



PRIMERA ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES Y LIBERACIONES DE MERCURIO EN EL PERÚ

Año base 2021

1. Datos Generales

1.1. Perfil del Perú

La actualización del inventario nacional de emisiones y liberaciones de mercurio ha sido desarrollada tomando como año base el 2021. A continuación, se presentan los principales indicadores socioeconómicos que muestran el perfil del país al momento de elaborar el presente documento.

Población

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el 2021, el Perú alcanzó una población de 33 350 304 habitantes. Dicho valor se estimó en base a los resultados de los Censos Nacionales del 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Economía

Según el Banco Central de Reserva (BCR), la economía peruana cerró el 2021 con un crecimiento del producto bruto interno (PBI) de 13,3% respecto al 2020 y de 0,8% respecto al 2019. alcanzando los 223,2 millones de dólares americanos.

Las principales actividades económicas del Perú, según su participación en el PBI, fueron las de construcción (37,8%) y manufactura (18,9%). Por otra parte, los sectores de minería e hidrocarburos sufrieron una caída de 13,2% en sus producciones durante el 2020 debido a la pandemia por la COVID-19.

1.2. Datos de contacto de la institución que elaboró el inventario

Nombre de la institución	Ministerio del Ambiente
Dirección	Av. Antonio Miro Quesada (ex Juan de Aliaga) 425 – 4º Piso, Magdalena, Lima - Perú
Correo electrónico	ciudadania@minam.gob.pe
Teléfono	+51 611-6000 o 0800-00-558
Sitio web	www.gob.pe/minam

2. Índices

2.1. Índice General

1.	Datos Generales	1
1.1.	Perfil del Perú	1
1.2.	Datos de contacto de la institución que elaboró el inventario	1
2.	Índices	2
2.1.	Índice General	2
2.2.	Índice de Tablas	5
2.3.	Índice de Gráficos	15
3.	Listados de información complementaria	17
3.1.	Lista de acrónimos y siglas	17
3.2.	Listado de unidades de medida	19
3.3.	Listado de factores de conversión	19
3.4.	Glosario de Términos	20
4.	Resumen ejecutivo	22
4.1.	Introducción	22
4.2.	Resultados y análisis	22
4.3.	Vacios de información	24
5.	Tipos de fuentes de emisión y liberación de mercurio	25
6.	Resumen de entradas de mercurio	28
7.	Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio	33
8.	Puntos calientes de contaminación con mercurio	43
9.	CATEGORÍA 1: Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	45
9.1.	Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	45
9.2.	Otros usos del carbón	46
9.3.	Extracción, refinación y uso de petróleo	50
9.4.	Extracción, refinación y uso de gas natural	60
9.5.	Extracción y uso de otros combustibles fósiles	66
9.6.	Energía y producción de calor de biomasa	67
9.7.	Producción de energía geotérmica	70
9.8.	Resumen de resultados de categoría 1	71
10.	CATEGORÍA 2: Producción primaria de metales	76
10.1.	Extracción primaria y procesamiento de mercurio	76
10.2.	Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	77
10.3.	Extracción y procesamiento inicial de zinc	83
10.4.	Extracción y procesamiento inicial de cobre	86
10.5.	Extracción y procesamiento inicial de plomo	89

10.6.	Extracción y procesamiento de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio	91
10.7.	Extracción y procesamiento inicial de aluminio.....	98
10.8.	Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	99
10.9.	Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos	100
10.10.	Resumen de resultados de categoría 2.....	104
11.	CATEGORÍA 3: Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	109
11.1.	Producción de cemento	109
11.2.	Producción de pulpa y papel.....	113
11.3.	Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos.....	114
11.4.	Otros minerales y materiales	118
11.5.	Resumen de resultados de categoría 3.....	119
12.	CATEGORÍA 4: Uso deliberado de mercurio en procesos industriales.....	124
12.1.	Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio.....	124
12.2.	Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio.....	127
12.3.	Producción de acetaldehído con catalizador de sulfatos de mercurio	127
12.4.	Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	127
12.5.	Resumen de resultados de categoría 4.....	128
13.	CATEGORÍA 5: Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	133
13.1.	Termómetros con mercurio	133
13.2.	Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio.....	136
13.3.	Fuentes de luz con mercurio.....	138
13.4.	Pilas que contienen mercurio.	141
13.5.	Poliuretano con catalizador de mercurio.....	144
13.6.	Biocidas y pesticidas con mercurio.	146
13.7.	Pinturas con conservantes con mercurio.....	146
13.8.	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario.....	146
13.9.	Productos cosméticos y otros relacionados.....	147
13.10.	Resumen de resultados de categoría 5	149
14.	CATEGORÍA 6: Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	154
14.1.	Empastes de amalgamas dentales	154
14.2.	Manómetros y medidores.....	159
14.3.	Productos químicos y equipos de laboratorio.	162
14.4.	Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales.....	166
14.5.	Uso de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes.....	166
14.6.	Resumen de resultados de categoría 6.....	167
15.	CATEGORÍA 7: Producción de metales reciclados.....	172

15.1.	Producción de mercurio reciclado	172
15.2.	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero).....	173
15.3.	Producción de otros metales reciclados	177
15.4.	Resumen de resultados de categoría 7	178
16.	CATEGORÍA 8: Incineración de residuos	183
16.1.	Incineración de residuos sólidos no peligrosos.....	183
16.2.	Incineración de residuos sólidos peligrosos.....	186
16.3.	Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud	188
16.4.	Incineración de lodos residuales	191
16.5.	Quema al aire libre de residuos sólidos	191
16.6.	Resumen de resultados de categoría 8.....	193
17.	CATEGORÍA 9: Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	198
17.1.	Disposición controlada de residuos sólidos	198
17.2.	Depósitos difusos con algún control	201
17.3.	Disposición informal in situ de residuos industriales.....	201
17.4.	Disposición informal de residuos en botaderos.....	201
17.5.	Tratamiento de aguas residuales	204
17.6.	Resumen de resultados de categoría 9.....	209
18.	CATEGORÍA 10: Crematorios y cementerios	214
18.1.	Crematorios.....	214
18.2.	Cementerios	217
18.3.	Resumen de resultados de categoría 10	220
19.	Conclusiones.....	224
20.	Recomendaciones	225
21.	Referencias.....	226
22.	Anexos.....	228
	Anexo 1: Resumen de factores de entrada utilizados.....	229
	Anexo 2: Entradas mínimas y máximas de mercurio en el 2014 y 2021.....	234
	Anexo 3: Emisiones y liberaciones de mercurio de todas las subcategorías	237
	Anexo 4: Comparación de emisiones y liberaciones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021	243
	Anexo 5: Comparación de emisiones y liberaciones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021	248

2.2. Índice de Tablas

Tabla 5-1: Identificación de las fuentes de emisión de mercurio en el país: fuentes presentes (S), ausentes (N) y posibles, pero no identificadas como positivas (?)	25
Tabla 5-2: Fuentes de sitios calientes potenciales	27
Tabla 6-1: Resumen de entradas máximas y mínimas de Hg calculadas para cada categoría de fuente de emisión y liberación	29
Tabla 7-1: Descripción de las vías de distribución o salida	33
Tabla 7-2: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de todas las categorías de fuentes	35
Tabla 7-3: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente emisión	39
Tabla 7-4: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente emisión	40
Tabla 7-5: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución.....	41
Tabla 7-6: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución.....	42
Tabla 8-1: Puntos calientes de contaminación con mercurio identificados	43
Tabla 9-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "extracción y uso de combustibles/fuentes de energía"	45
Tabla 9-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "otros usos del carbón"	46
Tabla 9-3: Factores de entrada de la subcategoría "otros usos de carbón"	46
Tabla 9-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" - centrales termoeléctricas	47
Tabla 9-5: Entradas de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" – Otras industrias que usan carbón.....	47
Tabla 9-6: Factores de distribución de la subcategoría "otros usos de carbón" - centrales termoeléctrica.....	48
Tabla 9-7: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" - centrales termoeléctricas.....	48
Tabla 9-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" – otras industrias que usan carbón.....	49
Tabla 9-9: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" – totales.....	49
Tabla 9-10: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo”	50
Tabla 9-11: Producción nacional de petróleo - 2021	50
Tabla 9-12: Factores de entrada de la subcategoría “Extracción de petróleo”	51
Tabla 9-13: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – extracción.....	51
Tabla 9-14: Factores de entrada de la subcategoría Refinación de petróleo	52
Tabla 9-15: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – refinación.....	52
Tabla 9-16: Factores de entrada de la subcategoría consumo de hidrocarburos derivados del petróleo.....	53
Tabla 9-17: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo	53

Tabla 9-18: Total de entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo"	55
Tabla 9-19: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – extracción.....	56
Tabla 9-20: Resumen de las emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – extracción.....	56
Tabla 9-21: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – refinación	56
Tabla 9-22: Resumen de las emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – refinación	57
Tabla 9-23: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo	57
Tabla 9-24: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo” – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo – Escenario 1	58
Tabla 9-25: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo” – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo – Escenario 2	58
Tabla 9-26: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo” – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo – Total.....	58
Tabla 9-27: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo”	58
Tabla 9-28: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural”	60
Tabla 9-29: Factores de entrada de la subcategoría “Extracción y refinación de gas natural” ..	61
Tabla 9-30: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – extracción y refinación de gas natural	61
Tabla 9-31: Factores de entrada de la subcategoría “Extracción y refinación de gas natural” ..	62
Tabla 9-32: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – consumo de gas natural	62
Tabla 9-33: Entradas de mercurio por sector para la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – consumo de gas natural.....	63
Tabla 9-34: Total de entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo"	63
Tabla 9-35: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – extracción y refinación de gas natural	64
Tabla 9-36: Resumen de emisiones máximas y mínimas de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural” – extracción y refinación de gas natural	64
Tabla 9-37: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – consumo de gas natural	64
Tabla 9-38: Resumen de emisiones máximas y mínimas de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural” – consumo de gas natural	65
Tabla 9-39: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural”	65
Tabla 9-40: Factores de entrada de la subcategoría “energía y producción de calor de biomasa”	67
Tabla 9-41: Entradas de mercurio de la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"	67
Tabla 9-42: Factores de distribución de la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"	69

Tabla 9-43: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “energía y producción de calor de biomasa”	69
Tabla 9-44: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 1	71
Tabla 9-45: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1	73
Tabla 9-46: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1	74
Tabla 10-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "producción primaria de metales"	76
Tabla 10-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio”	77
Tabla 10-3: Cantidad de mineros de la MAPE por departamento y según su situación de formalización.....	78
Tabla 10-4: Uso de mercurio por parte de la MAPE por departamento y según situación de formalización.....	79
Tabla 10-5: Cantidad estimada de mercurio utilizado por titulares mineros según su situación de formalización y teniendo en cuenta si usan retorta	80
Tabla 10-6: Entradas de mercurio de la subcategoría “Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio”	80
Tabla 10-7: Factores de distribución para la subcategoría "Producción de oro con amalgamación"	81
Tabla 10-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de oro con amalgamación" – E2: Extracción desde concentrados del mineral (sin uso de retortas)	81
Tabla 10-9: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de oro con amalgamación" – E4: Extracción desde concentrados del mineral (con uso de retortas)	81
Tabla 10-10: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de oro con amalgamación" – Total.....	82
Tabla 10-11: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría " extracción y procesamiento inicial de zinc"	83
Tabla 10-12: Estimación de las importaciones de concentrado de Zn en el 2021 (TMF)	83
Tabla 10-13: Factores de entrada de la subcategoría “extracción y procesamiento inicial de zinc”	84
Tabla 10-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de zinc”	84
Tabla 10-15: Factores de distribución de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de zinc”	85
Tabla 10-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría " extracción y procesamiento inicial de zinc"	85
Tabla 10-17: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre"	86
Tabla 10-18: Estimación de las importaciones de concentrado de Cu en el 2021 (TMF)	86
Tabla 10-19: Factores de entrada de la subcategoría “extracción y procesamiento inicial de cobre”	87
Tabla 10-20: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de cobre”	87
Tabla 10-21: Factores de distribución de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre”	88
Tabla 10-22: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre”	88

Tabla 10-23: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de plomo"	89
Tabla 10-24: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de plomo"	89
Tabla 10-25: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio"	91
Tabla 10-26: Producción de oro para el 2021 por estrato y tipo de proceso empleado para beneficio.....	92
Tabla 10-27: Cantidad de mena explotada en el 2021 y concentración de mercurio en la mena reportada por titulares mineros.....	93
Tabla 10-28: Producción de oro a nivel nacional en el 2021	93
Tabla 10-29: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción y procesamiento de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio"	93
Tabla 10-30: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – extracción de mena.....	94
Tabla 10-31: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – producción de oro.....	94
Tabla 10-32: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – totales	94
Tabla 10-33: Cantidad de mercurio recuperado durante la extracción y producción de oro sin amalgamación	96
Tabla 10-34: Factores de distribución de la subcategoría " extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio"	96
Tabla 10-35: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – sin ajustar.....	96
Tabla 10-36: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – con ajuste	97
Tabla 10-37: Producción y exportación de metales no ferrosos.....	99
Tabla 10-38: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento de metales ferrosos"	100
Tabla 10-39: Producción de acero de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. del 2018 al 2021	101
Tabla 10-40: Relaciones deducidas a partir de la producción de acero de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. del 2018 al 2021	101
Tabla 10-41: Estimación de la producción de arrabio de las principales siderúrgicas del país	101
Tabla 10-42: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"	102
Tabla 10-43: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"	102
Tabla 10-44: Factores de distribución de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"	102
Tabla 10-45: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"	103
Tabla 10-46: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 2	104

Tabla 10-47: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2	106
Tabla 10-48: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2	107
Tabla 11-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio"	109
Tabla 11-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de cemento"	109
Tabla 11-3: Producción de cemento registrada y estimada para el 2021.....	110
Tabla 11-4: Factores de entrada de la subcategoría "Producción de cemento"	110
Tabla 11-5: Entradas de mercurio de la subcategoría "producción de cemento"	111
Tabla 11-6: Factores de distribución de la subcategoría "Producción de cemento"	111
Tabla 11-7: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "producción de cemento"	112
Tabla 11-8: Producción de papel durante el 2021	113
Tabla 11-9: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros en hornos livianos"	114
Tabla 11-10: Producción, exportación y consumo de caliza/dolomita a nivel nacional	115
Tabla 11-11: Caliza/dolomita utilizada para producir cal a nivel nacional en el 2021.....	115
Tabla 11-12: Concentración de mercurio en material geológico reportado por titulares mineros (minería metálica)	116
Tabla 11-13: Factores de entrada de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos"	116
Tabla 11-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos".....	116
Tabla 11-15: Factores de distribución de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos".....	117
Tabla 11-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos"	117
Tabla 11-17: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3	119
Tabla 11-18: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3	121
Tabla 11-19: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3	122
Tabla 12-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "uso deliberado de mercurio en procesos industriales"	124
Tabla 12-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio".....	125
Tabla 12-3: Producción de cloro-álcali del 2018 al 2021	125
Tabla 12-4: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio".....	126
Tabla 12-5: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 4	128
Tabla 12-6: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4.....	130
Tabla 12-7: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4	131
Tabla 13-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "productos de consumo con uso deliberado de mercurio"	133

Tabla 13-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Termómetros con mercurio”	133
Tabla 13-3: Factores de entrada de la subcategoría “termómetros de mercurio”	134
Tabla 13-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Termómetros de mercurio"	134
Tabla 13-5: Factores de distribución de la subcategoría "Termómetros de mercurio"	135
Tabla 13-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "termómetros de mercurio"	135
Tabla 13-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Interruptores eléctricos y relés”	136
Tabla 13-8: Factores de entrada de la subcategoría “Interruptores eléctricos y relés”	136
Tabla 13-9: Entradas de mercurio de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"	136
Tabla 13-10: Factores de distribución de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés" ...	137
Tabla 13-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"	137
Tabla 13-12: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Fuentes de luz con mercurio”	138
Tabla 13-13: Factores de entrada de la subcategoría “Lámparas con mercurio”	138
Tabla 13-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio"	139
Tabla 13-15: Factores de distribución de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio"	139
Tabla 13-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio”	140
Tabla 13-17: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Pilas que contienen mercurio”	141
Tabla 13-18: Factores de entrada de la subcategoría “Pilas que contienen mercurio”	141
Tabla 13-19: Entradas de mercurio de la subcategoría "Pilas que contienen mercurio"	142
Tabla 13-20: Factores de distribución de la subcategoría "Pilas que contienen mercurio"	142
Tabla 13-21: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Pilas que contienen mercurio"	143
Tabla 13-22: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Poliuretano con catalizador de mercurio”	144
Tabla 13-23: Factores de entrada de la subcategoría “Poliuretano con catalizador de mercurio”	144
Tabla 13-24: Entradas de mercurio de la subcategoría "Poliuretano con catalizador de mercurio"	145
Tabla 13-25: Factores de distribución de la subcategoría "Poliuretano con catalizador de mercurio"	145
Tabla 13-26: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Poliuretano con catalizador de mercurio"	145
Tabla 13-27: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Productos cosméticos y otros relacionados”	147
Tabla 13-28: Factores de entrada de la subcategoría “Productos cosméticos y otros relacionados”	147
Tabla 13-29: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos cosméticos y otros relacionados"	148
Tabla 13-30: Factores de distribución de la subcategoría "Productos cosméticos y otros relacionados"	148
Tabla 13-31: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Productos cosméticos y otros relacionados"	148

Tabla 13-32: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 5	149
Tabla 13-33: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5	151
Tabla 13-34: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5	152
Tabla 14-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "otros productos y procesos con uso intencional de mercurio"	154
Tabla 14-2: Información y expresiones para calcular las emisiones de mercurio proveniente de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales"	154
Tabla 14-3: Número de odontólogos, restauraciones y cantidad de Hg utilizado en amalgamas dentales (2018 - 2021)	155
Tabla 14-4: Entrada de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase producción de amalgamas dentales	155
Tabla 14-5: Factores de entrada de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de uso y eliminación de amalgamas	156
Tabla 14-6: Entradas de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de uso y eliminación.....	156
Tabla 14-7: Factores de distribución de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales"	157
Tabla 14-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de preparación de amalgamas	157
Tabla 14-9: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de uso de amalgamas.....	157
Tabla 14-10: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de eliminación de amalgamas.....	158
Tabla 14-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – Total	158
Tabla 14-12: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Manómetros y medidores"	159
Tabla 14-13: Factores de entrada de la subcategoría "Manómetros y medidores"	159
Tabla 14-14: Cantidad y peso de manómetros y válvulas que contienen mercurio, agrupados por subpartida arancelaria y que fueron importados en el 2021	160
Tabla 14-15: Entradas de mercurio de la subcategoría "Manómetros y medidores"	160
Tabla 14-16: Factores de distribución de la subcategoría "Manómetros y medidores"	160
Tabla 14-17: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Manómetros y medidores"	161
Tabla 14-18: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"	162
Tabla 14-19: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio" – Productos químicos	163
Tabla 14-20: Factores de entrada de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio" – Equipos de laboratorio	164
Tabla 14-21: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio" – Equipos de laboratorio	164
Tabla 14-22: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"	164
Tabla 14-23: Factores de distribución de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"	165

