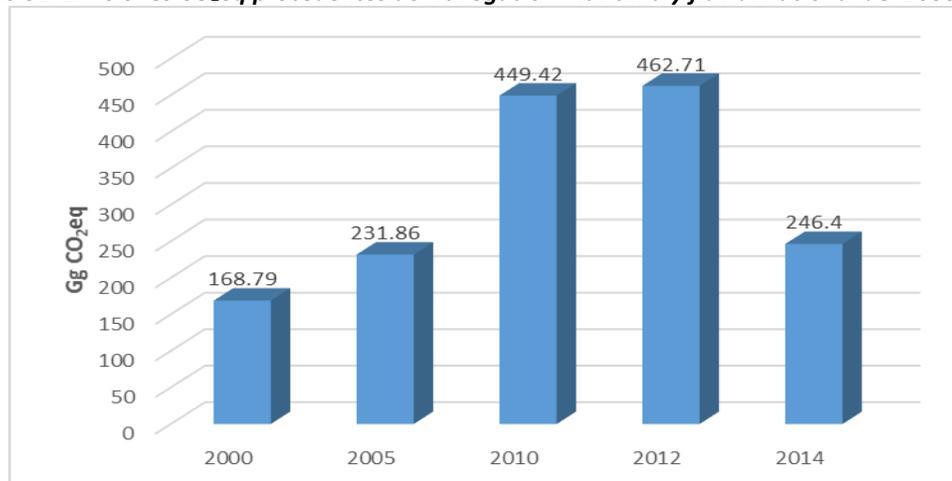
| Procedimiento específico | Comentario |
|--|--|
| Comparación de emisiones a través de métodos alternativos: De ser posible, el compilador del inventario debe comparar las estimaciones determinadas para la navegación marítima y fluvial usando los métodos de Nivel 1 y 2. Debe investigar y explicar toda anomalía existente entre las diversas estimaciones de emisiones. Es preciso registrar los resultados de esas comparaciones. | No ha sido posible realizar esta comparación, ya que las emisiones en esta sub-categoría se han estimado empleando solo la metodología de Nivel 1. Para el nivel 2 es necesario contar con los factores de emisión específicos del país. |
| Revisión de los factores de emisión El compilador del inventario debe garantizar que la fuente de datos original para los factores nacionales sea aplicable a cada categoría y que se hayan efectuado los controles de exactitud sobre la adquisición y el cálculo de los datos. En caso de estar disponibles los factores de emisión nacionales, se los debe utilizar siempre que estén bien documentados. Para los factores por defecto, el compilador debe garantizar que sean aplicables y pertinentes a la categoría | Se garantiza que los Factores de Emisión en esta sub-categoría, se han aplicado correctamente para cada fuente de la sub-categoría de Navegación marítima y fluvial. |
| Control de los datos de la actividad Debe revisarse la fuente de los datos de la actividad, para garantizar la aplicabilidad y la pertinencia a la categoría. De ser posible, deben compararse los datos con los datos históricos de la actividad o con las salidas del modelo, para detectar anomalías. Deben verificarse los datos con indicadores de productividad tales como combustible por unidad de desempeño del tránsito en la navegación marítima y fluvial, en comparación con otros países. | Se revisó la fuente de los datos nacionales, garantizando la aplicabilidad y la pertinencia en la sub-fuente. Así mismo, se verificó y se garantiza que los datos ingresados tienen coherencia en las series temporales de la sub-categoría (año 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014) |
| Revisión Externa El compilador del inventario debe realizar una revisión independiente y objetiva de los cálculos, las hipótesis o la documentación del inventario de emisiones, para evaluar la eficacia del programa de CC. Deben realizar la revisión de pares los expertos (p. ej., las autoridades del transporte, las compañías navieras y el personal militar) que estén familiarizados con la categoría de fuente y que entiendan los requisitos del inventario. | No se ha realizado la revisión externa. |

Fuente: DGASA – MTC

4.4.6 Análisis de resultados de la sub-categoría

En el 2014, las emisiones de la Navegación marítima y fluvial nacional fueron de 246.4 GgCO₂eq, representando 1.4% del total de emisiones del sector. En la Gráfica 31 se presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

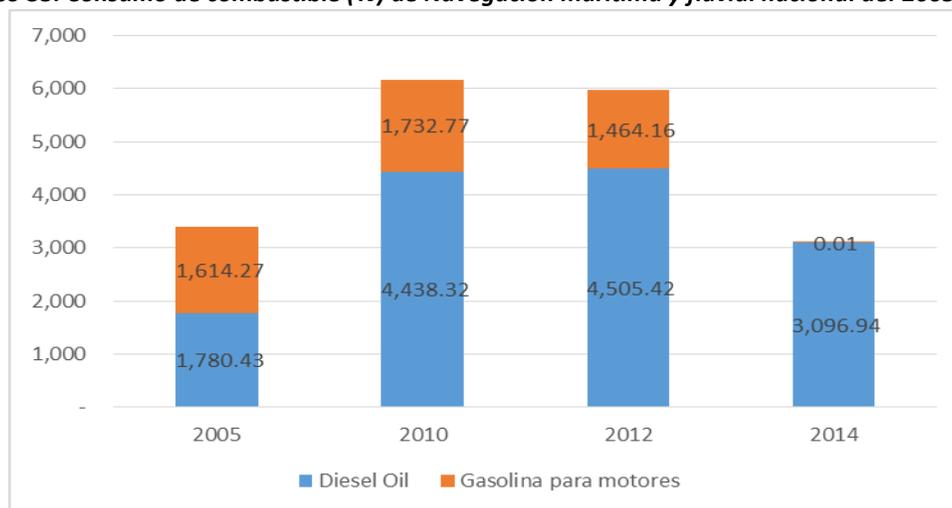
Gráfico 32: Emisiones CO₂eq procedentes de Navegación marítima y fluvial nacional del 2000 – 2014



Fuente: DGASA – MTC

Tal como se observa en la gráfica anterior, las mayores emisiones en navegación marítima y fluvial nacionales corresponden al año 2012 con 462.71 GgCO₂eq, mientras que en el año 2000 se reporta menores emisiones en las tendencias históricas (168.79 GgCO₂eq). Las emisiones tal como se visualiza, suben y bajan en el tiempo, y se debe principalmente al consumo de combustible tal como se aprecia en la siguiente gráfica, donde el año 2005 y 2014 presentan un consumo menor con respecto a los demás años, que tienden a aumentar.