Tabla 14-24: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"	165
Tabla 14-25: Importaciones y exportaciones de "Otros productos que contienen mercurio".	166
Tabla 14-26: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 6	167
Tabla 14-27: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6	169
Tabla 14-28: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6	170
Tabla 15-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "producción de metales reciclados"	172
Tabla 15-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"	173
Tabla 15-3: Cantidad de material reciclado en el 2021.....	174
Tabla 15-4: Estimación del peso de la unidad vehicular de referencia que se utiliza para calcular la entrada de mercurio de la subpartida "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"	174
Tabla 15-5: Factores de entrada de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"	175
Tabla 15-6: Entradas de mercurio de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"	175
Tabla 15-7: Factores de distribución de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"	176
Tabla 15-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"	176
Tabla 15-9: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 7	178
Tabla 15-10: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7	180
Tabla 15-11: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7	181
Tabla 16-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "incineración de residuos"	183
Tabla 16-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Incineración de residuos no peligrosos"	183
Tabla 16-3: Factores de entrada de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"	184
Tabla 16-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"	184
Tabla 16-5: Factores de distribución de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"	184
Tabla 16-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"	185
Tabla 16-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Incineración de residuos peligrosos"	186
Tabla 16-8: Factores de entrada de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos"	186
Tabla 16-9: Entradas de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos"	187

Tabla 16-10: Factores de distribución de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos".....	187
Tabla 16-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos"	187
Tabla 16-12; Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"	188
Tabla 16-13: Factores de entrada de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"	188
Tabla 16-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"	189
Tabla 16-15: Factores de distribución de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"	189
Tabla 16-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"	189
Tabla 16-17: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"	191
Tabla 16-18: Factores de entrada de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"	192
Tabla 16-19: Entradas de mercurio de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"	192
Tabla 16-20: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"	192
Tabla 16-21: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 8	193
Tabla 16-22: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8	195
Tabla 16-23: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8	196
Tabla 17-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales"	198
Tabla 17-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"	199
Tabla 17-3: Factores de entrada de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"	199
Tabla 17-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"	199
Tabla 17-5: Factores de distribución de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"	199
Tabla 17-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"	200
Tabla 17-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"	201
Tabla 17-8: Estimación de la cantidad de RRSS dispuestos de manera informal en botaderos	202
Tabla 17-9: Factores de entrada de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"	202
Tabla 17-10: Entradas de mercurio de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"	202
Tabla 17-11: Factores de distribución de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos".....	203

Tabla 17-12: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"	203
Tabla 17-13: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"	204
Tabla 17-14: Factores de entrada de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"	205
Tabla 17-15: Entradas de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"	205
Tabla 17-16: Factores de distribución de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"	206
Tabla 17-17: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Sin tratamiento.....	206
Tabla 17-18: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Con tratamiento solo mecánico	207
Tabla 17-19: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Con tratamiento mecánico y biológico, sin aplicación de lodos al suelo	207
Tabla 17-20: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – PTAR (efluentes industriales)	207
Tabla 17-21: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Consolidado, totales.....	207
Tabla 17-22: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 9	209
Tabla 17-23: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9	211
Tabla 17-24: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9	212
Tabla 18-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "crematorios y cementerios"	214
Tabla 18-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Crematorios"	214
Tabla 18-3: Factores de entrada de la subcategoría "Crematorios"	215
Tabla 18-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Crematorios"	215
Tabla 18-5: Entradas ajustadas de mercurio de la subcategoría "Crematorios"	216
Tabla 18-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Crematorios"	216
Tabla 18-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Cementerios"	217
Tabla 18-8: Factores de entrada de la subcategoría "Cementerios"	217
Tabla 18-9: Entradas de mercurio de la subcategoría "Cementerios"	218
Tabla 18-10: Entradas ajustadas de mercurio de la subcategoría "Cementerios"	218
Tabla 18-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Cementerios"	218
Tabla 18-12: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 10	220
Tabla 18-13: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10	222
Tabla 18-14: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10	222

2.3. Índice de Gráficos

Gráfico 4-1: Emisiones y liberaciones totales de cada categoría de fuente	23
Gráfico 6-1: Entradas máximas y mínimas de Hg calculadas para cada categoría de fuente de emisión y liberación	31
Gráfico 6-2: Variación de entradas máximas y mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021	32
Gráfico 7-1: Distribución de las emisiones y liberaciones mínimas a través de las vías de distribución.....	36
Gráfico 7-2: Distribución de las emisiones y liberaciones máximas a través de las vías de distribución:	36
Gráfico 7-3: Emisiones de mercurio al Aire.....	37
Gráfico 7-4: Liberaciones de mercurio al Agua	37
Gráfico 7-5: Liberaciones de mercurio a la Tierra.....	38
Gráfico 7-6: Liberaciones de mercurio como Productos.....	38
Gráfico 7-7: Liberaciones de mercurio al Tratamiento general de residuos.....	39
Gráfico 7-8: Liberaciones de mercurio al Tratamiento específico de residuos.....	39
Gráfico 7-9: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente de emisión	40
Gráfico 7-10: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente de emisión	41
Gráfico 7-11: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución.....	42
Gráfico 7-12: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución.....	42
Gráfico 9-1: Entradas de mercurio por sector para la subcategoría "consumo de combustibles derivados del petróleo"	55
Gráfico 9-2: Entradas de mercurio por tipo de combustible para la subcategoría "consumo de combustibles derivados del petróleo"	55
Gráfico 9-3: Entradas de mercurio por sector para la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"	68
Gráfico 9-4: Entradas de mercurio por tipo de combustible para la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"	69
Gráfico 9-5: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 1	72
Gráfico 9-6: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 1	72
Gráfico 9-7: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1	75
Gráfico 9-8: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1	75
Gráfico 10-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 2	105
Gráfico 10-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 2	105
Gráfico 10-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2	108
Gráfico 10-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2	108
Gráfico 11-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3	120
Gráfico 11-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3	120
Gráfico 11-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3	123
Gráfico 11-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3	123
Gráfico 12-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 4	129

Gráfico 12-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3	129
Gráfico 12-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4	132
Gráfico 12-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4	132
Gráfico 13-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 5	150
Gráfico 13-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 5	150
Gráfico 13-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5	153
Gráfico 13-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5	153
Gráfico 14-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 6	168
Gráfico 14-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 6	168
Gráfico 14-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6	171
Gráfico 14-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6	171
Gráfico 15-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 7	179
Gráfico 15-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 7	179
Gráfico 15-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7	182
Gráfico 15-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7	182
Gráfico 16-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 8	194
Gráfico 16-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 8	194
Gráfico 16-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8	197
Gráfico 16-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8	197
Gráfico 17-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 9	210
Gráfico 17-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 9	210
Gráfico 17-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9	213
Gráfico 17-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9	213
Gráfico 18-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 10	221
Gráfico 18-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 10	221
Gráfico 18-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10	223
Gráfico 18-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10	223

3. Listados de información complementaria

3.1. Lista de acrónimos y siglas

- ANA: Autoridad Nacional del Agua
- ASOCEM: Asociación de Productores de Cemento
- ATU: Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao
- Au: Oro
- CENSI: Centro Nacional de Salud Intercultural
- Cl₂: Cloro gaseoso
- CT: Central termoeléctrica
- Cu: Cobre
- DGEE: Dirección General de Eficiencia Energética
- DGH: Dirección General de Hidrocarburos
- DGE: Dirección General de Electricidad
- DGFM: Dirección General de Formalización Minera
- DIGEMID: Dirección General de Medicamentos Insumos y Drogas
- DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
- DIRESA: Dirección Regional de Salud
- DIRIS: Dirección de Redes Integrada de Salud
- DREM: Dirección Regional de Energía y Minas
- EEUU o US: Estados Unidos de América
- EO-RS: Empresa Operadora de Residuos Sólidos
- EPS: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento
- Fe: Hierro
- GERESA: Gerencia Regional de Salud
- GLP: Gas Licuado de Petróleo
- GORE: Gobierno Regional
- GREM: Gerencia Regional de Energía y Minas
- Hg: Mercurio
- IGAC: Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo
- IGAFOM: Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de las Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- MAPE: Minería artesanal y de pequeña minería
- MEF: Ministerio de Economía y Finanzas
- MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
- MINAM: Ministerio del Ambiente
- MINEM: Ministerio de Energía y Minas
- MINSA: Ministerio de Salud
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- NaOH: Hidróxido de sodio o soda cáustica
- OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- OGEIEE: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos
- ONU: Organización de las Naciones Unidas
- OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
- Pb: Plomo
- PBI: Producto Bruto Interno
- PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

- PRODUCE: Ministerio de la Producción
- PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- REINFO: Registro Integral de Formalización Minera
- RRSS: Residuos sólidos
- SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
- SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
- SIGERSOL: Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos
- SINADEF: Sistema Informático Nacional de Defunciones
- SNMPE: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
- SPH: Sociedad Peruana de Hidrocarburos
- SPN: Subpartida Nacional Arancelaria
- SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
- SUNAT: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria
- Zn: Zinc

3.2. Listado de unidades de medida

- a: año
- g: gramo
- mg: miligramo
- μg : microgramo
- Kg: kilogramo
- t: tonelada
- TMF: tonelada métrica de contenido fino
- t/a: tonelada por año
- m^3 : metro cúbico
- Nm^3 : metro cúbico en condiciones normales
- ft^3 : pie cúbico
- gal: galón
- BBL: barril
- MBBL: miles de barriles
- MPC: miles de pies cúbicos
- MMPC: millones de pies cúbicos
- m^3/a : metro cúbico por año
- gal/a: galón por año
- mg/kg: miligramo de “x” elemento contenido en 1 kg de determinada matriz sólida
- ppm: partes por millón
- MW: megavatio o mega watt

3.3. Listado de factores de conversión

- Volumen:
 - 1 m^3 = 6,289 BBL
 - 1 m^3 = 35,315 ft^3
 - 1 m^3 = 264.17 gal US
 - 1 m^3 = 0.9998 Nm^3 (conforme norma DIN 1343)
 - 1 BBL = 5,615 ft^3
 - 1 BBL = 42 gal US
 - 1 BBL = 0,137 ton (para hidrocarburos líquidos)
- Masa:
 - 1 kg = 0,001 t
 - 1 kg = 1000 g
 - 1 kg = 2,2046 lb
- Concentración en sólidos: 1 ppm = 1 mg/kg

3.4. Glosario de Términos

- **Biomasa:** Materia orgánica no fósil de origen biológico que puede ser utilizada con fines energéticos para la producción de calor y algunas veces también de electricidad. Bajo este concepto se agrupan el bagazo, la bosta, la yareta y los residuos agrícolas.
- **Categoría de fuente de emisión:** Es la clasificación principal que propone el PNUMA para las fuentes de emisión de mercurio por causas antropogénicas.
- **Concentrado:** En minería se le llama concentrado al producto rico en metales. Es decir, se trata del mineral al cual se le ha elevado la concentración de metales mediante procesos tales como la flotación, lixiviación, gravitación, entre otros.
- **Coprocesamiento:** Uso de residuos idóneos en los procesos de fabricación con el propósito de recuperar energía y recursos, y reducir en consecuencia el uso de combustibles y materias primas convencionales mediante su sustitución.
- **Factor de entrada:** Son factores de conversión que representan el contenido de mercurio por tasa de actividad. Por ejemplo, “contenido de mercurio en termómetros”.
- **Factor de distribución:** Representa la fracción (sin unidad) de la entrada de mercurio que se distribuye a través de diferentes vías cuando es emitido o liberado al ambiente (aire, agua, tierra, productos y tratamiento de residuos).
- **Lodos:** Son residuos sólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales que cuentan con alta concentración de materia orgánica, característica que se aplica principalmente a los lodos obtenidos en el tratamiento primario y tratamiento secundario, así como a las excretas de instalaciones sanitarias in situ.
- **Mena:** Es un mineral del que se puede extraer un elemento, un metal generalmente, por contenerlo en cantidad suficiente para ser aprovechado. Así, se dice que un mineral es mena de un metal cuando mediante minería es posible extraer ese mineral de un yacimiento y luego mediante metalurgia obtener el metal de ese mineral.
- **Mercurio:** Es un metal pesado, cuyo símbolo químico es Hg. Es el único que en condiciones normales se encuentra en estado líquido. Se caracteriza por ser nocivo para la salud humana y el medio ambiente, posee capacidad para bioacumularse en los ecosistemas y es fácilmente transportado a través de la atmósfera y cuerpos de agua.
- **Puntos calientes:** Lugares que existen como resultado de mercurio previamente depositado que aún tienen el potencial para general emisiones o liberaciones y riesgos significativos a los humanos y el ambiente.
- **Refinerías:** Instalación industrial, en la cual el Petróleo, gasolinas naturales u otras fuentes de Hidrocarburos son convertidos en Combustibles Líquidos. Puede incluir la elaboración de productos diferentes a los combustibles como lubricantes, asfaltos y breas, solventes, etc.

- **Residuos sólidos:** Cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final.
- **Residuos sólidos peligrosos:** Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.
- **Retorta:** Es un sistema que se utiliza para recuperar el mercurio de las amalgamas. Este sistema consiste en recipiente que contiene la amalgama, el cual se calienta para liberar el mercurio en forma de vapor, de modo que el metal sólido, libre de mercurio queda en el recipiente; mientras que el vapor de mercurio es conducido por un sistema de condensación, lo cual permite su recuperación.
- **Subcategoría de fuente de emisión:** Es el segundo nivel de clasificación que propone le PNUMA para las fuentes de emisión de mercurio por causas antropogénicas.
- **Tasa de actividad:** Información cuantificable específica de procesos o productos que involucren o contienen mercurio. Esta tasa de actividad constituye una cantidad procesada, fabricada, usada o eliminada por unidad de tiempo (normalmente por año). Por ejemplo, “cantidad de material de alimentación al proceso por año” o “producto producido por año”.
- **Vías de distribución del mercurio:** Se refiere a las rutas que puede seguir el mercurio que se emite y libera a la sociedad y al ambiente por fuentes antropogénicas. Estas vías son: aire, agua, tierra, productos y tratamiento de residuos.

4. Resumen ejecutivo

4.1. Introducción

El mercurio, debido a su toxicidad, es considerado uno de los metales más peligrosos para la salud humana y el medio ambiente (OMS, 2008), es por ello que, en el 2017 entró en vigor el Convenio de Minamata, el cual busca que los países que forman parte de él, establezcan políticas y acciones que ayuden a prevenir las emisiones y liberaciones de este metal y de sus compuestos al medio ambiente.

En este sentido, el Perú, como Estado Parte del Convenio, aprobó en el año 2019 su Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Minamata sobre el Mercurio, en el cual se estableció que se debe elaborar y actualizar periódicamente un inventario nacional de emisiones y liberaciones de este metal. Es por ello que en el año 2017 se publicó el primer inventario, documento elaborado con datos del año base 2014.

El presente documento representa la primera actualización del inventario y ha sido elaborado tomando como año base el 2021, para lo cual se contó con la colaboración de diferentes entidades gubernamentales y empresas privadas, quienes proporcionaron información cuantificable de las emisiones y liberaciones de mercurio a nivel nacional. Cabe indicar, que en algunos casos no se contó con información del año 2021 o existieron vacíos de información, por lo cual se realizaron estimaciones o extrapolaciones.

Para realizar este inventario se utilizó el kit de herramientas para la identificación y cuantificación de las emisiones de mercurio, diseñado por la División de Productos Químicos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Este kit proporciona al usuario una metodología para identificar y clasificar las fuentes de emisiones por categorías; así como para cuantificar las mismas. El kit de herramientas está disponible en el sitio web del PNUMA:

<https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/mercury-inventory-toolkit>.

El Kit de herramientas proporciona dos niveles de inventarios (nivel 1 y 2) según las necesidades de cada país, donde el nivel 1 es un inventario básico, mientras que el nivel 2 es un inventario más detallado. Tanto el primer inventario nacional, así como esta primera actualización fueron elaborados en base al nivel 2 y la metodología se basó en los balances de masa para cada subcategoría de fuente de emisión de mercurio.

La metodología para la cuantificación de emisiones de mercurios propuesta por el PNUMA en su kit de herramientas establece los siguientes pasos.

- i. Identificar las categorías de fuentes presentes
- ii. Clasificar las categorías de fuentes identificadas en subcategorías
- iii. Identificar las vías de distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio
- iv. Calcular las entradas de mercurio por cada subcategoría de fuente
- v. Cuantificar las emisiones y liberaciones de mercurio.

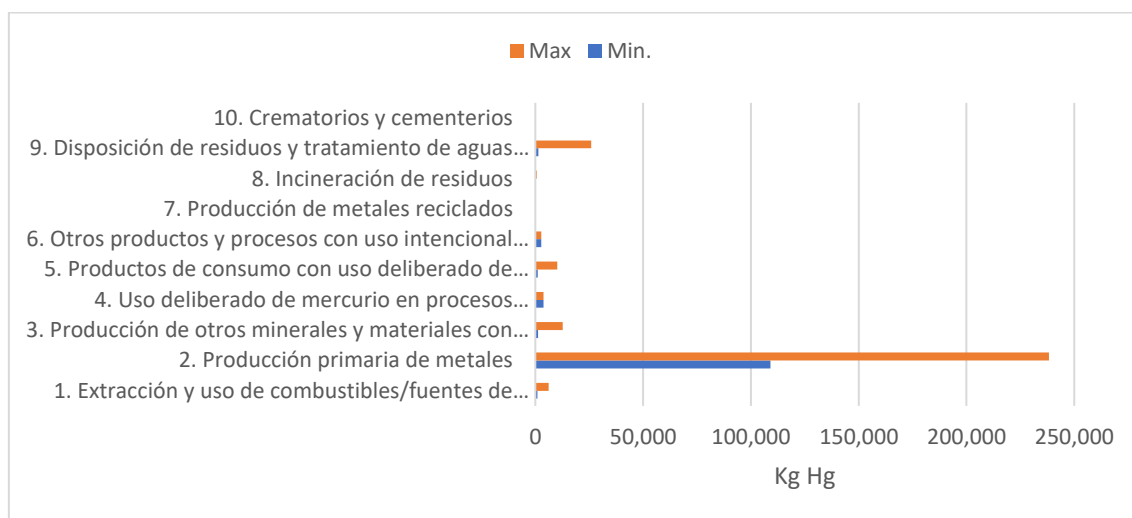
4.2. Resultados y análisis

Para actualización del inventario nacional, se calcularon las liberaciones mínimas y máximas de mercurio aplicando tanto factores (mínimos y máximos) predeterminados por el kit de

herramientas del PNUMA, así como factores nacionales que fueron determinados a partir de los datos recogidos.