Gráfico 33: Consumo de combustible (TJ) de Navegación marítima y fluvial nacional del 2005 – 2014



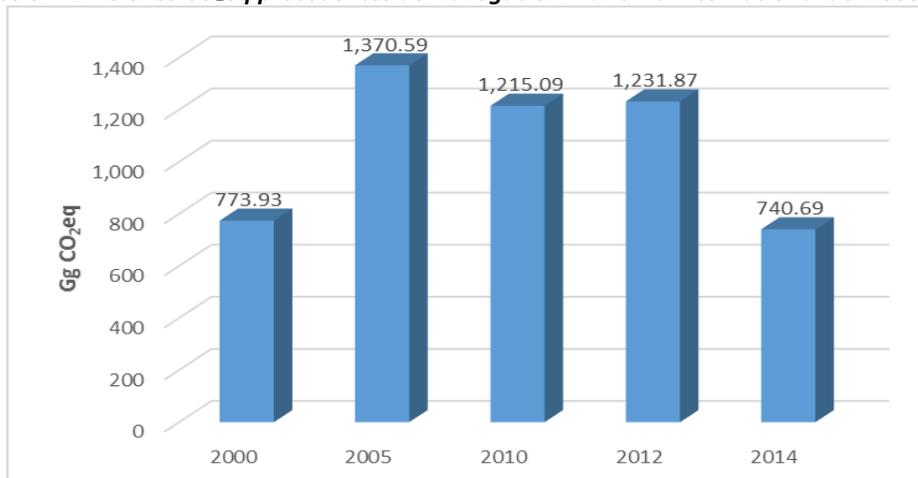
Fuente: DGASA – MTC

El consumo de Diésel en las naves marítimas, en los años 2005 y 2010 corresponden a lo reportado para esos años por APN y se tiene la incertidumbre porque la disminución del consumo de combustible para esos años; por lo tanto, se plantea como acción de mejora: Realizar un análisis de las causas de reducción de consumo de combustible, que reportan las naves marítimas en los años 2005 y 2010.

Emisiones de GEI de la Navegación Internacional:

De acuerdo a las GL2006, las emisiones procedentes de la navegación marítima y fluvial internacional deben ser declaradas aparte de la navegación nacional y excluida de los totales nacionales. En este sentido, en esta sección se presenta los resultados correspondientes a navegación marítima internacional el cual para el año 2014 generó 740.69 GgCO₂eq. Sobre la navegación fluvial internacional no se cuenta con información, por lo cual se tendrá como una acción de mejora para los próximos reportes de GEI.

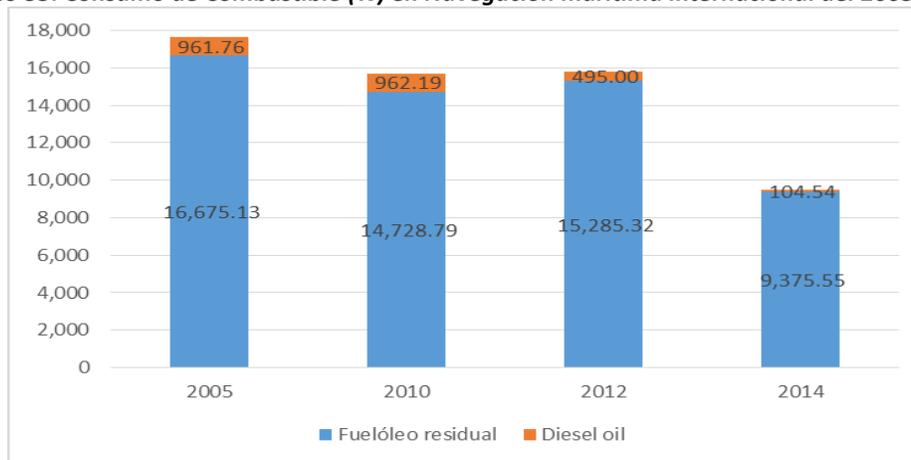
Gráfico 34: Emisiones CO₂eq procedentes de Navegación marítima internacional del 2000 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

En la gráfica 34, se visualiza que las mayores emisiones corresponden al año 2005, con 1,370.59 Gg CO₂eq; mientras que las menores emisiones (740.69 Gg CO₂eq) se dan en el año 2014. Las emisiones en navegación marítima internacional, se debe al consumo de combustible que reporta APN.

Gráfico 35: Consumo de Combustible (TJ) en Navegación marítima internacional del 2005 – 2014



Fuente: DGASA – MTC

En la Gráfica 35, se aprecia que el consumo de combustible aumenta y disminuye, no siguiendo una tendencia recta, principalmente en los años 2005 y 2014, donde uno es de mayor y el otro de menor consumo respectivamente para la serie de tiempo. En conjunto con el consumo de combustible en las naves

marítimas nacionales se analizará las causas de la variación del combustible consumido en navegación internacional.

4.4.7 Sigüientes pasos

En el desarrollo del RAGEI, se identificaron acciones de mejora para el cálculo de las emisiones de GEI en navegación marítima y fluvial. Estas acciones se implementarían en futuros RAGEI y se planificarían en un corto (1 año) y mediano plazo (hasta 5 años):

Tabla 805: Acciones de mejora para futuros RAGEI en navegación marítima

| 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 |
|--|---|---|---------------------------|
| Coordinar con la Autoridad Portuaria Nacional (APN) para la incorporación de procedimientos de control de calidad durante la recopilación, procesamiento y sistematización de la información sobre consumo de combustible por tipo de embarcación. | Mejorar exhaustividad y exactitud de las emisiones de la sub-categoría de Navegación marítima y fluvial. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con la APN para su definición. | Mediano plazo |
| Coordinar con DICAPI para obtener información que permita estimar el consumo de combustible de las embarcaciones no comerciales | Mejorar exhaustividad y exactitud de las emisiones de la sub-categoría de Navegación marítima y fluvial. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas, realizando una reunión con las partes involucradas: DGTA, APN y DICAPI, con la finalidad de evitar doble conteo de datos nacionales. | Mediano plazo |
| Coordinar con APN para ordenar los tipos de embarcaciones registras por su representada, según la clasificación de las GL2006. | Mejora la transparencia del cálculo de emisiones la sub-categoría Navegación marítima. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con APN. Para este análisis se debe tener el tipo de naves en mención en las GL2006: Cuadro 3.5.5 y 3.5.6, vol. 2, capítulo 3, p.3.52. | Corto plazo |
| Realizar un análisis en coordinación con APN, de las causas de reducción de consumo de combustible, que reportan las naves marítimas en los años 2005 y 2010 | Mejora la exhaustividad y transparencia del cálculo de emisiones la sub-categoría de Navegación marítima. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con APN. | Corto plazo |
| Realizar un análisis de la información de consumo de combustible fluvial, identificando si todo es a nivel nacional o si también incluye internacional. | Mejora la exhaustividad y transparencia del cálculo de emisiones la sub-categoría de Navegación fluvial nacional e internacional. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con Osinergmin. | Corto plazo |
| Validar la estimación de emisiones del INGEI 2000, específicamente de la subcategoría de Navegación marítima y fluvial. | Mejorar la exactitud del cálculo de emisiones de las sub-categoría en mención. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones involucradas con los datos nacionales: APN (navegación marítima) y Osinergmin (demanda de combustibles en grifos flotantes). | Corto plazo |
| Evaluar la factibilidad de actualización de la categoría transporte móvil del INGEI 1994. | Mejorar la coherencia temporal. | Aún no se ha iniciado esta acción. Para la actualización, se propone realizarla a través métodos de proyección de emisiones con | Mediano 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 |
|--|---|--|---------------------------|
| | | estadísticas nacionales, ya que no se cuenta con información de consumo de combustibles de naves marítimas y fluviales, para este año. | |
| Estimar las emisiones de gases indirectos (NOX, CO, COVDM, SO ₂) | Incrementar la exhaustividad del cálculo de emisiones de todas las subcategorías. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con el MINAM aspectos metodológicos. | Mediano plazo |
| Mejorar el análisis de incertidumbre para cada una de las sub-categorías, implementando un proceso de evaluación con apoyo de expertos en un proceso formal y sistematizado. | Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| Implementar todos los procedimientos de control de calidad sugeridos por IPCC para factores de emisión por defecto, factores de emisión nacionales y niveles de actividad a un nivel nacional. | Asegurar la mayor exactitud posible. | No se han iniciado gestiones de implementación, pero se coordinará con el MINAM aspectos metodológicos. | Mediano plazo |
| Considerar las buenas prácticas del PCC para asegurar que no exista doble contabilidad. | Mejorar la exactitud de los cálculos evitando una sobre estimación. | No se han iniciado gestiones de implementación, pero se coordinará con las instituciones involucradas aspectos técnicos de gestión de información. | Corto plazo |
| Analizar y validar que el consumo de combustible proporcionado por APN en los años 2011 al 2014 solo corresponde a puertos marítimos. De acuerdo al Artículo 2 y 8.9 de la Resolución de Acuerdo del Directorio N° 043-2010-APN/DIR las empresas que prestan servicio de abastecimiento de combustible en las zonas portuarias de los puertos marítimos, fluviales y lacustres de la República deben remitir a la APN un informe trimestral de las operaciones realizadas. | Evitar doble contabilidad en navegación fluvial y mejorar la exactitud de los cálculos. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con APN. | Corto plazo |

Fuente: DGASA – MTC

4.5 Otro tipo de transporte: Transporte todo terreno

En esta sección se reporta información correspondiente a la estimación de emisiones de GEI del transporte todo terreno el cual considera los vehículos móviles utilizados en el puerto marítimo de Callao y de los Aeropuertos del Perú. El transporte por tubería se reporta en el RAGEI del sector de Energía (combustión estacionaria).

4.5.1 Elección del método

El nivel utilizado para estimar las emisiones depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. A continuación, una breve descripción de los niveles para estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O:

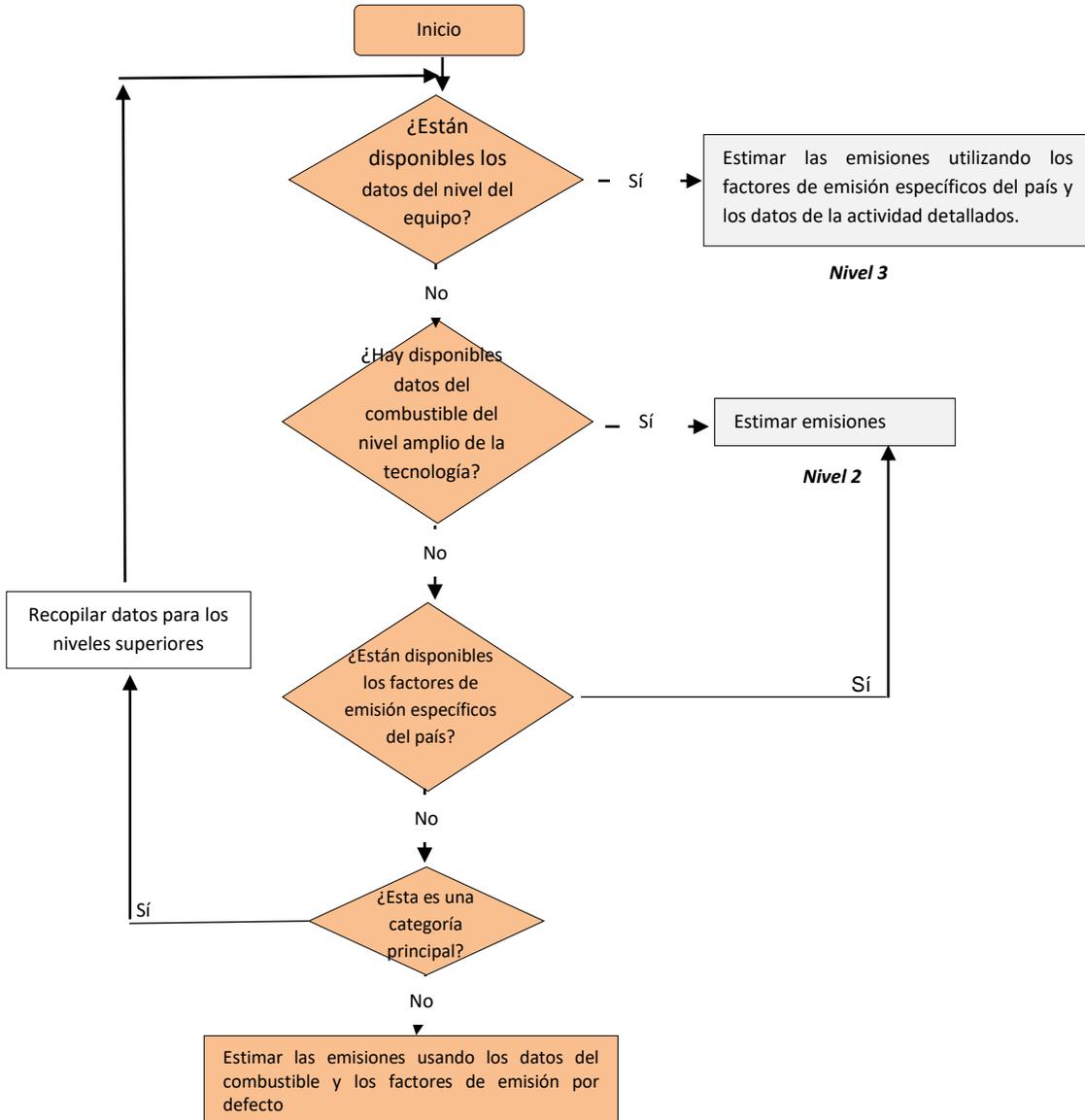
Nivel 1: Se estiman las emisiones usando los factores de emisión por defecto específicos del combustible que se presenta en las GL2006.