En tal sentido, se calculó que las emisiones y liberaciones mínimas y máximas de mercurio, al año 2021, fueron 120,5 t Hg/a y 300,8 t Hg/a, respectivamente. En ambos casos la categoría “Producción primaria de metales” fue la que más aportó con 109 t Hg/a (90,5%) en el caso de las liberaciones mínimas y 238,3 t Hg/a (79,2%) en el caso de las liberaciones máximas. En el siguiente gráfico se muestran las emisiones y liberaciones totales.

Gráfico 4-1: Emisiones y liberaciones totales de cada categoría de fuente



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al primer inventario nacional, se observa que las liberaciones mínimas aumentaron en 50 t aproximadamente; mientras que las liberaciones máximas disminuyeron 43 t aproximadamente.

La variación entre las emisiones mínimas y máximas se debe a que para la presente actualización se contó con mayor cantidad de factores de entrada nacionales, lo cual hizo que se reduzca la incertidumbre. En el primer inventario la diferencia entre las liberaciones mínimas y máximas totales fue 273,9 t, mientras que en la presente actualización fue 180,3 t.

La segunda categoría que tuvo la mayor cantidad de liberaciones mínimas fue “Uso deliberado de mercurio en procesos industriales” con 3,8 t Hg/a (3,2%). Mientras que la segunda categoría que tuvo mayor cantidad de liberaciones máximas fue “Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales” con 25,9 t Hg/a (8,6%).

Respecto al mercurio que se encuentra en los desechos y las aguas residuales producidas en el país, se debe tener en cuenta que este no representa aportes antropogénicos nuevos, sino que provienen de los productos o procesos productivos de otras actividades económicas identificadas previamente.

Por otra parte, los resultados del inventario permitieron identificar que las liberaciones mínimas y máximas de mercurio emitidas al aire, fueron las que predominaron de todas las vías de distribución, representando el 67 % y 38 % respectivamente. Estos resultados difieren del primer inventario nacional, en el cual se determinó que las liberaciones mínimas al aire fueron 46,1%, mientras que las máximas fueron 25,4%.

4.3. Vacíos de información

Los vacíos de información más importantes son los siguientes:

- Para aquellos datos de producción del año 2021 que no pudieron ser proporcionados por las entidades o empresas, se tuvo que considerar los datos del año 2020. Sin embargo, dicho año fue atípico en cuanto a producción en los diferentes sectores económicos debido a la emergencia sanitaria por COVID-19, por lo que los datos no son confiables para extrapolar al 2021. En ese sentido, se utilizó data histórica de años anteriores para obtener tendencias en la variación anual y con ello, estimar los datos para el 2021.
- No se cuenta con datos precisos y actualizados sobre la producción de oro y uso de mercurio por parte de la MAPE, ya que la información que se tiene de sus Instrumentos de Gestión Ambiental, presentados para su proceso de formalización, no es exacta y muchas veces imprecisa.
- En muchos casos no se cuenta con mediciones de concentración de mercurio en las emisiones o efluentes industriales de las empresas de diferentes sectores económicos.
- No se cuenta con información precisa sobre la cantidad de productos que contienen mercurio, ya que para obtener esta información se requirió de los registros aduaneros proporcionados por SUNAT correspondientes a las subpartidas arancelarias de productos que pueden contener este metal. Sin embargo, algunas de estas subpartidas son genéricas y pueden incluir productos que no contienen mercurio, por lo que al considerarlas se sobreestima la cantidad de mercurio calculado.
- El país no cuenta actualmente con una base de datos que registre la cantidad de cadáveres cremados e inhumados. Es por ello que esta información debió ser solicitada a cada cementerio o crematorio individualmente, ya que la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), las Direcciones/Gerencias Regionales de Salud (DIRESA/GERESA) y las Direcciones de Redes Integradas de Salud (DIRIS) no registran esta información.

5. Tipos de fuentes de emisión y liberación de mercurio

El kit de herramientas del PNUMA establece que se debe identificar las fuentes de emisión de mercurio, las cuales están clasificadas en categorías y estas, a su vez, en subcategorías. Asimismo, se recomienda identificar los “puntos calientes” asociados a emisiones o liberaciones de mercurio; sin embargo, cuantificar las emisiones de estos puntos puede resultar difícil por la escasa información disponible, por lo que el kit de herramientas recomienda proporcionar información descriptiva sobre estos.

En la tabla 5-1 se muestran las fuentes de emisión por categoría y subcategoría, indicando si se encuentran presentes o no en el país mediante una evaluación cualitativa. Mientras que en la tabla 5-2 se muestran los puntos calientes identificados en el país.

Tabla 5-1: Identificación de las fuentes de emisión de mercurio en el país: fuentes presentes (S), ausentes (N) y posibles, pero no identificadas como positivas (?)

Nº	Categoría de la fuente	Presencia de la fuente (S/N/?)
1	Categoría principal: extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	
1.1	Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	N
1.2	Otros usos del carbón	S
1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	S
1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	S
1.5	Extracción y uso de otros combustibles fósiles	N
1.6	Energía y producción de calor de biomasa	S
1.7	Producción de energía geotérmica	N
2	Categoría principal: producción primaria (virgen) de metales	
2.1	Extracción primaria y procesamiento inicial de mercurio	N
2.2	Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	S
2.3	Extracción y procesamiento inicial de zinc	S
2.4	Extracción y procesamiento inicial de cobre	S
2.5	Extracción y procesamiento inicial de plomo	N
2.6	Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	S
2.7	Extracción y procesamiento inicial de aluminio	N
2.8	Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	S
2.9	Producción primaria de metales ferrosos	S
3	Categoría principal: producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	
3.1	Producción de cemento	S
3.2	Producción de pasta y papel	S
3.3	Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	S
3.4	Otros minerales y materiales	S
4	Categoría principal: uso deliberado de mercurio como material auxiliar en procesos industriales	

Nº	Categoría de la fuente	Presencia de la fuente (S/N/?)
4.1	Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	S
4.2	Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio (HgCl ₂)	N
4.3	Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio (HgSO ₄)	N
4.4	Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	N
5	Categoría principal: productos de consumo con uso intencional de mercurio	
5.1	Termómetros con mercurio	S
5.2	Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	S
5.3	Fuentes de luz con mercurio	S
5.4	Pilas que contienen mercurio	S
5.5	Poliuretano con catalizador de mercurio	S
5.6	Biocidas y pesticidas	N
5.7	Pinturas	N
5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	?
5.9	Productos cosméticos y otros relacionados	?
6	Categoría principal: otros usos intencionales en productos/procesos	
6.1	Empastes de amalgamas dentales	S
6.2	Manómetros y medidores	S
6.3	Productos químicos y equipos de laboratorio	S
6.4	Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	?
6.5	Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	S
7	Categoría principal: producción de metales reciclados	
7.1	Producción de mercurio reciclado (producción secundaria)	N
7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	S
7.3	Producción de otros metales reciclados	S
8	Categoría principal: incineración de residuos	
8.1	Incineración de residuos sólidos no peligrosos	S
8.2	Incineración de residuos sólidos peligrosos	S
8.3	Incineración de residuos de establecimientos de salud	S
8.4	Incineración de lodos residuales	N
8.5	Quema al aire libre de residuos sólidos	S
9	Categoría principal: depósito/vertido de desechos y tratamiento de aguas residuales	
9.1	Disposición controlada de residuos sólidos	S
9.2	Depósitos difusos con algún control	S
9.3	Disposición informal <i>in situ</i> de residuos industriales	N
9.4	Disposición informal de residuos en botaderos	S
9.5	Tratamiento de aguas residuales	S
10	Categoría principal: crematorios y cementerios	

Nº	Categoría de la fuente	Presencia de la fuente (S/N/?)
10.1	Crematorios	S
10.2	Cementerios	S

S= fuente presente, N= fuente ausente y “?”= posible pero no identificada como positiva

Fuente: PNUMA, 2019

Elaboración propia

Tabla 5-2: Fuentes de sitios calientes potenciales

Categoría de la fuente	Presencia de la fuente (S/N/?)
Categoría principal - Puntos calientes potenciales	
Sitios de producción de cloro-álcali cerrados/abandonados	N
Otros sitios de la antigua elaboración de productos químicos donde se producían o producen compuestos a base de mercurio (pesticidas, biocidas, pigmentos, etc.), o donde se utilizaban mercurio o compuestos como catalizadores (CVM/PVC, etc.)	N
Sitios de producción cerrados para la fabricación de termómetros, interruptores, pilas y otros productos	?
Sitios cerrados de fabricación de pulpa y papel (con producción interna de cloro-álcali o uso antiguo de bactericidas antimoho a base de mercurio)	?
Depósitos de relave/residuos de la explotación minera de mercurio	?
Depósitos de relave/residuos de la explotación minera de oro artesanal y a gran escala	S
Depósitos de relave/residuos de la explotación minera de otros metales no ferrosos	?
Sitios de accidentes relevantes	S
Dragado de sedimentos	?
Sitios de controles de calefacción urbana desechados (y otros controles de fluidos) con válvulas de presión de mercurio	?
Sitios de reciclado previo de mercurio (producción "secundaria" de mercurio)	N

S= fuente presente, N= fuente ausente y “?”= posible pero no identificada como positiva

Fuente: PNUMA, 2019

Elaboración propia

Luego de evaluar las fuentes de emisión presentes en el país por cada subcategoría, se verificó que para el 2021 existieron 37 subcategorías presentes, 13 ausentes y 3 posibles. Cabe mencionar que, se registró una subcategoría presente más con respecto a la evaluación realizada en el primer inventario (año base 2014); esta subcategoría es la 8.1 “Incineración de residuos sólidos no peligrosos” la cual es atribuida a la empresa KANAY S.A.C. En el ítem 16-1 se amplía el detalle del flujo de emisiones correspondiente.

6. Resumen de entradas de mercurio

Las entradas o aportes de mercurio a la sociedad deben interpretarse como las cantidades de mercurio que están disponibles para ser emitidas o liberadas al medio ambiente (aire, agua o suelo) a través de la actividad económica en el país. Estas entradas incluyen al mercurio que se utiliza deliberadamente en productos como termómetros, medidores de presión arterial, lámparas de luz fluorescente, etc.; así como también incluye el mercurio movilizado a través de la extracción y uso de materias primas que contienen este metal en trazas.

Para el cálculo de las entradas de mercurio por cada subcategoría de fuente de emisión, se requiere conocer la tasa de actividad (TA) y el factor de entrada (FE). El primero es la información cuantificable de los procesos o productos; por ejemplo, cantidad de termómetro importados por año, cantidad de concentrado de oro producido por año, cantidad de crudo refinado por año, etc. El segundo término es un factor de conversión que representa el contenido de mercurio por tasa de actividad, por ejemplo, cantidad de mercurio en un termómetro. En ese sentido, la ecuación para determinar las entradas de mercurio es la siguiente.

$$\text{Entrada de mercurio} = \text{Tasa de actividad (TA)} \times \text{Factor de entrada (FE)}$$

Para las categorías de residuos, las "entradas" se calculan para mostrar la distribución de mercurio en los desechos a través de las diferentes actividades de tratamiento y calcular las emisiones provenientes de estas actividades, a pesar de que los residuos no constituyen una fuente original de aporte de mercurio a la sociedad (excepto en el caso de importación de residuos).

El kit de herramientas proporciona factores de entrada predeterminados para cada subcategoría, los cuales fueron obtenidos a partir de estudios realizados en diferentes países. No obstante, y sin perjuicio de ello, se recomienda que cada país determine sus propios factores de entrada para cada subcategoría, ya que estos pueden variar según la zona geográfica o los niveles tecnológicos de cada país.

Por otra parte, el kit de herramienta recomienda, en el caso no se cuente con factores de entrada específicos, utilizar factores máximos y mínimos, con el fin de presentar un rango de lo que serían las entradas de mercurio y disminuir la incertidumbre en los resultados.

En ese sentido, la presente actualización del inventario trató de determinar factores de entrada nacionales, que complementen a los hallados en el primer inventario nacional. Para las diferentes subcategorías presentes en el país. Para ello, se consideró la información que las empresas entrevistadas brindaron sobre sus actividades productivas o comerciales, tal como, concentración de mercurio en sus productos o cantidad de mercurio en los recursos explotados. Sin embargo, no se logró determinar estos factores para todas las subcategorías, por lo que, para aquellos que no se determinaron, se utilizó los factores máximos y mínimos sugeridos por el kit de herramientas.

En el Anexo 1 se muestra el resumen de los factores de entrada máximos y mínimos utilizados para los cálculos, indicando si se tratan de factores nacionales o factores predeterminados del kit de herramientas del PNUMA. Al respecto, se determinó 7 factores nacionales y se complementó con 22 factores predeterminados.

En cuanto a los resultados de las entradas de mercurio, en la tabla 6-1 y el gráfico 6-1 se presenta el resumen de las entradas máximas y mínimas de mercurio que fueron calculadas para cada categoría de fuente de emisión, El detalle de los cálculos se presentan del acápite 9 al 18 del presente documento.

Tabla 6-1: Resumen de entradas máximas y mínimas de Hg calculadas para cada categoría de fuente de emisión y liberación

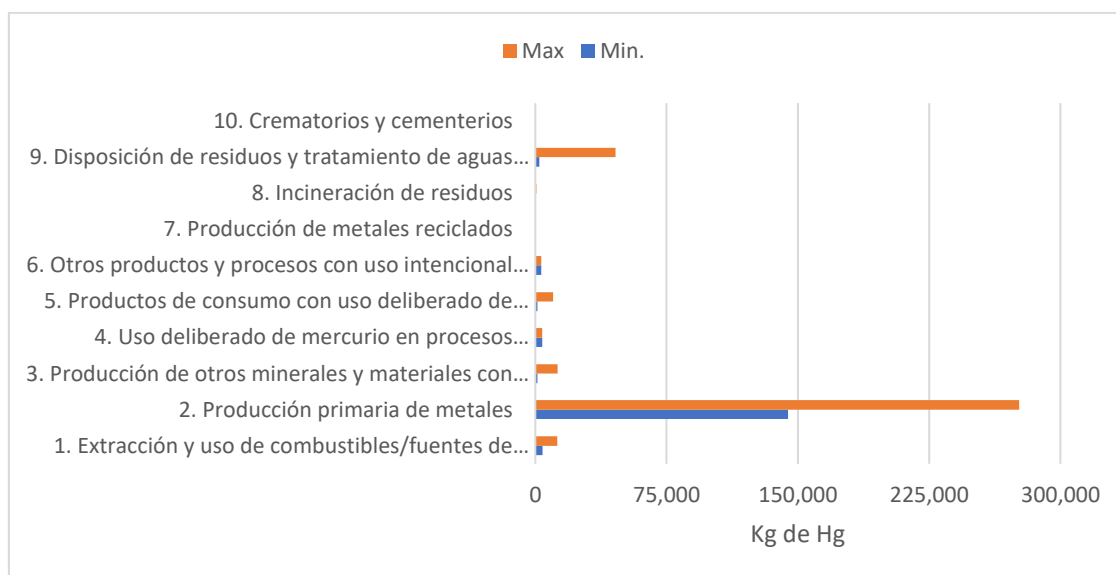
Categoría de la fuente	Entradas de Hg (kg/a)	
	Min.	Max
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	156,4	4 939,9
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-
1.2 Otros usos del carbón	18,0	413,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	26,6	22,5
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	37,6	3 763,7
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	74,1	740,6
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-
2. Producción primaria de metales	144 369,9	276 477,8
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	102 691,4	121 489,9
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	1 192,8	26 838,3
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	557,1	16 712,8
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	39 892,5	111 400,7
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	36,0	36,0
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	1 296,3	12 647,1
3.1 Producción de cemento	465,9	10 549,6
3.2 Producción de pasta y papel	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	830,4	2 097,4
3.4 Otros minerales y materiales	-	-
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	3 864,0	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	3 864,0	3 864,0
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	1 126,0	10 223,0
5.1 Termómetros con mercurio	155,8	678,0
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	627,7	7 845,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	17,9	89,1

Categoría de la fuente	Entradas de Hg (kg/a)	
	Min.	Max
5.4 Pilas que contienen mercurio	3,3	3,3
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	313,8	1 569,1
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-
5.7 Pinturas	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	7,6	37,8
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	3 374,4	3 370,0
6.1 Empastes de amalgamas dentales	1 608,4	1 604,0
6.2 Manómetros y medidores	156,9	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	1 609,2	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-
7. Producción de metales reciclados	0,9	8,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,9	8,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-
8. Incineración de residuos	61,3	712,2
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	0,2	3,4
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	2,9	14,5
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	31,3	156,7
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	26,9	537,6
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	2 380,0 (*)	45 864,2 (*)
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	1 006,9	20 137,4
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	636,0	12 720,1
9.5 Tratamiento de aguas residuales	737,1	13 006,8
10. Crematorios y cementerios	62,7	250,9
10.1 Crematorios	1,1	4,3
10.2 Cementerios	61,6	246,6
Total	154 312,0	312 493,8

(*) No se considera en la suma total, por no ser una fuente de entradas de mercurio por sí misma, sino que su cálculo previo sirve para estimar las emisiones y liberaciones

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-1: Entradas máximas y mínimas de Hg calculadas para cada categoría de fuente de emisión y liberación



Fuente: Elaboración propia

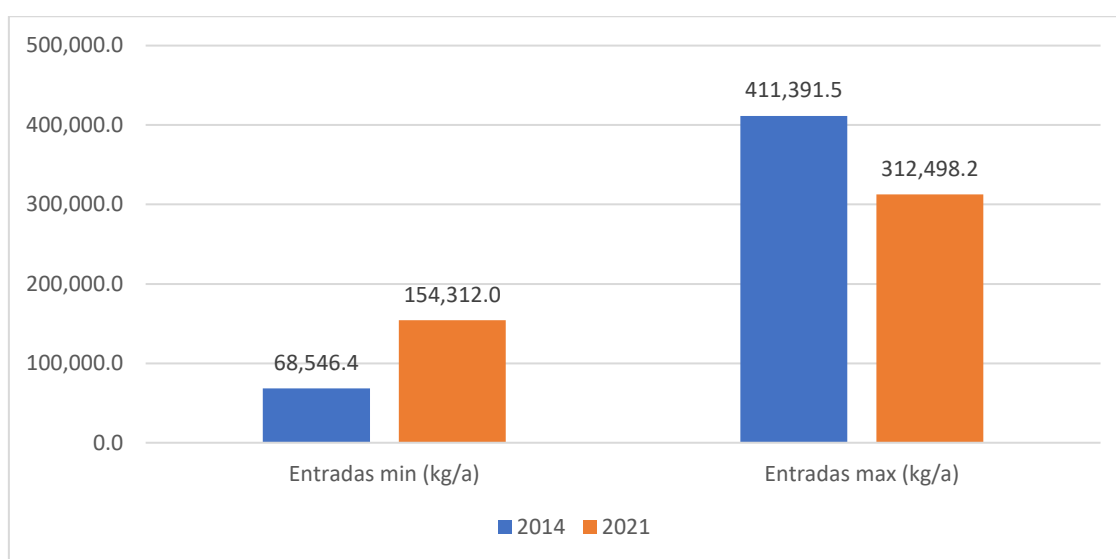
El gráfico anterior muestra que la categoría “Producción primaria de metales” fue la que aportó la mayor cantidad de mercurio a la sociedad en el 2021, con cerca de 276 t como máximo y 144 t como mínimo.