Nivel 2: Se estiman las emisiones usando factores de emisión específicos del país y del combustible, los cuales -si están disponibles- son específicos del tipo más amplio de vehículo o maquinaria.

Nivel 3: Si hay datos disponibles, es posible estimar las emisiones a partir de las horas anuales de uso y de los parámetros específicos del equipo, como la potencia nominal, el factor de carga y los factores de emisión sobre la base de la utilización de energía.

El árbol de decisiones que se presenta a continuación ayuda a seleccionar qué nivel debe utilizarse para estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O procedentes del transporte todo terreno.

Gráfico 36: Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de los vehículos todo terreno



Fuente: GL2006, vol. 2 – figura 3.3.1

Para identificar el Nivel de cálculo seguimos lo que indica el árbol de decisiones presentado:

- Nivel 3: ¿Están disponibles los datos del nivel del equipo?; la respuesta es NO; debido que no contamos con las horas anuales de uso y de los parámetros específicos del equipo, como la potencia nominal; por lo tanto procedemos al siguiente nivel de cálculo.
- Para Nivel 2: ¿Hay disponibles datos del combustible del nivel amplio de la tecnología?, No se cuenta con esta información, además no están disponibles los factores de emisión específicos del país. Procedemos al siguiente nivel de cálculo.
- Nivel 1: ¿Esta es una categoría principal?; NO, por lo tanto se opta por elegir el **Nivel 1**. Además, se cuenta con información del consumo de combustible de los vehículos y se dispone de los factores de emisión por defecto de la GL2006.

La ecuación que corresponde aplicar para el Nivel 1 es el que se muestra a continuación:

Ecuación 7: Estimación de emisiones del Nivel 1.

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

Dónde:

Emisión = Emisiones (kg)
 = combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)

Combustible_j = Factor de emisión (kg/TJ).

EF_j = Tipo de combustible

Fuente: GL2006, Vol. 2, p. 3.33, Ecuación 3.3.1

A manera de resumen, se presenta a continuación el nivel metodológico aplicado para cada fuente, según el nivel de actividad obtenido:

Tabla 816: Nivel metodológico aplicado por fuente de emisión en Transporte Todo Terreno

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | TIER/Nivel |
|---------------|-----------------------------|--|---|------------|
| 1 | Energía | | | |
| | 1A | Actividades de quema de Combustibles | | |
| | 1A3 | Transporte | | |
| | 1A3e | Otro tipo de transporte | | |
| 1A3e/i | Todo Terreno | combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ) | Consumo de combustible de los vehículos móviles del puerto marítimo callao y de los aeropuertos del Perú. | 1 |

Fuente: DGASA – MTC

4.5.2 Descripción del nivel de actividad

A continuación, se presentan la descripción del nivel de actividad y los datos nacionales empleados, en transporte todo terreno:

Tabla 827: Descripción del nivel de actividad y los datos nacionales utilizados en Transporte Todo Terreno

| Clasificación | Fuente de emisión / captura | Nivel de actividad GL2006 | Dato Nacional | Unidad | Fuente de información | Uso de la información | Gases de GEI generados | Comentarios |
|---------------|--------------------------------------|---------------------------|---|--------------------------------------|---|--|--|-------------|
| 1 | Energía | | | | | | | |
| 1A | Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| 1A3 | Transporte | | | | | | | |
| 1A3e | Otro tipo de Transporte | | | | | | | |
| 1A3eii | Todo terreno | | Consumo de combustible de los vehículos móviles del puerto marítimo o callao y de los aeropuertos del Perú. | unidades de masa o volumen (galones) | Aeropuertos del Perú. Consumo de combustible en vehículos internos de aeropuertos. Recuperado de (Carta de ADP: "15469-2016") APM Terminals. Consumo de combustible en vehículos internos de puerto marítimo. Recuperado de (Carta W 019-2015-APMTC/HSSE) | Con el consumo de combustible se estiman las emisiones de GEI (método <i>top-down</i>). Los valores, en unidades de volumen o masa, deben ser convertidos a unidades de energía con el VCN (valor calórico neto) de cada combustible. | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | |

Fuente: DGASA – MTC

a) **Consumo de combustible de los vehículos móviles de los Aeropuertos del Perú.**

Esta información ha sido proporcionada por Aeropuertos del Perú (ADP), el consumo de combustible de los equipos móviles reportados realizan actividades dentro de los aeropuertos de Anta, Cajamarca, Chachapoyas, Chiclayo, Iquitos, Pisco, Piura, Pucallpa, Talara, Tarapoto, Trujillo y Tumbes.

Tabla 838: Consumo de combustible en equipos móviles en aeropuertos - 2014

| Tipo de Equipo móvil | Gasolina [gal] | Diésel B5 [gal] |
|----------------------|----------------|-----------------|
| Cuatrimoto | 736 | 0 |
| Moto Lineal | 787 | 32 |
| Van | 0 | 2,992 |
| Vehículo de Rescate | 0 | 7,617 |
| Ómnibus | 0 | 1,631 |
| Camioneta | 0 | 3,565 |
| Tractor | 0 | 32 |
| Total | 1,523 | 15,870 |

Fuente: DGASA – MTC

- b) **Consumo de combustible de los vehículos móviles del puerto marítimo callao.** Esta información ha sido proporcionada por APM Terminals.

Tabla 849: Consumo de combustible de vehículos de transporte interno en el puerto del Callao - 2014

| Tipo de Equipo móvil | Consumo GLP | Consumo DB5 |
|-----------------------------------|---------------|----------------|
| Generator Storage Tank - Muelle 7 | 0 | 11,745 |
| Buldoxer | 0 | 6,365 |
| Other Cars | 0 | 43,499 |
| Empty handler | 0 | 11,329 |
| Equipment Diesel | 0 | 99,362 |
| Forklift | 0 | 64,168 |
| Mobile harbor crane | 0 | 101,605 |
| Mobile loght tower | 0 | 7,960 |
| Reach stacker | 0 | 211,261 |
| Rubber tire gantry | 0 | 63,960 |
| Small maintenance equipment | 0 | 611 |
| Terminal tractor | 0 | 121,067 |
| Forklift | 13,642 | 0 |
| Total | 13,642 | 742,934 |

Fuente: DGASA – MTC

Toda vez que las emisiones generadas por los biocombustibles corresponden ser reportadas como emisiones informativas, el volumen de estos ha sido excluidos según su participación en el porcentaje de mezcla que establece la norma peruana (5% biodiesel y 7.8% etanol). En la siguiente tabla se muestra los volúmenes de los combustibles.

Tabla 100: Resumen de Consumo de combustible de vehículos de transporte interno en el puerto del Callao y aeropuertos

| Tipo de Combustible | Aeropuertos | Puerto Callao | Total [gal] |
|---------------------|-------------|---------------|-------------|
| DIESEL B5 | 15,870 | 742,934 | 758,804 |
| Gasohol | 1,523 | | 1,523 |
| GLP | | 13,642 | 13,642 |
| Biodiesel B5 | 793 | 37,147 | 37,940 |
| Etanol | 119 | - | 119 |

Fuente: DGASA – MTC

4.5.3 Factores de emisión y conversión

A continuación, se detallan los factores de emisión empleados en esta sub-categoría:

Tabla 101: Factores de emisión empleados – Transporte Todo Terreno

| Fuente de emisión / captura | Factor de emisión | calculado (C)/por defecto (D) | Dato Nacional | TIER/ Nivel | Fuente de información |
|-----------------------------|--|-------------------------------|---------------|-------------|--|
| Todo terreno | 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 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Vol. 2, Cap. 3, p. 3.16, cuadro 3.2.1). Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html . |

Fuente: DGASA – MTC

A continuación, se presentan los factores de emisión, tomados por defecto de las GL2006; para estimar las emisiones GEI en esta sub-categoría:

Tabla 102: Factores de emisión –todo terreno

| 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 Oil | 74,100 | 3.90 | 3.90 |
| Gas licuado de petróleo | 63,100 | 62.00 | 0.20 |
| Biogasolina / Biodiesel* | 70,800 | | |

Fuente: GL2006, Vol 2, p 1.25

Para obtener el combustible en energía (TJ) es necesario contar con un factor de conversión (TJ/unidad). Este factor de conversión, es el que nos permite expresar el combustible en unidades de energía, para luego ser multiplicado por el factor de emisión de GEI. Para lograr obtener este factor de conversión, es necesario recopilar información de los combustibles comercializados en el Perú: VCN (Valor Calórico Neto) y densidad, en la tabla 107 y 108, respectivamente.

Tabla 103: Densidades empleadas en Transporte Todo Terreno

| Tipo de combustible | Densidad | Unidad |
|---|----------|-------------------|
| Gas Licuado de Petróleo ^a | 0.556 | Kg/L |
| Diésel B5 ^a | 0.851 | Kg/L |
| Gasohol ^a | 0.742 | Kg/L |
| Biocombustible (100% etanol) ^d | 0.790 | g/Cm ³ |

^a Petroperú³⁶

^d UNMS³⁷

Tabla 104: VCN empleadas en Transporte Todo terreno

| Tipo de combustible | VCN | Unidad |
|---|-------|--------|
| Gas Licuado de Petróleo ^a | 0.05 | GJ/kg |
| Diésel B5 ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Gasohol ^a | 0.04 | GJ/kg |
| Biocombustible (100% etanol) ^b | 27.00 | TJ/Gg |

^a Petroperú³⁴

^b GL2006, Cap. 1, p. 1.19

³⁶ Petróleos del Perú -Petroperú S.A (s.f). [Oficio con información de densidades (SEHS-666-2016)]

³⁷ Universidad- Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <http://www.unmsm.edu.pe/cedit/linked/empleo%20de%20biocombustibles%20en%20el%20peru.pdf>

4.5.4 Análisis de incertidumbre

Este análisis ha permitido identificar en las fuentes de la sub-categoría de otro tipo de transporte (1A3e), la menor y mayor incertidumbre combinada según GEI, y además la incertidumbre introducida por tipo de gas en la tendencia de las emisiones de cada fuente comparando las emisiones aquí reportadas (año 2014) con las del inventario del año 2010 (versión actualizada):

Tabla 105: Incertidumbre en Otro tipo de transporte

| Categoría del IPCC | 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 % | $\sqrt{E^2 + F^2}$ % | $(G \cdot D) / \Sigma D$ % | $\sqrt{K^2 + L^2}$ % |
| Energía | | | | | | | |
| Actividades de quema de Combustibles | | | | | | | |
| 1A3eii Todo Terreno | Gasolina para motores | CO ₂ | 25.0% | 3.5% | 25.2% | 2.01% | 3.07% |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | 25.0% | 3.5% | 25.2% | 23.23% | 35.52% |
| | Total CO₂ | | | | | 23.3% | 35.6% |
| 1A3eii Todo Terreno | Gasolina para motores | CH ₄ | 25.0% | 25.0% | 35.4% | 15.5% | 15.17% |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | 25% | 25% | 35.4% | 19.8% | 19.40% |
| | Total CH₄ | | | | | 25.2% | 24.6% |
| 1A3eii Todo Terreno | Gasolina para motores | N ₂ O | 25.0% | 66.7% | 71.2% | 5.0% | 2.73% |
| | Diésel Oíl | N ₂ O | 25% | 67% | 71.2% | 66.2% | 35.97% |
| | Total N₂O | | | | | 66.4% | 36.1% |

Fuente: DGASA – MTC

Para el CO₂, la incertidumbre combinada es de 23.3%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es de 35.6%.