En segundo y tercer lugar se encuentran las categorías “Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía” y “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio”; ambos con máximos de 12,5 t aproximadamente y con mínimos de 4,1 y 1,2 t respectivamente.

Cabe mencionar que, no se consideran las entradas calculadas para la categoría “Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales”, ya que dichos aportes provienen del resto de categorías de fuentes de emisión y liberación. Los valores calculados para esta categoría sirvieron para posteriormente calcular las emisiones y liberaciones que provienen de esta fuente.

Con respecto al primer inventario nacional (año base 2014), los resultados se muestran en la tabla del anexo 2. Asimismo, en el gráfico 6-2 se observa que las entradas mínimas totales aumentaron de 68,5 a 154,3 t, mientras que las entradas máximas totales disminuyeron de 336,5 a 320,1 t.

Gráfico 6-2: Variación de entradas máximas y mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021



Fuente: Elaboración propia

La razón por la cual las entradas mínimas aumentaron (125%), mientras que las máximas disminuyeron (24%), puede deberse a que, para la presente actualización, se utilizó mayor cantidad de factores de entrada nacionales (para 7 subcategorías), lo cual hizo que disminuya la incertidumbre en los resultados. Esta misma tendencia también se observó al analizar los resultados de las emisiones liberaciones de mercurio.

7. Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio

Al igual que las entradas de mercurio se calcularon según lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, las emisiones y liberaciones de este metal también deben ser calculadas. Para ello se debe tener en cuenta las entradas de mercurio y los factores de distribución o salida.

Estos factores de distribución o salida representan las fracciones del mercurio que se distribuye a través de diferentes vías cuando es emitido o liberado al ambiente (aire, agua, tierra, productos y tratamiento de residuos). La ecuación para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio es la siguiente.

$$\text{Emisión o liberación de Hg por vía "n"} = \text{Entrada de Hg} \times \text{Factor de distribución para la vía "n"}$$

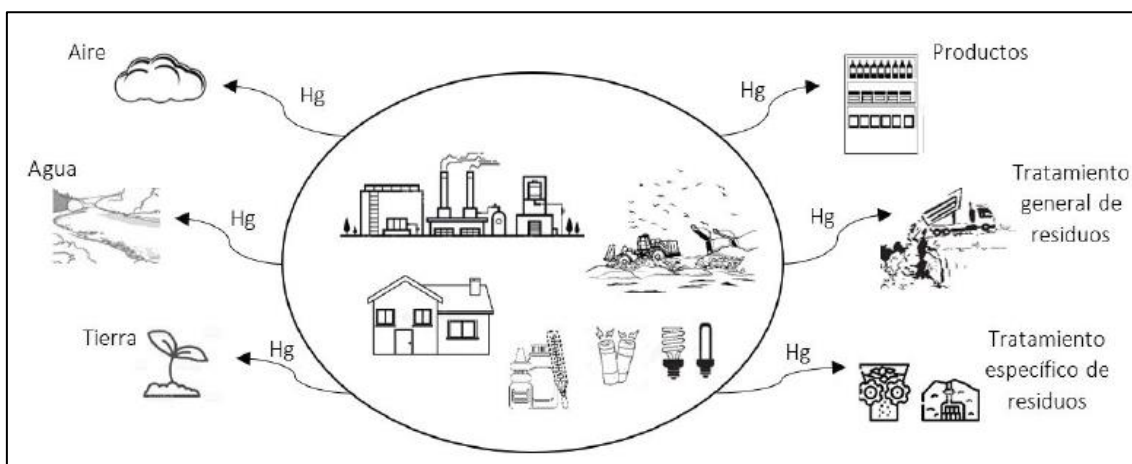
En la siguiente tabla se presenta una descripción más detallada y la definición de las vías de distribución o salida, mientras que la figura 7-1, se muestra la representación gráfica de cómo se distribuye el mercurio al ser emitido o liberado al ambiente por actividades antropogénicas.

Tabla 7-1: Descripción de las vías de distribución o salida

Vía de distribución	Descripción
Aire	Ruta de las emisiones de mercurio a la atmósfera provenientes de fuentes puntuales y difusas, tales como centrales eléctricas a carbón, incineración de desechos, minería de oro artesanal, cremaciones, etc.
Agua	Ruta de las liberaciones de mercurio en entornos marinos (océanos) y cuerpos de agua (ríos, lagos, etc.) provenientes de fuentes puntuales y difusas, tales como industrias, viviendas, sistemas de tratamiento de aguas residuales, etc.
Tierra	Ruta de las liberaciones de mercurio en superficie de suelos en general provenientes de fuentes como botadores, entierro de personas con empastes de amalgamas, aplicación de plaguicidas con mercurio, etc. La presente metodología considera también dentro de esta vía de distribución a las aguas subterráneas
Productos	Ruta que representa los productos con contenido de mercurio, que vuelven al mercado y no se les puede relacionar directamente con emisiones y liberaciones ambientales. Si bien los receptores finales a largo plazo de las emisiones y liberaciones de mercurio serán el aire, el agua y la tierra; se considera esta ruta para fines prácticos en el trabajo del inventario y ser consciente de la distribución del mercurio en la sociedad
Residuos generales	Ruta que engloba a los residuos con trazas o concentraciones de mercurio que no son sometidos a tratamientos especializados previo a su disposición final. Aquí, por ejemplo, están comprendidos residuos de pilas, termómetros, fluorescentes, etc. que no siguen un proceso de segregación; o residuos de gran volumen como papel. Si bien los receptores finales a largo plazo de las emisiones y liberaciones de mercurio serán el aire, el agua y la tierra; se considera esta ruta para fines prácticos en el trabajo del inventario y ser consciente de la distribución del mercurio en la sociedad
Residuos con tratamiento por sector	Ruta que engloba a los residuos peligrosos que reciben un tratamiento especializado previo a su disposición final, y que en algunos casos se reciclan. Aquí, por ejemplo, están comprendidos residuos industriales con alto contenido de mercurio; o pilas, termómetros, fluorescentes, etc. que siguen un proceso de segregación. Si bien los receptores finales a largo plazo de las emisiones y liberaciones de mercurio serán el aire, el agua y la tierra; se considera esta ruta para fines prácticos en el trabajo del inventario y ser consciente de la distribución del mercurio en la sociedad.

Fuente: PNUMA, 2019

Figura 7-1: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio



Fuente: MINAM, 2022

El kit de herramientas sugiere a los países establecer sus propios factores de distribución para cada subcategoría. Sin embargo, tanto para el primer inventario, como para la presente actualización, se consideró los factores establecidos en el kit de herramientas, ya que no se encontró información que permita establecer factores propios.

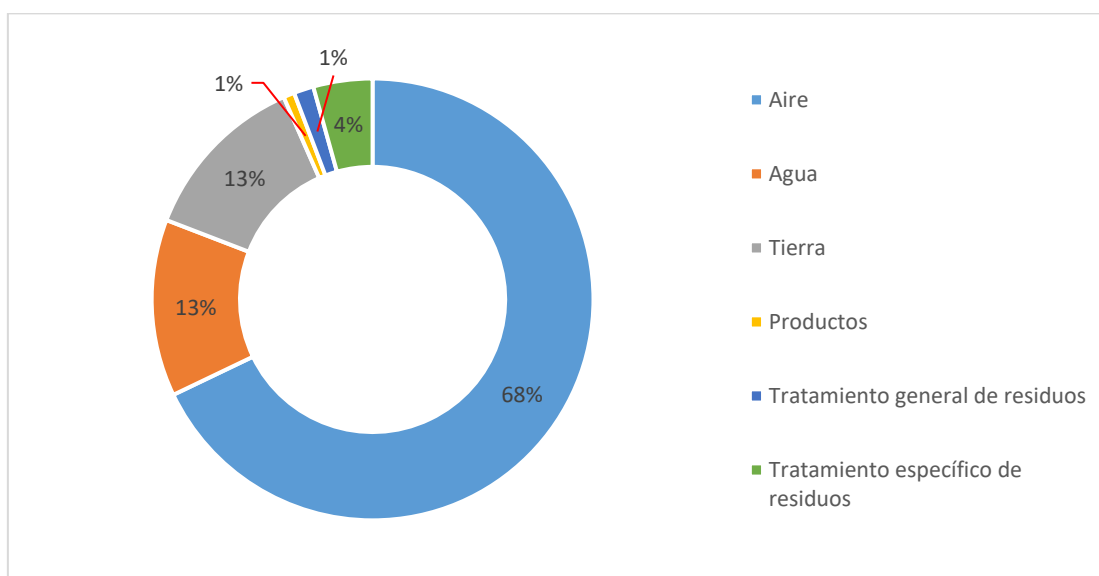
En la tabla 7-1 se presenta el resumen de las emisiones y liberaciones de mercurio a través de todas las vías de distribución, provenientes de todas las categorías de fuentes presentes identificadas en el país; mientras que en los gráficos 7-1 y 7-2 se presenta la distribución de las emisiones mínimas y máximas respectivamente. El consolidado de las emisiones y liberaciones de mercurio de todas las subcategorías se presenta en el Anexo 3.

Tabla 7-2: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de todas las categorías de fuentes

Categoría de la fuente	Salida calculada de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	104,8	1 535,6	8,3	754,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	2 375,0	144,1	4 664,9
2. Producción primaria de metales	79 599,3	100 363,0	13 794,8	18 692,7	14 071,4	80 872,4	735,0	18 291,5	0,0	0,0	806,8	20 035,3	109 007,3	238 254,8
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	777,8	7 588,2	0,0	0,0	259,3	2 529,4	0,0	0,0	0,0	0,0	259,3	2 529,4	1 296,3	12 647,1
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	386,4	386,4	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	0,0	0,0	3 361,7	3 361,7	3 864,0	3 864,0
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	110,6	1 013,7	69,6	317,7	63,1	786,5	0,0	0,0	882,7	8 105,1	0,0	0,0	1 126,0	10 223,0
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	176,7	176,7	1 043,7	1 043,7	128,3	128,3	98,9	98,9	705,7	705,7	611,6	611,6	2 764,9	2 764,9
7. Producción de metales reciclados	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,9	8,9
8. Incineración de residuos	44,1	624,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	87,3	61,3	712,2
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	73,7	1 473,4	556,8	10 269,3	508,8	10 176,1	0,0	0,0	151,9	2 517,2	92,1	1 494,3	1 383,3	25 930,3
10. Crematorios y cementerios	1,1	4,3	0,0	0,0	61,6	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,7	250,9
Total	81 274,7	113 169,2	15 512,0	31 116,2	15 131,5	94 781,0	872,5	18 429,0	1 740,6	11 331,0	5 179,5	30 494,6	119 710,8	299 320,9

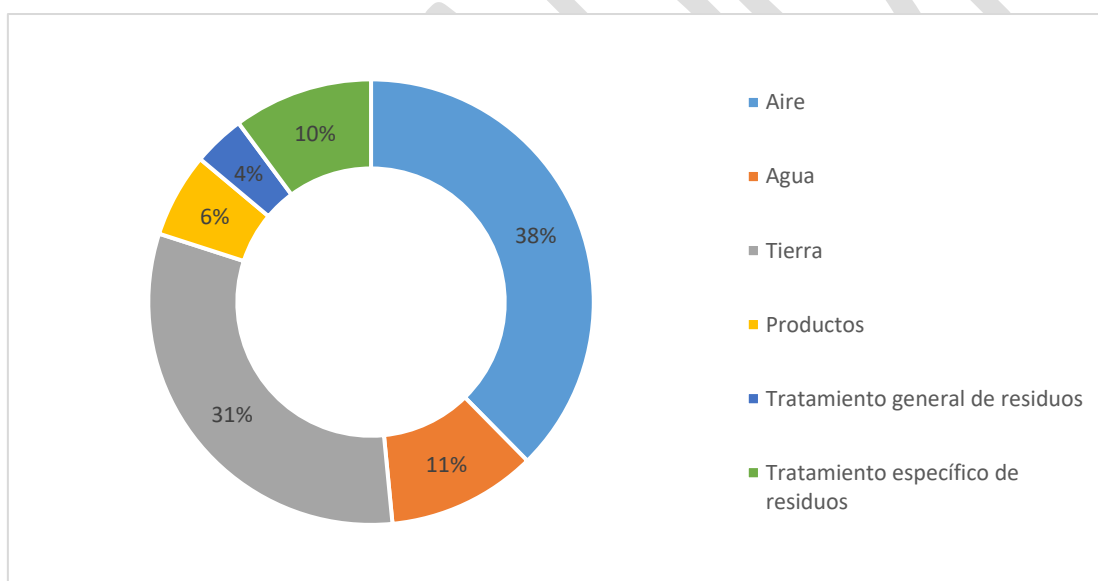
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-1: Distribución de las emisiones y liberaciones mínimas a través de las vías de distribución



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-2: Distribución de las emisiones y liberaciones máximas a través de las vías de distribución:

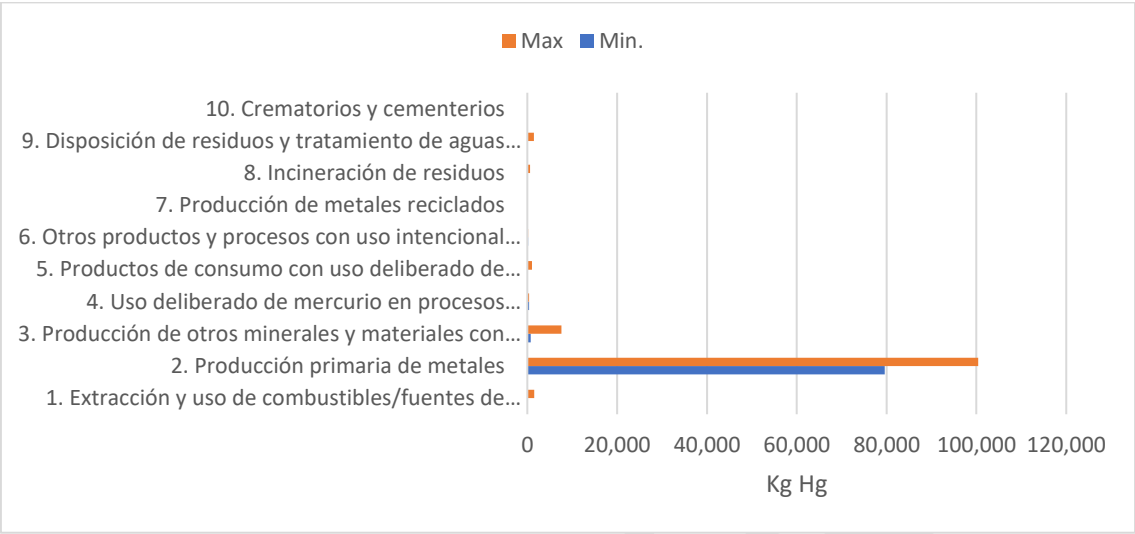


Fuente: Elaboración propia

Los gráficos anteriores muestran que la vía por la cual se emite la mayor cantidad de mercurio es el aire (38% como mínimo y 67% como máximo). El resto de las emisiones y liberaciones máximas y mínimas se distribuyen de forma heterogénea entre el resto de las vías de distribución estudiadas.

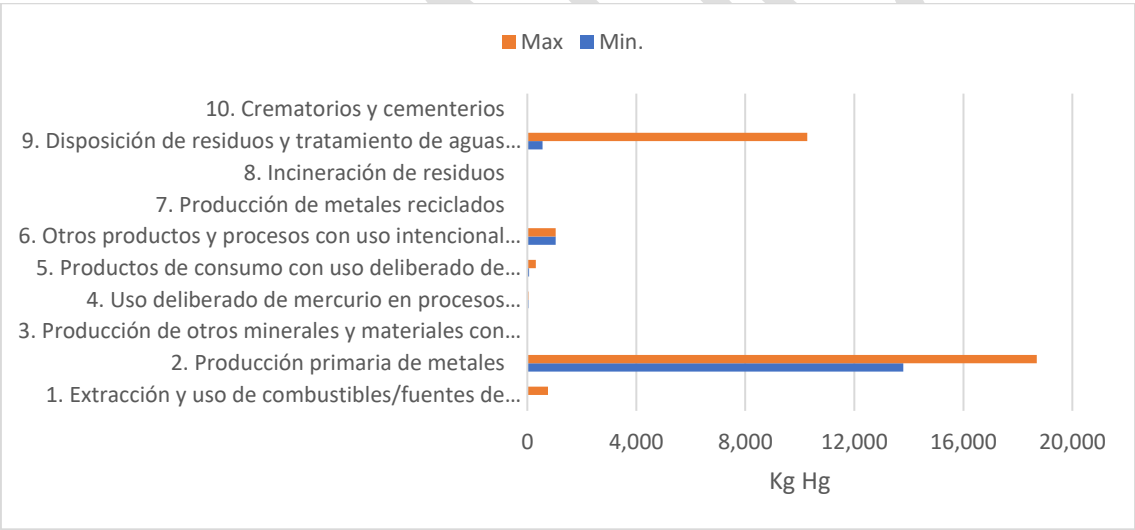
Respecto a las fuentes de emisión, en los gráficos 7-3 al 7-8, se puede verificar que la categoría que aporta mayores emisiones y liberaciones (máximas y mínimas) en casi todas las vías de distribución es “Producción primaria de metales”

Gráfico 7-3: Emisiones de mercurio al Aire



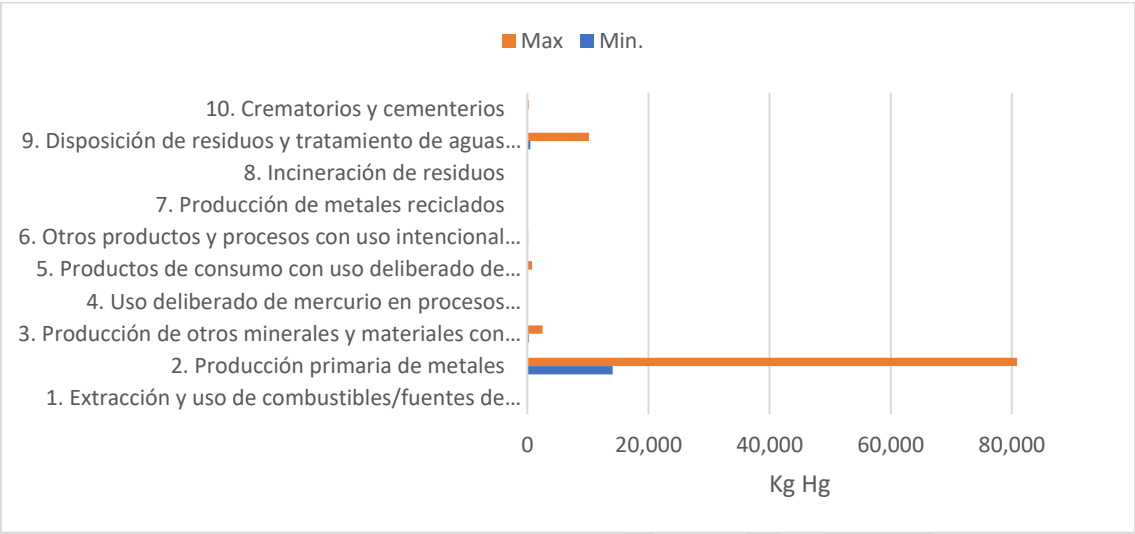
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-4: Liberaciones de mercurio al Agua



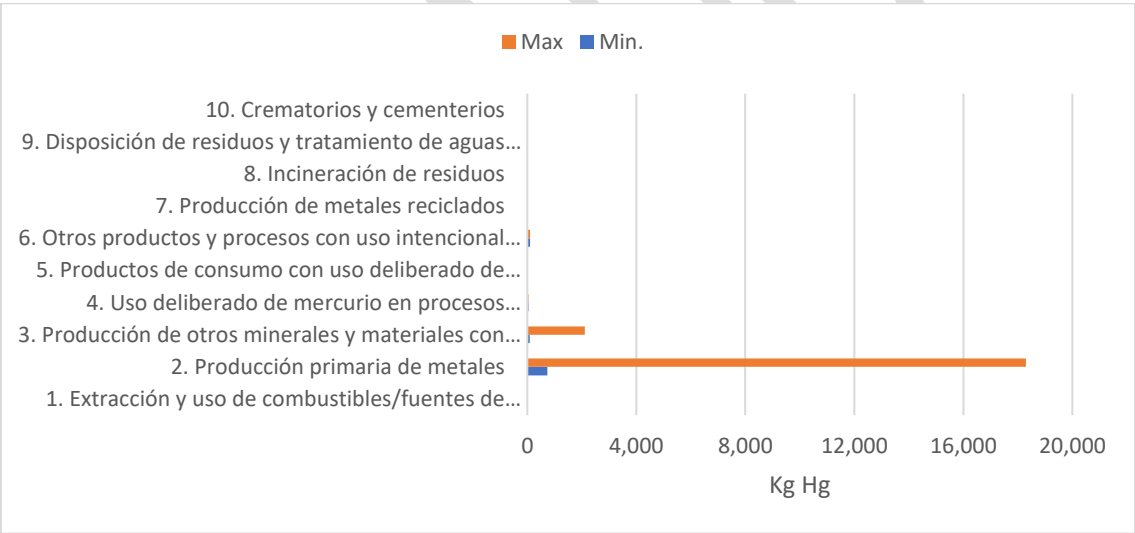
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-5: Liberaciones de mercurio a la Tierra



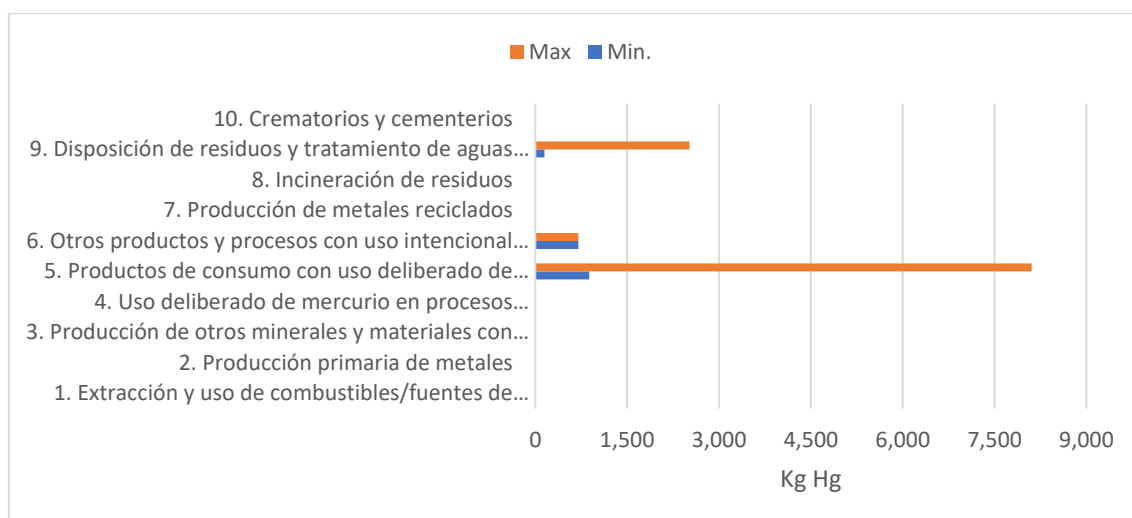
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-6: Liberaciones de mercurio como Productos



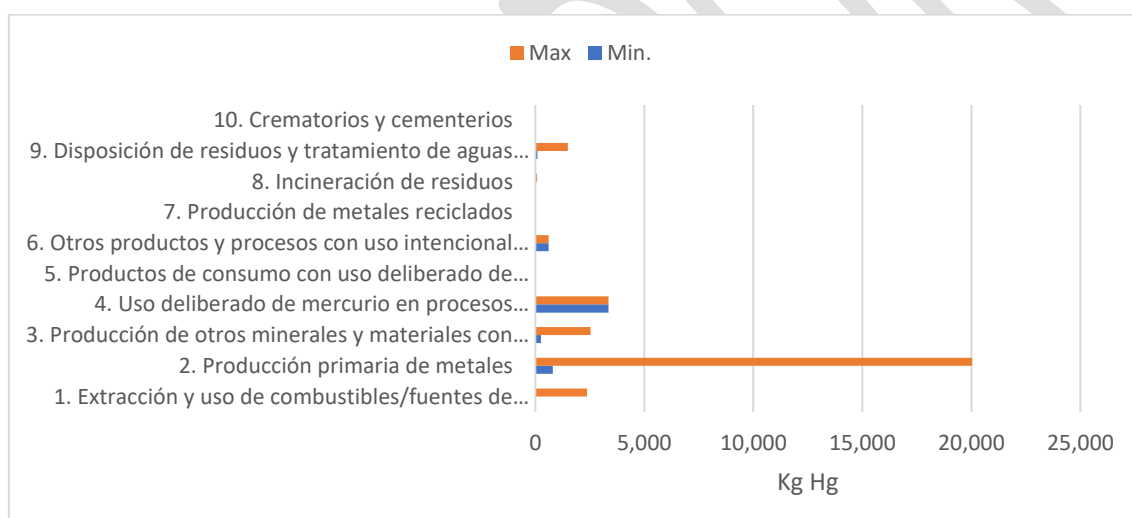
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-7: Liberaciones de mercurio al Tratamiento general de residuos



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-8: Liberaciones de mercurio al Tratamiento específico de residuos



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en las tablas 7-3 y 7-4 se muestra la variación de las emisiones mínimas y máximas de mercurio, respectivamente, por cada categoría de fuente de emisión, con respecto al primer inventario (2014). Asimismo, en los anexos 4 y 5, se muestran el detalle de las variaciones para cada subcategoría.

Tabla 7-3: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente emisión

Categoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (Kg Hg/a)	
	2014	2021
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	190,7	144,1
2. Producción primaria de metales	56 687,4	109 007,3
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	262,0	1 296,3
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	1 109,9	3 864,0
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	2 959,9	1 126,0

Categoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (Kg Hg/a)	
	2014	2021
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	6 060,3	2 764,9
7. Producción de metales reciclados	0,1	0,9
8. Incineración de residuos	1 161,4	61,3
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	4 280,2	1 383,3
10. Crematorios y cementerios	132,8	62,7
Total	72 844,8	119 710,8

Fuente: Elaboración propia

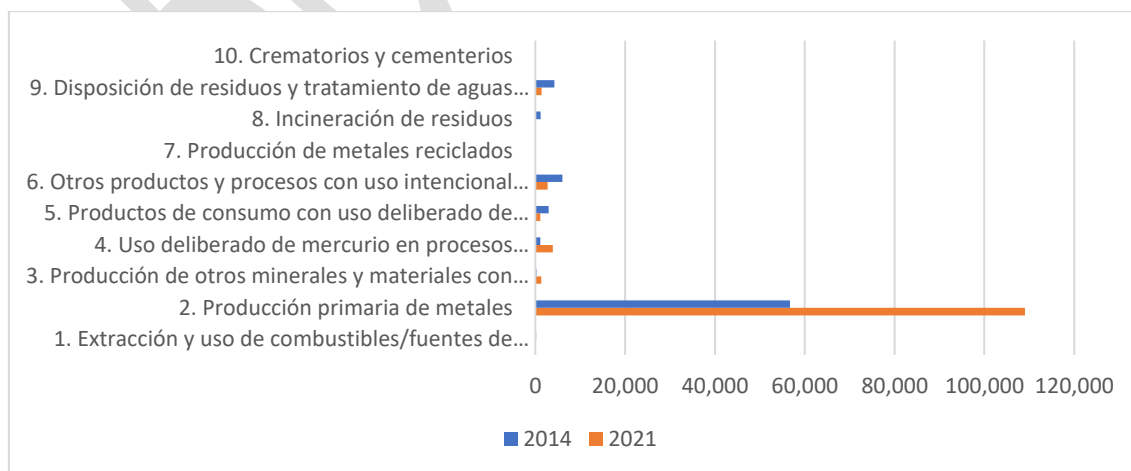
Tabla 7-4: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente emisión

Categoría de la fuente	Emisiones y liberaciones máximas de Hg (Kg Hg/a)	
	2014	2021
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	5 965,1	4 664,9
2. Producción primaria de metales	256 532,8	238 254,8
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	7 216,6	12 647,1
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	22 198,2	3 864,0
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	19 772,3	10 223,0
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	7 921,0	2 764,9
7. Producción de metales reciclados	0,8	8,9
8. Incineración de residuos	11 599,0	712,2
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	48 674,8	25 930,3
10. Crematorios y cementerios	531,3	250,9
Total	380 411,8	299 320,9

Fuente: Elaboración propia

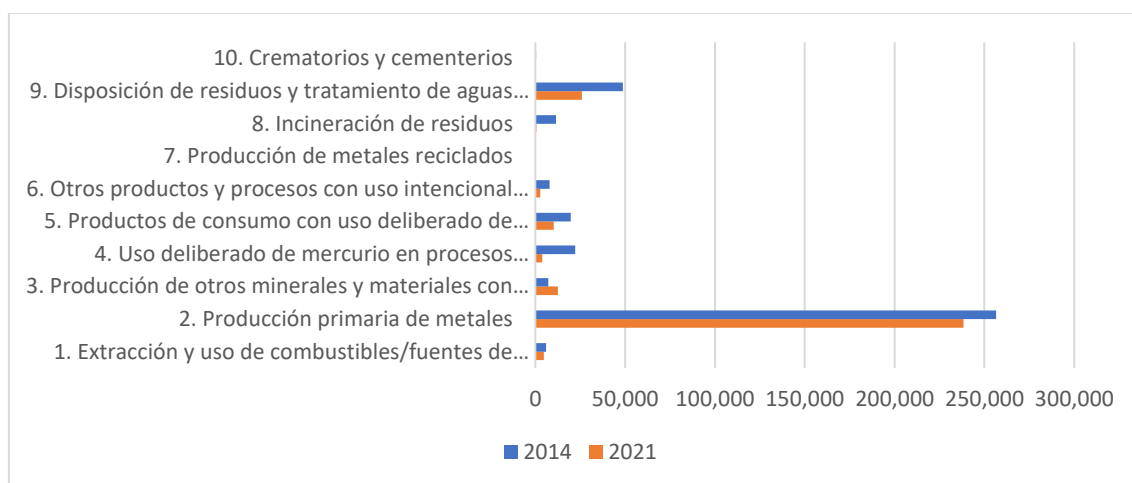
En los gráficos 7-9 y 7-10 se puede observar que el total de emisiones mínimas de mercurio en el 2021 fueron mayores a las del 2014 por casi 46 toneladas, mientras que las emisiones máximas disminuyeron de 380,4 toneladas en el 2014 a 299,3 toneladas en el 2021.

Gráfico 7-9: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente de emisión



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-10: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por categoría de fuente de emisión



Fuente: Elaboración propia

A partir de los gráficos anteriores se puede comprobar que las emisiones de las categorías 1, 5, 6, 8, 9 y 10 disminuyeron del 2014 al 2021, tanto las emisiones mínimas como las máximas. Esto se debería a que precisamente sobre estas categorías se han aplicado mayores regulaciones en el uso y control del mercurio.

Por otra parte, las otras categorías presentan incrementos en sus emisiones mínimas o máximas, lo cual se podría relacionar al incremento en la producción o comercialización de este metal dentro de los procesos involucrados en estas categorías y sus subcategorías. Por ejemplo, en el caso de la categoría 2 “producción primaria de metales”, se observó que la producción de varios metales, principalmente el oro, incrementó del 2014 al 2021.

Si bien la actualización del inventario busca que las emisiones y liberaciones de mercurio disminuyan con el tiempo debido a las políticas implementadas en el país, se debe considerar que los cálculos realizados en el 2014 consideraron menos factores de entrada nacionales con respecto a la presente actualización, lo cual ha generado que las brechas entre máximos y mínimos sea menor.

Respecto a las variaciones en las vías de distribución, en las tablas 7-5 y 7-6 se muestra la variación de las emisiones mínimas y máximas de mercurio, respectivamente, por cada vía de distribución con respecto al primer inventario (2014).

Tabla 7-5: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (Kg Hg/a)	
	2014	2021
Aire	32 031,9	81 274,7
Agua	9 243,0	16 210,7
Tierra	20 987,3	15 038,3
Productos	2 422,8	965,7
Tratamiento general de residuos	5 418,9	1 740,6
Tratamiento específico de residuos	2 741,0	5 179,5
TOTAL	72 844,8	120 409,5

Fuente: Elaboración propia

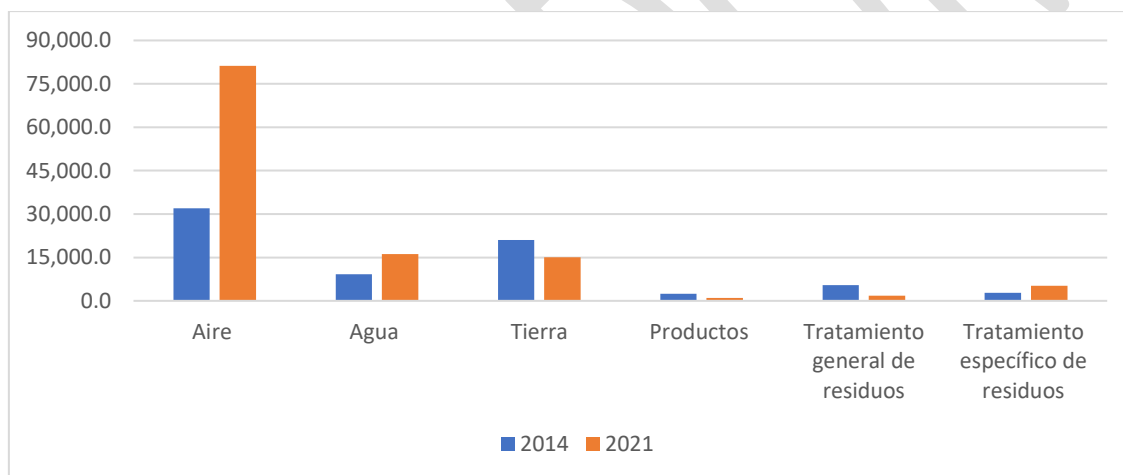
Tabla 7-6: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (Kg Hg/a)	
	2014	2021
Aire	87 461,7	113 169,2
Agua	32 141,0	32 436,0
Tierra	148 098,6	92 671,0
Productos	40 261,4	20 538,9
Tratamiento general de residuos	20 204,8	11 331,0
Tratamiento específico de residuos	52 244,3	30 494,6
TOTAL	380 411,8	300 640,8

Fuente: Elaboración propia

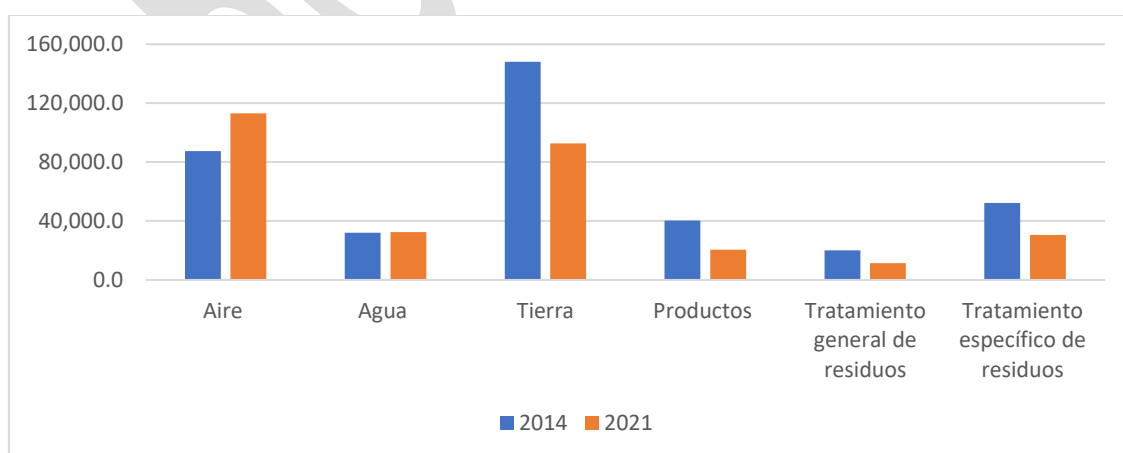
Los gráficos 7-11 y 7-12 muestran que, para las emisiones mínimas, la vía de distribución “aire” fue la que presentó la mayor variación, con un aumento de casi 50 t; mientras que, para las emisiones máximas, la vía de distribución que presentó la mayor variación fue “tierra” con una disminución de casi 55 t con respecto al 2014.

Gráfico 7-11: Variación de emisiones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7-12: Variación de emisiones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021 por vía de distribución



Fuente: Elaboración propia

8. Puntos calientes de contaminación con mercurio

Como se mencionó en el ítem 5, los puntos calientes son lugares donde existió mercurio o depósitos de este metal, y que aún tienen el potencial para general emisiones o liberaciones y, con ello, riesgos significativos a los humanos y el ambiente. Al ser lugares abandonados, la cuantificación de emisiones en estos puntos es difícil, es por ello que el kit de herramientas recomienda al menos describir las características de estos lugares. En la siguiente tabla, se muestran los principales puntos calientes identificados en el país.