Para el CH₄, se presenta una incertidumbre combinada de 25.2%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 24.6%.

Para el N₂O, se presenta una incertidumbre combinada de 66.4%, mientras que la incertidumbre introducida en la tendencia de emisiones es 36.1%.

Los valores de incertidumbre en los datos de nivel de actividad y factores de emisión, se detallan a continuación en las tablas 106 y 107.

Tabla 106: Incertidumbre en los datos de nivel de actividad – Otro tipo de transporte

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en los datos de nivel de actividad | | Comentarios |
|-------------------------|-------------------------|------------------|--|---|--|
| | | | Valor GL2006 | Fuente de valores de incertidumbre para: Nivel de Actividad | |
| Otro tipo de transporte | Gasolina para motores | CO ₂ | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | La GL2006 indica: " Se determina la incertidumbre de los datos de la actividad mediante la exactitud de los sondeos o los modelos de "abajo hacia arriba", sobre los cuales se basan las estimaciones de la utilización del combustible por fuente todo terreno y tipo de combustible. Depende mucho del caso, pero el factor de 2 incertidumbres es posible, a menos que existan pruebas en contrario del diseño del sondeo". Al no contar con datos del nivel de incertidumbre, ni un análisis sobre el diseño de sondeo, se toma por defecto el valor de la GL2006: factor 2 de incertidumbre. |
| | Diésel B5 | CO ₂ | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Diésel B5 | CH ₄ | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Diésel B5 | N ₂ O | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |
| | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.38 | |

Fuente: DGASA – MTC

Tabla 107: Incertidumbre en los Factores de Emisión – Otro tipo de transporte

| Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Incertidumbre en el factor de emisión | | | Fuente de valores de incertidumbre para: Factor de Emisión | Comentarios |
|-------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------|--------------|--|---|
| | | | Valor inferior | Valor superior | valor a usar | | |
| Otro tipo de transporte | Gasolina para motores | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | De acuerdo a la GL2006: "la estimación de incertidumbre tiende a estar dominada por los datos de la actividad, por lo que es razonable suponer, por defecto, que se aplican los valores del cuadro 3.2.2 (Factores de emisión por defecto, vol. 2, p. 3.21)." |
| | Diésel Oíl | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 2% | 5% | 3.5% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gasolina para motores | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Diésel Oíl | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | -50% | 100% | 25.0% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gasolina para motores | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Diésel Oíl | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |
| | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | -67% | 200% | 66.7% | GL2006 vol. 2, p. 3.29 | |

Fuente: DGASA – MTC

4.5.5 Garantía de calidad/Control de calidad

A continuación, se presenta los procedimientos de CC realizados en todo terreno, tomando como referencia las GL2006.

Tabla 108: Procedimientos específicos de control de calidad en Transporte todo terreno

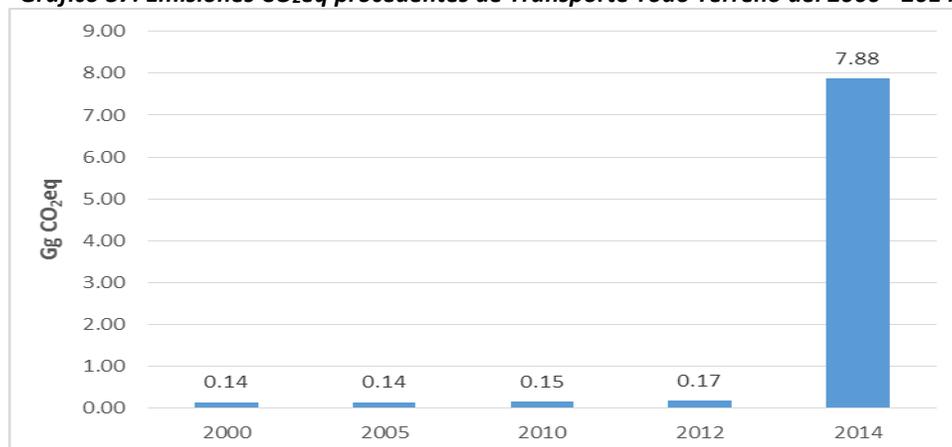
| Procedimiento específico | Comentario |
|--|--|
| <p>Revisión de los factores de emisión</p> <p><i>El compilador del inventario debe garantizar que la fuente de datos original para los factores nacionales sea aplicable a cada categoría y que se hayan efectuado los controles de exactitud sobre la adquisición y el cálculo de los datos. Para los factores por defecto, el compilador debe garantizar que sean aplicables y pertinentes a la categoría. De ser posible, deben compararse los factores por defecto con los factores nacionales, para obtener un indicio mayor de que los factores son aplicables y razonables.</i></p> | <p>Se garantizó que los factores de emisión seleccionados y utilizados, corresponden correctamente a la estimación de emisiones de la fuente de transporte todo terreno.</p> |
| <p>Control de los datos de la actividad</p> <p><i>Debe revisarse la fuente de los datos de la actividad, para garantizar la aplicabilidad y la pertinencia a la categoría. De ser posible, deben compararse los datos con los datos de la actividad históricos o con las salidas del modelo, para detectar anomalías.</i></p> | <p>Se revisó los datos nacionales, garantizando que los datos ingresados tienen coherencia en las series temporales (año 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014).</p> |
| <p>Revisión externa</p> <p><i>El compilador del inventario debe realizar una revisión independiente y objetiva de los cálculos, las hipótesis, la documentación o de ambos inventarios de emisiones, para evaluar la eficacia del programa de CC. Deben realizar la revisión de pares los experto(s) que estén familiarizados con la categoría de fuente y que entiendan los requisitos del inventario nacional de gases de efecto invernadero.</i></p> | <p>No se ha realizado una revisión externa.</p> |

Fuente: DGASA - MTC

4.5.6 Análisis de resultados de la sub-categoría

En el 2014, las emisiones del transporte todo terreno fue de 7.88 GgCO₂eq, representando 0.05% del total de emisiones del sector. En la Grafica 37 se presenta los resultados de la estimación para toda la serie de tiempo.