Tabla 8-1: Puntos calientes de contaminación con mercurio identificados

Nombre del sitio	Ubicación	Fuente de contaminación	Descripción	Referencias
Ex mina Santa Bárbara	Distrito, de Huancavelica, provincia y departamento del mismo nombre	Pasivo ambiental de la actividad minera (sitio - suelo contaminado)	La mina Santa Bárbara fue la mayor productora de mercurio en el mundo operó desde 1570 hasta 1790. La mina formó parte del distrito mercurífero de Huancavelica, ubicado en la Cordillera Occidental del Perú sur-central. Durante la época colonial las minas produjeron más de 1'400.000 botellas de mercurio, la mayor parte proveniente de la mina Santa Bárbara. Actualmente la mina y sus instalaciones están comprendidas dentro del Inventario de Pasivos Ambientales Mineros (La Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera), considera en su Artículo 2° como aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.	MINEM, 2011 INGEMMET (1952).
Madre de Dios: Diferentes zonas como La Pampa y el distrito de Laberinto entre los más afectados	Área comprendida dentro de la Zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata, provincia del mismo nombre, departamento de Madre de Dios	Minería aurífera informal e ilegal	Zona de la selva peruana contaminada con mercurio utilizado para la minería aurífera ilegal. Se estima que posee una extensión de 100 km² aproximadamente donde, en el 2018, se encontraban asentados más de 5000 mineros ilegales. El Instituto Nacional de	(Ministerio del Ambiente, 2017) (García Delgado, 2019) DECRETO SUPREMO N° 034-2016-PCM

Nombre del sitio	Ubicación	Fuente de contaminación	Descripción	Referencias
			Defensa Civil (INDECI), teniendo en consideración la solicitud presentada por el Ministro de Salud señala que distintos grupos poblacionales del departamento de Madre de Dios presentan niveles de mercurio en su organismo, por encima de los límites máximos permisibles, lo que conlleva serios, crónicos y complejos problemas de salud, particularmente en niños y mujeres embarazadas; asimismo, que la contaminación con mercurio del aire, agua, sedimentos y peces, es consecuencia de las prácticas inadecuadas utilizadas por la minería ilegal e informal durante la extracción y beneficio del oro aluvial; y que además existe población que se ubica fuera de las zonas de extracción minera que están en alto riesgo de ser afectadas por contaminación de mercurio en razón de los niveles altos de concentración de este mineral detectados en el ambiente y en distintas especies de peces, en especial de la especie Mota Punteada (<i>Calophysus macropterus</i>) que forma parte de la dieta habitual de la población en Madre de Dios.	
San Sebastián de Choropampa y Magdalena	Centro Poblado de San Sebastián de Choropampa, distrito de Magdalena, ambos de la provincia y departamento de Cajamarca	Derrame de mercurio elemental en la carretera.	En el año 2000 se produjo un derrame de 151 kg de mercurio metálico, cuando un tráiler de la empresa Ransa Comercial S.A., por encargo de Compañía Minera Yanacocha S.R.L. transportaba este metal hacia la ciudad de Lima. Este derrame ocasionó la intoxicación de personas, así como la contaminación del suelo del área afectada.	(Defensoría del Pueblo, 2001)

Fuente: Elaboración propia

9. CATEGORÍA 1: Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía

Esta categoría incluye centrales termoeléctricas, hornos industriales y demás instalaciones que utilizan combustibles para generar energía para sus actividades; también incluye procesos de explotación y transformación de combustibles, principalmente petróleo y gas natural.

Esta categoría se divide a su vez en subcategorías, las cuales se presentan en la siguiente tabla, donde además se indica si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 9-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "extracción y uso de combustibles/fuentes de energía"

	Subcategoría	¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
1.1	Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	N						
1.2	Otros usos del carbón	S	X		x	x	x	EN
1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	S	X	X	x	x	x	EN/FP
1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	S	X	X	X	x	X	EN/FP
1.5	Extracción y uso de otros combustibles fósiles	N						
1.6	Energía y producción de calor de biomasa	S	X	x	x		x	EN
1.7	Producción de energía geotérmica	N						

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

9.1. Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)

El carbón es el combustible fósil que contiene las mayores concentraciones de mercurio (PNUMA, 2019), el cual se utiliza en la producción de calor y electricidad en diferentes sectores. La presente subcategoría abarca todas las centrales eléctricas que producen una potencia mayor a 300 MW y que utilizan carbón como fuente de energía (termoeléctricas).

Al respecto, en el Perú no existe hasta la fecha ninguna central termoeléctrica con una potencia instalada mayor a los 300 MW. No obstante, sí se identificó centrales termoeléctricas que utilizan carbón, pero su potencia instalada es menor a 300 MW. La cuantificación de las emisiones de mercurio provenientes de estas plantas se detalla en la siguiente subcategoría "Otros usos del carbón".

9.2. Otros usos del carbón

Los otros usos del carbón que se identificaron en el país para el 2021, además de la generación de energía en centrales termoeléctricas con potencia instalada menor a 300MW, fueron en hornos de cementeras y ladrilleras, granjas avícolas, hoteles y en fundiciones metalúrgicas.

La identificación de estas fuentes y los datos requeridos para calcular las emisiones de mercurio fueron proporcionados por la Dirección General de Electricidad (DGE) y la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y por los titulares de centrales termoeléctricas. Cabe mencionar que, la información proporcionada por el MINEM fue hasta el 2020, por lo que los datos del 2021 fueron estimados a partir las tendencias históricas de los últimos 5 años, sin considerar el 2020, ya que para dicho año los datos fueron atípicos debido a la pandemia por la COVID-19.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos de emisiones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 9-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "otros usos del carbón"

Fuentes	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Centrales termoeléctricas (menores a 300 MW)	Cantidad de carbón utilizado al año (t/a)	Concentración de Hg en el carbón utilizado, según tipo de carbón* (mg Hg/kg carbón)	Factores predeterminados
Cementeras y ladrilleras			
Granjas avícolas			
Hoteles			
Fundiciones metalúrgicas			

* El tipo de carbón puede variar, pudiendo ser: antracita, bituminoso, lignito, etc.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para esta subcategoría, las entradas de mercurio se dividen en dos partes, para centrales termoeléctricas con potencia instalada menor a 300 MW y para otras industrias que usan carbón, para ambas partes se requirió conocer la cantidad y tipo de carbón que se consumió durante al 2021 (tasa de actividad); así como la concentración de mercurio de los tipos de carbón utilizados (factor de entrada).

Según la DGEE del MINEM, los tipos de carbón utilizados en el 2021 fueron antracita y bituminoso; sin embargo, ninguna empresa que los haya utilizado brindó información sobre la concentración o contenido de mercurio en estos tipos de carbón.

A partir de lo indicado en el párrafo anterior, se consideró los factores de entrada máximos y mínimos recomendados en el kit de herramientas del PNUMA. Estos factores fueron recogidos de fuentes bibliográficas correspondientes a estudios realizados sobre el carbón.

Tanto para el carbón antracita como para el carbón bituminoso, el kit de herramientas del PNUMA utilizó los valores encontrados por Finkelman en el 2004, en el caso del primero, su origen fue el Perú, mientras que, para el segundo, su origen fue Brasil. En la siguiente tabla se muestran estos factores de entrada utilizados.

Tabla 9-3: Factores de entrada de la subcategoría "otros usos de carbón"

Tipo de Carbón	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/kg)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Antracita	0,04	0,63

Tipo de Carbón	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/kg)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Bituminoso	0,01	0,67

Fuente: PNUMA, 2019
Elaboración propia

Una vez establecido los factores de entrada máximos y mínimos, se procedió a calcular las entradas de mercurio; primero de las centrales termoeléctricas y luego de las otras industrias que utilizan carbón en sus procesos.

Para el primer caso, en el 2021 solo se registró tres (03) centrales termoeléctricas que utilizaron carbón para su operación. Para el segundo caso, las industrias que utilizaron carbón fueron, cementeras y ladrilleras, granjas avícolas, hoteles y metalúrgicas.

En las siguientes tablas se presentan las entradas de mercurio calculadas para ambos casos.

Tabla 9-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" - centrales termoeléctricas

Central Termoeléctrica (C.T.)	Empresa operadora	Tipo de carbón	Tasa de actividad (kg/a)	Entrada máxima (kg Hg)	Entrada mínima (kg Hg)
C.T. ILO 2	ENGIE ENERGÍA DEL PERÚ S.A.	Antracita	10 470 810	0,4	6,6
		Bituminoso	0	0,0	0,0
C.T. CASA GRANDE	CASA GRANDE S.A.A.	Antracita	65 147 000	2,6	41,0
		Bituminoso	0	0,0	0,0
C.T. TRUPAL	TRUPAL S.A.	Antracita	82 127 000	3,3	51,7
		Bituminoso	0	0,0	0,0
Total			157 744 810	6,3	99,4

Fuente: MINEM-DGEE, 2022; MINEM-DGE, 2022 y Titulares de centrales termoeléctricas, 2022
Elaboración propia

Tabla 9-5: Entradas de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" – Otras industrias que usan carbón

Industria	Tipo de carbón utilizado	Tasa de actividad (kg/a)	Entrada min (Kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Cementeras y ladrilleras	Antracita	205 212 700,0	8,21	129,28
	Bituminoso	242 153 200,0	2,42	162,24
Granjas avícolas	Antracita	127 000,0	0,01	0,08
	Bituminoso	0,0	0,00	0,00
Hoteles	Antracita	13 500,0	0,00	0,01
	Bituminoso	0,0	0,00	0,00
Metalurgia	Antracita	25 190 500,0	1,01	15,87
	Bituminoso	9 190 900,0	0,09	6,16
Total		481 887 800,0	11,74	313,64

Fuente: DGEE, DGE, Titulares de centrales termoeléctricas
Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se consideró que las fracciones correspondientes a cada vía de distribución depende de los sistemas de control que utilizan las centrales térmicas, así como del tratamiento que recibe el carbón antes de ser utilizado, es decir, si se realiza prelavado o no. A partir de esta información, el kit de herramientas sugiere los factores de distribución que se deben utilizar para cada caso.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución que se utilizaron para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría.

Tabla 9-6: Factores de distribución de la subcategoría "otros usos de carbón" - centrales termoeléctrica

Prelavado y sistema de control de emisiones	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Con prelavado y control simple de emisiones	0,6	0,01	-	-	-	0,39
Sin prelavado y control simple de emisiones (incluye PES*)	0,75	-	-	-	-	0,25

* PES: Precipitador electrostático

Fuente: PNUMA, 2019. Elaboración propia

Respecto a los sistemas de control que utilizan las centrales termoeléctricas, solo ENGIE ENERGÍA DEL PERÚ S.A. indicó que su C.T. ILO 2 utiliza electro precipitadores para controlar las emisiones de material particulado; las otras no precisaron esta información. A partir de ello, para los fines del cálculo, se asumió que C.T. CASA GRANDE y C.T. TRUPAL poseen controles simples, de modo que cumplan con sus compromisos ambientales, establecidos en sus IGA.

Por otra parte, respecto al prelavado del carbón, solo ENGIE ENERGÍA DEL PERÚ S.A. indicó que no realiza este proceso, las otras empresas no precisaron dicha información. A partir de ello, para el cálculo se asumió que ninguna de las tres centrales termoeléctricas realiza prelavado.

Una vez definido los factores de distribución, y considerando que las tres empresas realizan el mismo nivel de control de sus emisiones se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se presentan las emisiones máximas y mínimas calculadas.

Tabla 9-7: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" - centrales termoeléctricas

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,75)	4,7	74,5
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,25)	1,6	24,8
TOTAL	4,7	74,5

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los sistemas de control de emisiones que utilizan otras industrias que usan carbón, se consideró que todas las empresas de estas industrias deben garantizar que sus emisiones se encuentren por debajo de los LMP establecidos en la normativa, por lo que deben contar al menos con controles simples para material particulado.

Por otra parte, respecto al prelavado del carbón, de las empresas entrevistadas, solo la empresa minera MINSUR S.A., en su unidad Pucamarca, realiza esta actividad. El resto de las empresas no reportó información al respecto, por lo que, para fines de los cálculos, se asumió que no realizan prelavado.

Una vez definido los factores de distribución, se procedió a calcular de las emisiones y liberaciones de mercurio para las otras industrias que usa carbón. En la siguiente tabla se presentan las emisiones máximas y mínimas calculadas.

Tabla 9-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" – otras industrias que usan carbón

Vías de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	8,8	235,2
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	2,9	78,4
TOTAL	11,7	313,6

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se consolidó las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría, que incluye las centrales termoeléctricas con capacidad menor a 300 MW y otras industrias que usan carbón. En la siguiente tabla se muestran el total de emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría.

Tabla 9-9: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "otros usos de carbón" – totales

Vías de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	13,5	309,8
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	4,5	103,2
TOTAL	18,0	413,0

Fuente: Elaboración propia

9.3. Extracción, refinación y uso de petróleo

El petróleo contiene pequeñas cantidades de impurezas naturales de mercurio, cuyas concentraciones pueden variar en función de la geología local (PNUMA, 2019). Para esta subcategoría se cuantificó la cantidad de mercurio emitido y liberado durante las actividades de extracción y refinación del petróleo, así como de consumo de hidrocarburos derivados de este recurso.

La información requerida para los cálculos fue proporcionada por MINEM y sus Direcciones Generales, Dirección General de Hidrocarburos (DGH) y DGEE, quienes administran y compilan la base de datos a nivel nacional sobre la producción, comercialización y refinación de petróleo; así como de la comercialización y consumo de hidrocarburos derivados de este recurso. Asimismo, se contó con la información suministrada por titulares de hidrocarburos y refinerías quienes aportaron datos sobre su producción interna.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos de emisiones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 9-10: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Extracción de petróleo	Cantidad de petróleo extraído al año (t/a)	Concentración de Hg en petróleo extraído (mg Hg/t petróleo)	Factores predeterminados
Refinación de petróleo	Cantidad de petróleo refinado al año (t/a)	Concentración de Hg en carga refinada (mg Hg/t carga refinada)	
Consumo de hidrocarburos derivados del petróleo	Cantidad de combustible consumido al año (t/a)	Concentración de Hg en hidrocarburo usado (mg Hg/t hidrocarburo usado)	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, se dividió esta subcategoría en tres (03) partes, cada una corresponde a los procesos de la cadena productiva del petróleo, los cuales son, la extracción, la refinación y el uso del combustible producido. De este modo, primero se calculó las entradas de mercurio para cada parte (proceso) y finalmente la suma de los tres.

Para el primer proceso que es la extracción, se requirió conocer la cantidad de petróleo que se extrajo durante el 2021 (tasa de actividad). Al respecto, la DGH, en coordinación con PERUPETRO, consolida las cantidades de petróleo extraído en los diferentes lotes del país. En la siguiente tabla se presenta la producción del 2021.

Tabla 9-11: Producción nacional de petróleo - 2021

Operador	Lote	Producción (MBBL/a)	Producción (t/a)
UNNA	Lote I	194 911,0	26 702,8
PETROPERÚ	Lote I(T)	1 982,0	271,5
PETROMONT	Lote II	145 717,0	19 963,2
UNNA	Lote III	192 645,0	26 392,4
UNNA	Lote IV	689 791,0	94 501,4
UNNA	Lote V	34 075,0	4 668,3
SAPET	Lote VII/VI	1 527 439,0	209 259,1
UNIPETRO ABC	Lote IX	58 190,0	7 972,0

Operador	Lote	Producción (MBBL/a)	Producción (t/a)
CNPC	Lote X	4 405 516,0	603 555,7
OLYMPIC	Lote XIII	433 074,0	59 331,1
PETROMONT	Lote XV	11 871,0	1 626,3
PETROMONT	Lote XX	4 413,0	604,6
SAVIA	Lote Z-2B	2 121 489,0	290 644,0
PLUSPETROL NORTE	Lote 8	17 289,0	2 368,6
PERENCO	Lote 67	525 447,0	71 986,2
PETROTAL	Lote 95	3 272 415,0	448 320,9
CEPSA	Lote 131	545 056,0	74 672,7
Total		14 181 320,0	1 942 840,8

Fuente: MINEM-DGH, 2022

Por otra parte, se requirió conocer la concentración de mercurio en el crudo (factor de entrada); sin embargo, no se contó datos específicos del país, por lo que se utilizó los factores recomendados en el kit de herramientas del PNUMA. Al respecto, se utilizó como factor mínimo la concentración promedio hallada en Colombia y como factor máximo la concentración promedio hallada en Ecuador por Wilhelm et al. (2007). En la siguiente tabla se los factores de entrada utilizados.

Tabla 9-12: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción de petróleo"

Actividad	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/t de petróleo)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Extracción de petróleo	1,8	3,4

Fuente: PNUMA, 2019. Elaboración propia

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procede a realizar el cálculo de las entradas de mercurio, a partir de los datos de tasa de actividad recolectados para el 2021. En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio máximas y mínimas.

Tabla 9-13: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – extracción

Tasa de actividad (t/a)	Factor de entrada (mg Hg/t)	Entrada min. (kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
1 942 840,8	1,8 – 3,4	3,5	6,6

Fuente: MINEM-DGH, 2022
Elaboración propia

Para el segundo proceso que es la refinación, se requirió conocer las cargas de crudo que llegaron a las refinerías del país durante el 2021 (tasa de actividad); así como su origen (nacional o importado), ya que de ello depende la concentración de mercurio en el crudo y, por tanto, los factores de entrada que se utilizan para el cálculo. Al respecto, la información que se utilizó fue proporcionada por la DGH del MINEM y PETROPERÚ.

Los factores de entrada que se utilizaron para el cálculo provienen de estudios realizados en diferentes países sobre la concentración de mercurio en el petróleo, los cuales fueron citados en el kit de herramientas del PNUMA. Sin embargo, para algunos países, solo se cuenta con un factor de entrada promedio, es decir, no propone máximos ni mínimos. Para efectos de los cálculos, aquellos que solo cuenten con un factor promedio, se considerará el mismo valor como máximo y mínimo.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada máximos y mínimos según el origen del petróleo que se cargan en las refinerías del país. Como se indicó en el párrafo anterior,

aquellos en los que el factor máximo es igual al mínimo, es porque el kit de herramientas propuso un solo valor promedio.

Tabla 9-14: Factores de entrada de la subcategoría Refinación de petróleo

Origen del petróleo	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/t de petróleo)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Arabia Saudita	0,9	1,5
Argentina	16,1	16,1
Brasil	1,1	1,1
Colombia	3,4	3,4
Ecuador	1,8	1,8
Estados Unidos	3,6	4,3
Nigeria	1,8	3
Venezuela	4,2	4,2

Fuente: PNUMA, 2019. Elaboración propia

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procede a realizar el cálculo de las entradas de mercurio a partir de los datos de tasa de actividad recolectados para el 2021. Para ello se tuvo en cuenta la conversión de unidades de MBBL, que es la que registra el MINEM, a toneladas métricas que es la que pide el kit de herramientas. En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio máximas y mínimas.

Tabla 9-15: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – refinación

País de origen	Tasa de actividad (t/a)	Entrada min. (kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
Arabia Saudita	359 249,3	0,3	0,5
Argentina	64 026,5	1,0	1,0
Brasil	701 323,6	0,8	0,8
Colombia	238 075,5	0,8	0,8
Ecuador	979 480,7	1,8	1,8
EEUU	53 371,0	0,2	0,2
México ⁽¹⁾	324 794,2	1,2	1,4
Nigeria	14 768,2	0,0	0,0
Otros ⁽²⁾	327 609,9	1,2	1,4
Perú ⁽³⁾	2 187 637,5	3,9	3,9
Trinidad ⁽⁴⁾	35 004,3	0,1	0,1
Venezuela	84 821,1	0,4	0,4
Total	5 370 161,6	11,7	12,4

⁽¹⁾: Para el crudo de México se utilizó el FE de EEUU por su cercanía geográfica

⁽²⁾: Para el crudo que no se identificó su origen (otros), se utilizó el FE de EEUU

⁽³⁾: Para el crudo de Perú se utilizó el FE de Ecuador por su cercanía geográfica

⁽⁴⁾: Para el crudo de Trinidad y Tobago se utilizó el FE de Venezuela por su cercanía geográfica

Fuente: MINEM-DGH, 2021. Elaboración propia

Para el tercer proceso que es el consumo de combustibles, el cálculo de entradas de mercurio requirió conocer el tipo y la cantidad de combustibles derivados del petróleo que fueron consumidos a nivel nacional en el 2021 (tasa de actividad). Para ello, se contó con información proporcionada por la DGH y la DGEE del MINEM. Cabe mencionar que, los registros de consumo solo presentaron información hasta el 2020, por lo que se debió estimar los valores de consumo para el 2021.

Para dicha estimación se tomó en cuenta la variación anual de las ventas de combustible en el mercado interno, cuyos datos sí llegaban hasta el 2021. No se pudo considerar la variación

anual del consumo porque los datos solo llegaban hasta el 2020 y este fue un año atípico por la pandemia de COVID-19. Antes de realizar la estimación, se comprobó que la variación anual de ventas del 2017 al 2020 es similar a la variación anual de consumo en ese mismo periodo.

Respecto a los factores de entradas, no se contó con información proporcionada por las refinerías del país acerca de la concentración de mercurio en sus productos. Asimismo, cabe mencionar que, no se consideró valores de concentración de mercurio recogidos de estudios realizados sobre combustibles provenientes de otros países; ya que las concentraciones pueden variar significativamente según el origen del petróleo y el proceso de refinación. Es por ello que se optó por utilizar los factores de entrada predeterminados por el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada máximos y mínimos para los destilados de petróleo livianos y pesados.

Tabla 9-16: Factores de entrada de la subcategoría consumo de hidrocarburos derivados del petróleo

Tipo de combustible	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/t de hidrocarburo)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Gasolinas, GLP, diésel, kerosenes, fuel oil y otros destilados livianos	1	10
Coque de petróleo y petróleo pesado	10	100

Fuente: PNUMA, 2019

Elaboración propia

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procedió a realizar el cálculo de las entradas de mercurio a partir de las tasas de actividad estimadas para el 2021. Para ello se tuvo en cuenta la conversión de unidades de m^3 , que es la unidad que registra el MINEM, a toneladas métricas que es la pide el kit de herramientas; excepto para el coque, cuya unidad origina es tonelada métrica.

En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio máximas y mínimas por industria y tipo de combustible utilizado durante el 2021.

Tabla 9-17: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo

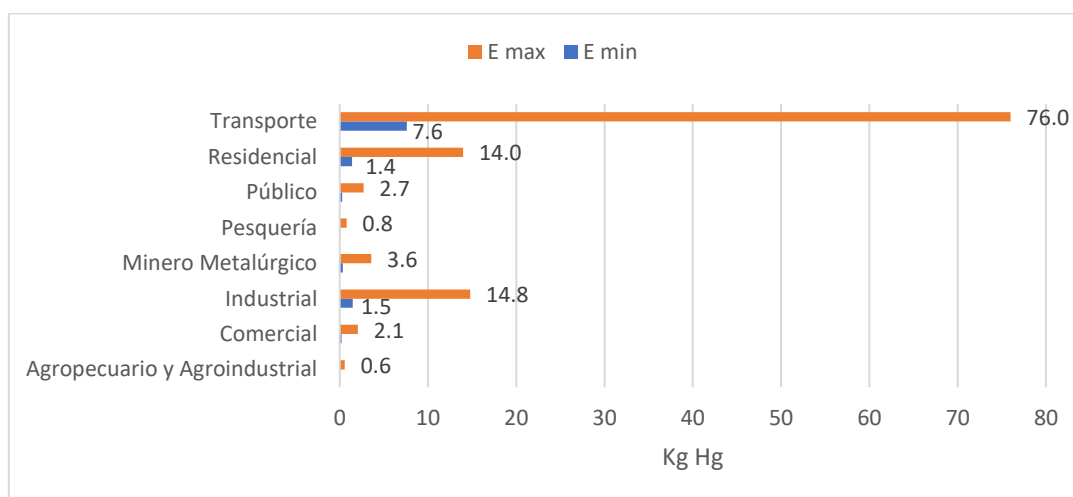
Sector y derivado de petróleo	Tasa de actividad (t/a)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Agropecuario y Agroindustrial	57 699,6	0,058	0,577
Diesel B5	36 812,8	0,037	0,368
Fuel Oil	0,0	0,000	0,000
Gasohol	14 169,7	0,014	0,142
Gasolina Motor	3 160,4	0,003	0,032
GLP	3 556,6	0,004	0,036
Turbo	0,0	0,000	0,000
Coque	0,0	0,000	0,000
Comercial	205 211,7	0,205	2,052
Diesel B5	69 472,5	0,069	0,695
Fuel Oil	0,0	0,000	0,000
Gasohol	318,8	0,000	0,003
Gasolina Motor	66,8	0,000	0,001
GLP	135 353,6	0,135	1,354
Turbo	0,0	0,000	0,000

Sector y derivado de petróleo	Tasa de actividad (t/a)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Coque	0,0	0,000	0,000
Industrial	873 743,6	1,479	14,792
Diesel B5	196 479,1	0,196	1,965
Fuel Oil	34 980,1	0,035	0,350
Gasohol	0,0	0,000	0,000
Gasolina Motor	0,0	0,000	0,000
GLP	575 008,6	0,575	5,750
Turbo	0,0	0,000	0,000
Coque	67 275,8	0,673	6,728
Minero Metalúrgico	357 263,6	0,357	3,573
Diesel B5	237 355,7	0,237	2,374
Fuel Oil	390,8	0,000	0,004
Gasohol	51 790,4	0,052	0,518
Gasolina Motor	22,3	0,000	0,000
GLP	67 704,4	0,068	0,677
Turbo	0,0	0,000	0,000
Coque	0,0	0,000	0,000
Pesquería	77 416,3	0,077	0,774
Diesel B5	40 311,0	0,040	0,403
Fuel Oil	384,9	0,000	0,004
Gasohol	29 225,1	0,029	0,292
Gasolina Motor	6 721,4	0,007	0,067
GLP	774,0	0,001	0,008
Turbo	0,0	0,000	0,000
Coque	0,0	0,000	0,000
Público	271 262,3	0,271	2,713
Diesel B5	57 459,6	0,057	0,575
Fuel Oil	296,0	0,000	0,003
Gasohol	182 878,2	0,183	1,829
Gasolina Motor	14 778,1	0,015	0,148
GLP	2 137,6	0,002	0,021
Turbo	13 712,7	0,014	0,137
Coque	0,0	0,000	0,000
Residencial	1 397 468,2	1,397	13,975
Diesel B5	0,0	0,000	0,000
Fuel Oil	0,0	0,000	0,000
Gasohol	0,0	0,000	0,000
Gasolina Motor	0,0	0,000	0,000
GLP	1 397 468,2	1,397	13,975
Turbo	0,0	0,000	0,000
Coque	0,0	0,000	0,000
Transporte	7 598 893,3	7,599	75,989
Diesel B5	3 985 581,9	3,986	39,856
Fuel Oil	53 985,9	0,054	0,540
Gasohol	1 956 947,7	1,957	19,569
Gasolina Motor	425 782,0	0,426	4,258
GLP	947 290,8	0,947	9,473
Turbo	229 304,9	0,229	2,293
Coque	0,0	0,000	0,000
TOTAL DE ENTRADAS		11,444	114,444

Fuente: Elaboración propia

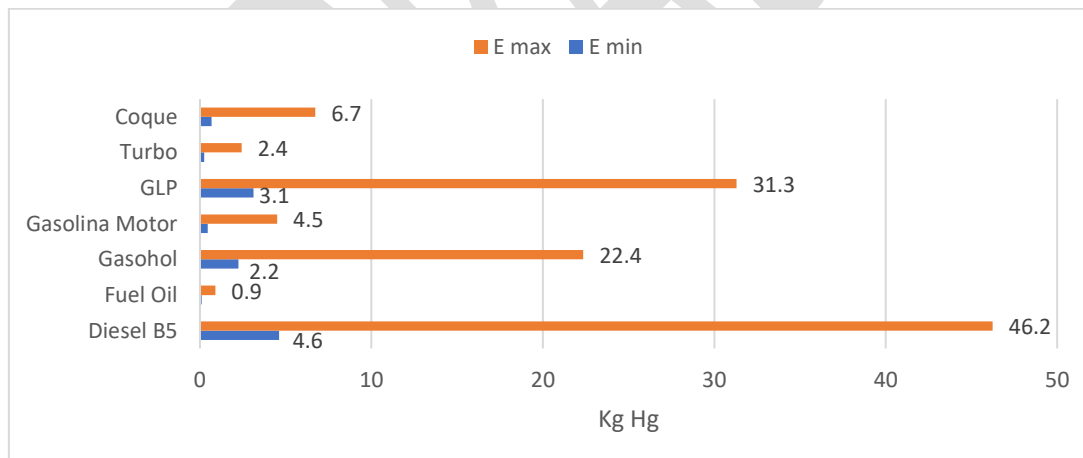
Los resultados muestran que, el sector que generó la mayor cantidad de entradas de mercurio en el 2021 fue “transporte”, con un máximo de 76 kg y mínimo de 7,6 kg. Por otra parte, el combustible que generó la mayor cantidad de entradas de mercurio fue el diésel, con un máximo de 46,2 kg y mínimo de 4,6 kg. Estos resultados se pueden apreciar mejor en los siguientes gráficos.

Gráfico 9-1: Entradas de mercurio por sector para la subcategoría "consumo de combustibles derivados del petróleo"



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9-2: Entradas de mercurio por tipo de combustible para la subcategoría "consumo de combustibles derivados del petróleo"



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las entradas totales de mercurio para esta subcategoría se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9-18: Total de entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo"

Etapas o procesos	Entradas min (Kg Hg/a)	Entradas max (Kg Hg/a)
Extracción de petróleo	3,5	6,6
Refinación de petróleo	11,7	15,9
Consumo de combustibles derivados del petróleo	11,4	114,4
Total	26,6	136.9

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Al igual que el cálculo de las entradas de mercurio, los cálculos de las emisiones o liberaciones también se separaron en las tres etapas de la cadena productiva del petróleo.

Para la primera etapa que es la extracción de petróleo; uno de los flujos más significativos de mercurio son los líquidos de producción; los cuales puede ser tratados y dispuestos de diferentes maneras. Es por ello que el kit de herramientas del PNUMA sugiere que la fracción de mercurio que se puede identificar y cuantificar es aquella que sigue la vía del agua, mientras que las otras vías son desconocidas.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución que se utilizaron para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio durante la extracción de petróleo.

Tabla 9-19: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – extracción

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Extracción de petróleo	?	0,2	?	-	?	?

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de distribución, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta etapa. En la siguiente tabla se presentan el resumen de las emisiones máximas y mínimas calculadas.

Tabla 9-20: Resumen de las emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – extracción

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (?)		
Agua (0,2)	0,7	1,3
Tierra (?)		
Productos		
Tratamiento general de residuos (?)		
Tratamiento específico de residuos (?)		
TOTAL	0,7	1,3

Fuente: Elaboración propia

Para la segunda etapa que es la refinación de petróleo, la vía de distribución más significativa por la cual se emite o libera el mercurio es el aire. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución que se utilizaron para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio de este proceso.

Tabla 9-21: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – refinación

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Refinación de petróleo	0,25	0,01	?			0,25

Fuente: PNUMA, 2019

Elaboración propia

Una vez definidos los factores de distribución, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se presenta el resumen de las emisiones máximas y mínimas calculadas.

Tabla 9-22: Resumen de las emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – refinación

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,25)	2,9	3,1
Agua (0,01)	0,1	0,1
Tierra (?)		
Productos		
Tratamiento general de residuos		
Tratamiento específico de residuos (0,25)	2,9	3,1
TOTAL	6,0	6,3

Fuente: Elaboración propia

Para la tercera etapa que es el uso de combustibles derivados del petróleo, se puede asumir que el 100% de este se consume y, por tanto, todo el mercurio es liberado al aire. Sin embargo, se debe considerar que pueden existir sistemas de control de emisiones que retengan el mercurio y, por tanto, evitan que parte del mercurio se libere al aire y en cambio se diversifiquen las rutas de distribución.

En ese sentido, en la siguiente tabla se muestra los factores de distribución sugeridos por el kit de herramientas que se utilizaron en el presente estudio; los cuales están en función al tipo de control de emisiones que se utiliza.

Tabla 9-23: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo" – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo

Controles	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
E1: Sin control	1					
E2: Con control de MP	0,9					0,1
E3: Central eléctrica con DGC	0,5					0,5

MP: Material particulado. DGC: Desulfuración de gases de combustión

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definidos los factores de distribución, se procedió a calcular las emisiones y liberaciones de mercurio. Par esto se consideró la información proporcionada por las empresas sobre sus sistemas de control de emisiones; sin embargo, no todas brindaron información al respecto. En ese sentido, considerando que en el Perú existen los LMP para emisiones y ECA para aire que las empresas deben cumplir, se asumió los siguientes escenarios (E):

- E1: Las emisiones provenientes del sector agropecuario y agroindustrial, industrial, minero metalúrgico, pesquería y transporte cuentan, al menos, con controles de material particulado. Por lo tanto, para los cálculos se aplicó el escenario 2.
- E2: Las emisiones provenientes del sector comercial, público y residencial no cuentan con ningún sistema de control. Por lo tanto, para los cálculos se aplicó el escenario 1.

En las siguientes tablas se muestran las emisiones mínimas y máximas calculadas para los dos escenarios existentes y el total consolidado.

Tabla 9-24: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo” – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo – Escenario 1

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (1)	1,9	18,7
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
TOTAL	1,9	18,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-25: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo” – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo – Escenario 2

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,9)	8,6	86,1
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,1)	1,0	9,6
TOTAL	9,6	95,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-26: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo” – consumo de hidrocarburos derivados del petróleo – Total

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,9)	10,5	104,9
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,1)	1,0	9,6
TOTAL	11,4	114,4

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se consolidó las emisiones y liberaciones totales de esta subcategoría, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9-27: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de petróleo”

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,9)	13,4	108,9
Agua	0,8	1,5
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Tratamiento específico de residuos (0,1)	3,9	13,6
TOTAL	18,1	123,9

Fuente: Elaboración propia

BORRADOR

9.4. Extracción, refinación y uso de gas natural

Al igual que el petróleo, el gas natural puede contener pequeñas cantidades de impurezas naturales de mercurio, cuyas concentraciones pueden variar en función de la geología local (PNUMA, 2019). Para esta subcategoría, se cuantificó la cantidad de mercurio emitido y liberado durante las actividades de extracción, refinación y consumo del gas natural.

La información requerida para los cálculos fue proporcionada por MINEM y sus Direcciones Generales DGH y DGEE, quienes administran y compilan la base de datos a nivel nacional sobre la producción, refinación, comercialización y consumo de gas natural. Asimismo, se contó con la información suministrada por las principales empresas que forman parte de la cadena de valor de este recurso.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos de emisiones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 9-28: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Extracción de gas natural	Cantidad de gas natural extraído al año (Nm ³ /a)	Concentración de Hg en gas natural extraído (µg Hg/Nm ³ gas)	Factores predeterminados
Refinación de gas natural	Cantidad de gas natural refinado al año (Nm ³ /a)	Concentración de Hg en gas refinado (µg Hg/Nm ³ gas)	
Consumo de gas natural	Cantidad de gas natural consumido al año (m ³ /a)	Concentración de Hg en gas natural usado (ng Hg/m ³ gas usado)	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, se dividió esta subcategoría en dos (02) partes, cada una corresponde a las etapas de la cadena productiva del gas natural, los cuales son, la extracción y refinación, y el uso del gas natural. De este modo, primero se calculó las entradas de mercurio para cada parte (proceso) y finalmente la suma de los dos.

Para el primer proceso que es la extracción y refinación del gas, se contó con los datos de cantidad de gas natural extraído y refinado a nivel nacional durante el 2021 (tasa de actividad). Esta información fue proporcionada por la DGH del MINEM, en coordinación con PERUPETRO, quienes consolidan la información de los titulares de hidrocarburos a nivel nacional.

Por otra parte, respecto al factor de entrada, representado por la concentración de mercurio en el gas; se contó con la información proporcionada por PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., quien posee contrato de concesión vigente para explotación de los lotes 56 y 88 (yacimientos Camisea). La empresa indicó que utiliza tamices de remoción de mercurio durante el proceso de refinación e indicó las concentraciones promedio de mercurio en el gas vendido durante el 2018 al 2021. Sin embargo, no se contó con la información de la concentración de mercurio en el gas natural crudo, previo al proceso de refinación.

En ese sentido, considerando que no se cuenta con información sobre la concentración de mercurio en el gas crudo, se tomó como factores de entrada máximos y mínimos los recomendados en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada.

Tabla 9-29: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción y refinación de gas natural"

Actividad	Factores de entrada predeterminados ($\mu\text{g Hg}/\text{Nm}^3$ de gas)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Extracción y refinación de gas natural	2	200

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procedió a realizar el cálculo de las entradas de mercurio. Para ello, previamente, se tuvo en cuenta las conversiones de unidades necesarias. En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio máximas y mínimas.