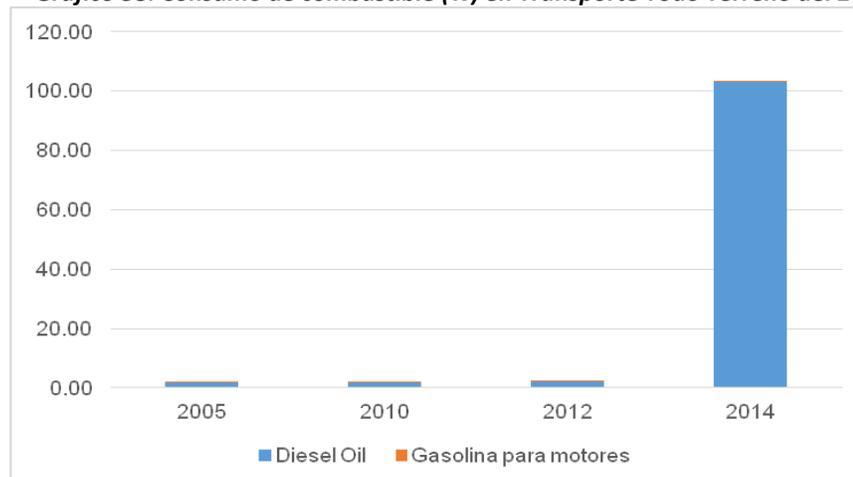
Gráfico 37: Emisiones CO₂eq procedentes de Transporte Todo Terreno del 2000 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

En la Gráfica 38, se aprecia que las mayores emisiones GEI se dan en el año 2014, esto se debe a que en este año, se reportan los consumos de combustibles de los vehículos móviles del puerto marítimo Callao y de los aeropuertos del Perú, mientras que en los años anteriores solo se reportaba el consumo de combustible de los aeropuertos del Perú, ya que no se cuenta con información de los vehículos móviles del puerto marítimo del Callao.

Gráfico 38: Consumo de combustible (TJ) en Transporte Todo Terreno del 2005 - 2014



Fuente: DGASA – MTC

4.5.7 Sigüientes pasos

En el desarrollo del RAGEI se identificaron acciones de mejora para el cálculo de las emisiones de GEI en transporte todo terreno. Estas acciones se implementarían en futuros RAGEI y se planificarían en un corto (1 año) y mediano plazo (hasta 5 años):

Tabla 109: Acciones de mejora para futuros RAGEI en Transporte Todo Terreno

| 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 |
|--|---|--|---------------------------|
| Estimar las emisiones de gases indirectos (NOX, CO, COVDM, SO ₂) | Incrementar la exhaustividad del cálculo de emisiones de la fuente de transporte todo terreno. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará con el MINAM aspectos metodológicos. | Mediano plazo |
| Validar la estimación de emisiones del INGEI 2000, de la subcategoría de Transporte Todo terreno. | Mejorar la exactitud del cálculo de emisiones de la fuente de transporte todo terreno. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se coordinará su gestión con las instituciones correspondientes. | Corto Plazo |
| Evaluar la factibilidad de actualización de la categoría transporte móvil del INGEI 1994. | Mejorar la coherencia temporal. | Aún no se ha iniciado esta acción, pero se podría obtener las emisiones del año 1994, a través de proyecciones de emisiones GEI, empleando información histórica de la fuente. | Mediano plazo. |
| Mejorar el análisis de incertidumbre para cada una de las sub-categorías, implementando un proceso de evaluación con apoyo de expertos en un proceso formal y sistematizado. | Mejorar la exactitud de los cálculos propiciando la priorización de las mejoras que deben implementarse a nivel de información primaria y/o secundaria. | No se han iniciado gestiones de implementación | Mediano plazo |
| Implementar todos los procedimientos de control de calidad sugeridos por IPCC para factores de emisión por defecto, factores de emisión nacionales y niveles de actividad a un nivel nacional. | Asegurar la mayor exactitud posible. | No se han iniciado gestiones de implementación, pero se coordinará con el MINAM aspectos metodológicos. | Mediano plazo |
| Considerar las buenas prácticas del PCC para asegurar que no exista doble contabilidad. | Mejorar la exactitud de los cálculos evitando una sobre estimación. | No se han iniciado gestiones de implementación con las instituciones involucradas a los datos nacionales de la fuente de transporte terrestre todo terreno. | Corto plazo |

Fuente: DGASA – MTC

ANEXOS

Anexo 1: Datos del responsable del RAGEI

| <i>Datos</i> | <i>Descripción</i> |
|----------------------------|---|
| Nombres y Apellidos | <i>Luis Guillen Vidal</i> |
| Cargo | <i>Director de Gestión Ambiental</i> |
| Correo Electrónico | <i>LGuillen@mtc.gob.pe</i> |
| Teléfono - Anexo | <i>511 6157800 Anexo 3406</i> |
| Dirección de Línea | <i>Dirección General de Asuntos Socio Ambientales</i> |
| Institución | <i>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</i> |

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

| A | | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | |
|-----------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|--|---------------------------------------|-------------------------|--|---------------------|---------------------|--|--|---|
| Código de la categoría IPCC | Categoría del IPCC | Combustible | Gas | Emisiones año base | Emisiones año t | 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 | Sensibilidad tipo A | Sensibilidad tipo B | Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en el factor de emisión | Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en los datos de actividad | Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales según fuente de emisión y GEI |
| | | | | Datos de entrada | Datos de entrada | Datos de entrada | Datos de entrada | $\sqrt{E^2 + F^2}$ | $(G \cdot D) / \Sigma D$ | | D / ΣC | I · F | J · E · $\sqrt{2}$ | $\sqrt{K^2 + L^2}$ |
| | | | Gg CO ₂ eq | Gg CO ₂ eq | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | | Energía | | | | | | | | | | | | |
| | 1A | Quema de combustibles | | | | | | | | | | | | |
| | | Combustión Móvil | | | | | | | | | | | | |
| | | Queroseno para motor a reacción | CO ₂ | 773.8 | 877.2 | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 0.36% | 0.00% | 5.87% | 0.00% | 0.41% | 0.41% |
| | | Gasolina para la aviación | CO ₂ | 3.7 | 5.1 | 5.0% | 5.0% | 7.1% | 0.00% | 0.00% | 0.03% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gas licuado de petróleo | CO ₂ | 712.5 | 1257.7 | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 0.44% | 0.03% | 8.41% | 0.00% | 0.59% | 0.59% |
| | | Gasolina para motores | CO ₂ | 3793.9 | 4293.6 | 4.9% | 2.8% | 5.6% | 1.39% | -0.01% | 28.71% | 0.00% | 1.98% | 1.98% |
| | | Diésel Oíl | CO ₂ | 8101.1 | 8533.6 | 5.0% | 2.5% | 5.6% | 2.75% | -0.06% | 57.07% | 0.00% | 4.02% | 4.02% |
| | | Gas Natural | CO ₂ | 640.3 | 1234.6 | 5.0% | 3.5% | 6.1% | 0.43% | 0.03% | 8.26% | 0.00% | 0.58% | 0.58% |
| | | Dual GLP | CO ₂ | 11.8 | 27.1 | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.01% | 0.00% | 0.18% | 0.00% | 0.01% | 0.01% |
| | | Dual GNV | CO ₂ | 163.6 | 376.9 | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.15% | 0.01% | 2.52% | 0.00% | 0.18% | 0.18% |
| | | BI GLP | CO ₂ | 17.9 | 75.6 | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.03% | 0.00% | 0.51% | 0.00% | 0.04% | 0.04% |
| | | BI GNV | CO ₂ | 28.8 | 121.4 | 5.0% | 4.9% | 7.0% | 0.05% | 0.01% | 0.81% | 0.00% | 0.06% | 0.06% |
| | | Diésel Oíl S-50 | CO ₂ | 54.2 | 43.4 | 5.0% | 0.5% | 5.0% | 0.01% | 0.00% | 0.29% | 0.00% | 0.02% | 0.02% |
| | | Fuelóleo residual | CO ₂ | 343.4 | 131.9 | 5.0% | 3.0% | 5.8% | 0.04% | -0.02% | 0.88% | 0.00% | 0.06% | 0.06% |
| | | Queroseno para motor a reacción | CH ₄ | 0.2 | 0.1 | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gasolina para la aviación | CH ₄ | 0.0 | 0.0 | 5.0% | 21.5% | 22.1% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gas licuado de petróleo | CH ₄ | 14.7 | 26.0 | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 0.04% | 0.00% | 0.17% | 0.00% | 0.01% | 0.01% |
| | | Gasolina para motores | CH ₄ | 37.1 | 42.1 | 5.0% | 33.3% | 33.7% | 0.08% | 0.00% | 0.28% | 0.00% | 0.02% | 0.02% |
| | | Diésel Oíl | CH ₄ | 9.0 | 9.4 | 5.0% | 31.8% | 32.2% | 0.02% | 0.00% | 0.06% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gas Natural | CH ₄ | 22.0 | 42.4 | 5.0% | 25.0% | 25.5% | 0.06% | 0.00% | 0.28% | 0.00% | 0.02% | 0.02% |
| | | Dual GLP | CH ₄ | 0.1 | 0.1 | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Dual GNV | CH ₄ | 1.3 | 3.4 | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.01% | 0.00% | 0.02% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | BI GLP | CH ₄ | 0.3 | 1.1 | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.00% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | BI GNV | CH ₄ | 0.8 | 2.4 | 5.0% | 35.4% | 35.7% | 0.01% | 0.00% | 0.02% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Diésel Oíl S-50 | CH ₄ | 0.1 | 0.1 | 5.0% | 45.4% | 45.7% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Fuelóleo residual | CH ₄ | 0.7 | 0.3 | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Queroseno para motor a reacción | N ₂ O | 8.9 | 7.8 | 5.0% | 40.0% | 40.3% | 0.02% | 0.00% | 0.05% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gasolina para la aviación | N ₂ O | 0.0 | 0.0 | 5.0% | 40.0% | 40.3% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gas licuado de petróleo | N ₂ O | 0.7 | 1.2 | 5.0% | 66.7% | 66.9% | 0.00% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Gasolina para motores | N ₂ O | 53.8 | 60.9 | 4.9% | 61.1% | 61.3% | 0.22% | 0.00% | 0.41% | 0.00% | 0.03% | 0.03% |
| | | Diésel Oíl | N ₂ O | 135.9 | 141.8 | 4.9% | 69.4% | 69.6% | 0.57% | 0.00% | 0.95% | 0.00% | 0.07% | 0.07% |
| | | Gas Natural | N ₂ O | 10.6 | 20.4 | 5.0% | 66.7% | 66.9% | 0.08% | 0.00% | 0.14% | 0.00% | 0.01% | 0.01% |
| | | Dual GLP | N ₂ O | 0.2 | 0.4 | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Dual GNV | N ₂ O | 2.7 | 6.2 | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.03% | 0.00% | 0.04% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | BI GLP | N ₂ O | 0.1 | 0.7 | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | BI GNV | N ₂ O | 0.5 | 1.8 | 5.0% | 94.3% | 94.4% | 0.01% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Diésel Oíl S-50 | N ₂ O | 6.5 | 5.2 | 5.0% | 75.0% | 75.2% | 0.02% | 0.00% | 0.03% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | | Fuelóleo residual | N ₂ O | 2.8 | 1.1 | 5.0% | 50.0% | 50.2% | 0.00% | 0.00% | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.0005% |
| | | Total | CO₂eq | 14,953.83 | 17,360.67 | | | | 3.2% | | | | | 4.6% |