Tabla 9-30: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – extracción y refinación de gas natural

Operador	Lote	Tasa de actividad (Nm^3/a)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
UNNA	Lote I	39 918 391,6	0,1	8,0
PETROPERÚ	Lote I(T)	452 974,7	0,0	0,1
PETROMONT	Lote II	16 760 062,3	0,0	3,4
UNNA	Lote III	15 655 936,6	0,0	3,1
UNNA	Lote IV	27 971 185,0	0,1	5,6
UNNA	Lote V	3 906 906,4	0,0	0,8
SAPET	Lote VII/VI	54 809 933,5	0,1	11,0
UNIPETRO ABC	Lote IX	651 151,1	0,0	0,1
CNPC	Lote X	252 165 329,2	0,5	50,4
OLYMPIC	Lote XIII	151 038 737,1	0,3	30,2
PETROMONT	Lote XV	537 907,4	0,0	0,1
PETROMONT	Lote XX	113 243,7	0,0	0,0
FRONTERA OFF SHORE	Lote Z-1	368 041,9	0,0	0,1
SAVIA	Lote Z-2B	609 703 887,9	1,2	121,9
AGUAYTÍA	Lote 31-C	260 149 007,5	0,5	52,0
PLUSPETROL CORP.	Lote 56	4 445 266 793,1	8,9	889,1
REPSOL	Lote 57	1 219 322 843,0	2,4	243,9
PERENCO	Lote 67	651 151,1	0,0	0,1
PLUSPETROL CORP.	Lote 88	11 716 585 847,4	23,4	2 343,3
PETROTAL	Lote 95	1 953 453,2	0,0	0,4
CEPSA	Lote 131	509 596,5	0,0	0,1
TOTAL			37,6	3 763,7

Fuente: MINEM-DGH, 2022

Elaboración propia

Para el segundo proceso que es el consumo de gas natural, se requirió conocer la cantidad de gas natural que fue consumido a nivel nacional durante el 2021 (tasa de actividad). Para ello se contó con información proporcionada por la DGH y DGEE del MINEM. Cabe mencionar que, los registros de consumo solo presentaron información hasta el 2020, por lo que se debió estimar los valores de consumo para el 2021.

Para dicha estimación no se consideró la variación anual del 2020 de los registros del MINEM, ya que en dicho año las tendencias fueron atípicas por la pandemia de la COVID-19. En su lugar, se utilizó la variación anual registrada por PROMIGAS, empresa accionista de CÁLIDDA y QUAVII, que en su reporte anual del 2022 incluyó información del consumo de gas hasta el 2021. Previo a estimar el consumo para el 2021, se verificó que las variaciones de consumo de años anteriores, registradas por el MINEM y PROMIGAS, poseen tendencias similares.

Por otra parte, PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. proporcionó los datos de concentración de mercurio en el gas seco (producto de la refinación). Esta información permitió establecer factores de entrada máximos y mínimos propios, diferentes a los recomendados en el kit de herramientas del PNUMA. Los factores que se escogieron fueron los valores de concentración promedio de mercurio máximo y mínimo medidos desde el 2018 al 2021. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada.

Tabla 9-31: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción y refinación de gas natural"

Actividad	Factores de entrada predeterminados (ng Hg/Nm ³ de gas)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Consumo de gas natural	1	4,3

Fuente: PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., 2022

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procede a realizar el cálculo de las entradas de mercurio. Para ello, previamente, se tuvo en cuenta las conversiones de unidades necesarias. En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio máximas y mínimas.

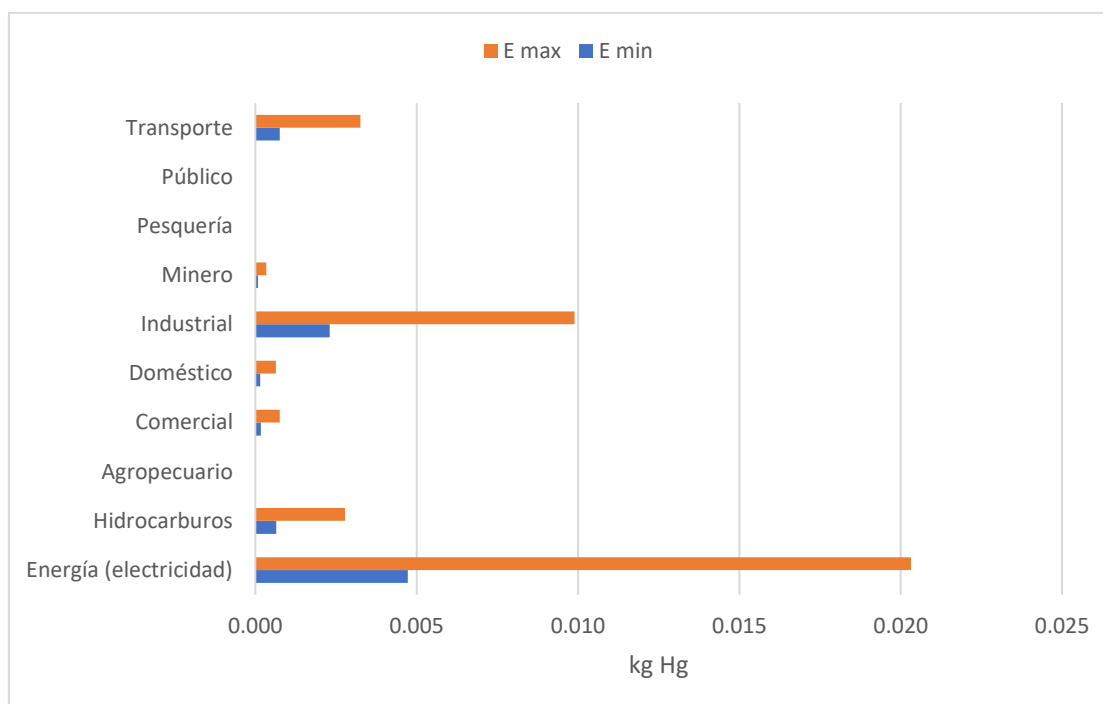
Tabla 9-32: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – consumo de gas natural

Sector	Tasa de actividad (m ³ /a)	Entrada min. (kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
Energía (electricidad)	4 726 422 362,1	0,005	0,020
Hidrocarburos	645 620 178,3	0,001	0,003
Agropecuaria	1 929 740,5	0,000	0,000
Comercial	176 404 895,0	0,000	0,001
Doméstico	147 702 778,3	0,000	0,001
Industrial	2 301 004 777,4	0,002	0,010
Minero	79 585 158,2	0,000	0,000
Pesquería	2 240 273,4	0,000	0,000
Público	4 214 375,7	0,000	0,000
Transporte	757 278 953,8	0,001	0,003
TOTAL DE ENTRADAS	8 842 403 492,6	0,009	0,038

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que, el sector que generó la mayor cantidad de entradas de mercurio en el 2021 fue el de la producción de energía, con un máximo de 0,02 kg y mínimo de 0,005 kg. En el siguiente gráfico se puede observar la distribución de las entradas.

Tabla 9-33: Entradas de mercurio por sector para la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – consumo de gas natural



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las entradas totales de mercurio para esta subcategoría se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9-34: Total de entradas de mercurio de la subcategoría "extracción, refinación y uso de petróleo"

Etapas o procesos	Entradas min (Kg Hg/a)	Entradas min (Kg Hg/a)
Extracción y refinación de gas natural	37,6	3 763,7
Consumo de gas natural	0,009	0,038
Total	37,6	3 763,7

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Al igual que el cálculo de las entradas de mercurio, los cálculos de las emisiones o liberaciones también se separaron en las dos etapas de la cadena productiva del gas natural.

Para la primera etapa que es la extracción y refinación del gas natural, uno de los factores más importantes para tener en cuenta al calcular las emisiones y liberaciones de mercurio, es la existencia de sistemas de control o remoción de este metal. Como se indicó anteriormente, PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. utiliza tamices de remoción de mercurio durante la refinación del gas, lo cual permite que el gas producido (gas seco) posea cantidades traza muy pequeñas.

En ese sentido, el kit de herramientas del PNUMA establece factores de distribución para esta subcategoría en función a la existencia o no de métodos de remoción de mercurio. En la siguiente tabla se muestran los factores determinados.

Tabla 9-35: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – extracción y refinación de gas natural

Controles	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Extracción y refinación sin remoción de Hg	0,2	0,2		0,5		0,1
Extracción y refinación con remoción de Hg	0,1	0,2		0,1		0,6

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definidos los factores de distribución, se procedió a calcular las emisiones y liberaciones de mercurio para esta etapa. En la siguiente tabla se muestra las emisiones máximas y mínimas calculadas para cada vía de distribución.

Tabla 9-36: Resumen de emisiones máximas y mínimas de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – extracción y refinación de gas natural

Vías de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	3,8	376,4
Agua	7,5	752,7
Tierra	0,0	0,0
Productos (*)	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	22,6	2 258,2
Total	33,9	3 387,3

(*) Para fines del balance total, se considera "0" la cantidad de mercurio que permanece como producto, ya que en el posterior proceso de la cadena productiva (consumo), el gas (producto) es combustionado totalmente. De este modo se evita la duplicidad de resultados.

Fuente: Elaboración propia

Para la segunda etapa que es el consumo del gas natural, al igual que el consumo de los hidrocarburos derivados del petróleo, se asume que el 100% del gas natural se consume y, por tanto, todo el mercurio es liberado al aire. Es por ello que el único factor de distribución que establece el kit de herramientas para esta etapa es para esa vía. En la siguiente tabla se muestra los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 9-37: Factores de distribución de la subcategoría "extracción, refinación y uso de gas natural" – consumo de gas natural

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Consumo de gas natural	1					

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de distribución, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta etapa. En la siguiente tabla se muestra las emisiones máximas y mínimas calculadas.

Tabla 9-38: Resumen de emisiones máximas y mínimas de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural” – consumo de gas natural

Vías de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (1)	0,009	0,038
Agua	-	-
Tierra	-	-
Productos	-	-
Tratamiento general de residuos	-	-
Tratamiento específico de residuos	-	-
Total	0,009	0,038

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se consolidó las emisiones y liberaciones totales de esta subcategoría, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9-39: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción, refinación y uso de gas natural”

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,9)	3,8	376,4
Agua	7,5	752,7
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,1)	22,6	2 258,2
TOTAL	33,9	3 387,4

Fuente: Elaboración propia

9.5. Extracción y uso de otros combustibles fósiles

Esta categoría incluye la extracción y uso de otros combustibles fósiles, como turba (que es una forma del carbón con poco poder calorífico) y esquisto bituminoso (que es un tipo de esquisto del que se puede recuperar un crudo oscuro por destilación). Sin embargo, al igual que el primer inventario, para el 2021 no se registró actividades de extracción ni uso de alguno de estos combustibles.

BORRADOR

9.6. Energía y producción de calor de biomasa

La biomasa es un combustible que se puede utilizar para producir electricidad o calor a través de hornos u otros dispositivos que involucran su combustión. En esta subcategoría se incluyen materiales como la leña, el bagazo, el carbón vegetal, entre otros. Las emisiones y liberaciones de mercurio por el uso de este combustible son debido a que este metal puede estar contenido en cantidades trazas dentro de estos materiales, ya que, por ejemplo, algunas plantas de donde proviene la leña o el bagazo pueden absorber el mercurio de la atmósfera o el suelo.

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio se contó con los datos de cantidad de biomasa consumida a nivel nacional durante el 2021 (tasa de actividad). Esta información fue estimada a partir del registro histórico proporcionado por la DGEE del MINEM, desde el 2016 al 2020. Esta estimación consideró las variaciones anuales de dicho periodo, omitiendo el 2020, ya que los datos de dicho fueron atípicos debido a la pandemia por COVID-19.

Por otra parte, los factores de entrada que se utilizaron fueron los recomendados por el kit de herramientas del PNUMA, ya que no se registró información sobre la concentración de mercurio en la biomasa que se utiliza en el país. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 9-40: Factores de entrada de la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"

Actividad	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de biomasa)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Consumo (combustión) de biomasa, excepto carbón vegetal	0,007	0,07
Consumo (combustión) de carbón vegetal	0,028	0,28

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procede a realizar el cálculo de las entradas de mercurio. Para ello, previamente, se tuvo en cuenta las conversiones de unidades necesarias. En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio calculadas.

Tabla 9-41: Entradas de mercurio de la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"

Sector y biomasa	Tasa de actividad (t/a)	Entrada min. (kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
Agropecuaria y agroindustrial	1 297 364,4	9,1	90,8
Bagazo	1 291 193,2	9,0	90,4
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	0,0	0,0	0,0
Leña	6 171,2	0,0	0,4
Comercial	241 102,8	2,4	23,8
Bagazo	0,0	0,0	0,0
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	33 103,9	0,9	9,3
Leña	207 998,9	1,5	14,6
Energía	2 181 280,6	15,3	152,7
Bagazo	2 181 280,6	15,3	152,7
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	0,0	0,0	0,0
Leña	0,0	0,0	0,0

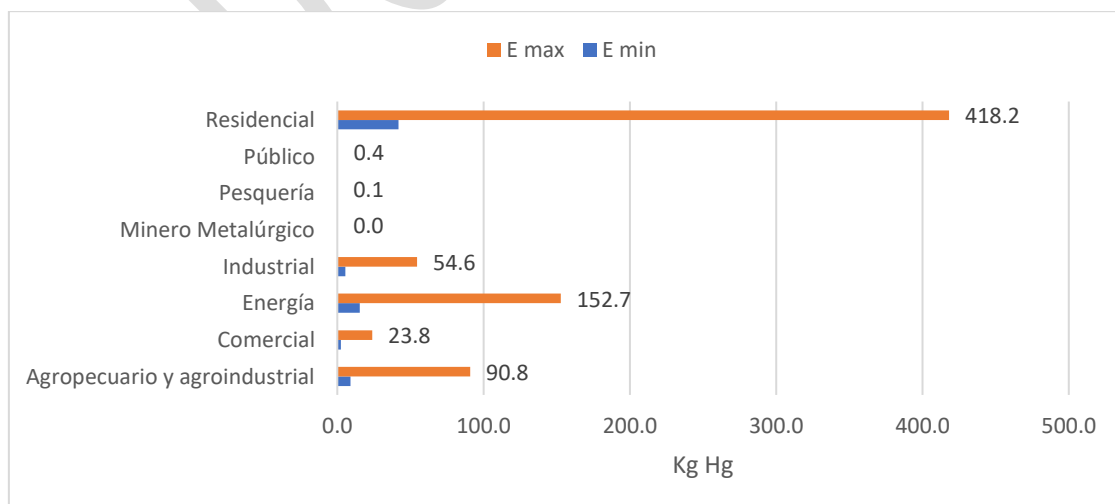
Sector y biomasa	Tasa de actividad (t/a)	Entrada min. (kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
Industrial	663 893,5	5,5	54,6
Bagazo	0,0	0,0	0,0
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	38 695,7	1,1	10,8
Leña	625 197,8	4,4	43,8
Minero Metalúrgico	187,8	0,0	0,0
Bagazo	0,0	0,0	0,0
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	47,0	0,0	0,0
Leña	140,8	0,0	0,0
Pesquería	911,2	0,0	0,1
Bagazo	0,0	0,0	0,0
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	0,0	0,0	0,0
Leña	911,2	0,0	0,1
Público	5 135,8	0,0	0,4
Bagazo	0,0	0,0	0,0
Bosta y yareta	0,0	0,0	0,0
Carbón vegetal	0,0	0,0	0,0
Leña	5 135,8	0,0	0,4
Residencial	5 631 111,9	41,8	418,2
Bagazo	0,0	0,0	0,0
Bosta y yareta	334 963,5	2,3	23,4
Carbón vegetal	114 606,8	3,2	32,1
Leña	5 181 541,5	36,3	362,7
Total	10 020 987,9	74,1	740,6

Fuente: MINEM-DGEE, 2022

Elaboración propia

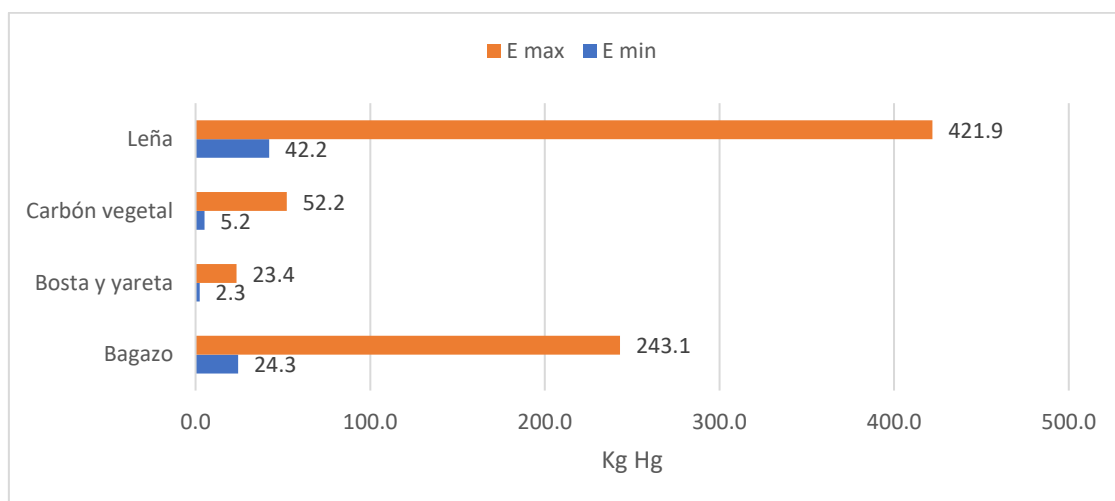
Los resultados muestran que, el sector que generó mayor cantidad de entradas de mercurio en el 2021 fue “residencial”, con un máximo de 418 kg y mínimo de 42 kg. Por otra parte, la biomasa que más se utilizó y generó mayor cantidad de entradas de mercurio fue la leña, con un máximo de 422 kg y mínimo de 42 kg. Estos resultados se pueden apreciar en los siguientes gráficos.

Gráfico 9-3: Entradas de mercurio por sector para la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9-4: Entradas de mercurio por tipo de combustible para la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"



Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para la combustión de la biomasa se asume que el 100% de este se consume y, por tanto, todo el mercurio es liberado al aire. Es por ello que el kit de herramientas del PNUMA establece para esta un solo factor de distribución. En la siguiente tabla se muestra los factores de distribución utilizados.

Tabla 9-42: Factores de distribución de la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"

Controles	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Sin control	1					

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definidos los factores de distribución, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se muestra las emisiones máximas y mínimas calculadas para cada sector y por cada vía de distribución.

Tabla 9-43: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "energía y producción de calor de biomasa"

Vías de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (1)	74,1	740,6
Agua	-	-
Tierra	-	-
Productos	-	-
Tratamiento general de residuos	-	-
Tratamiento específico de residuos	-	-
Total	74,1	740,6

Fuente: Elaboración propia

9.7. Producción de energía geotérmica

La energía geotérmica es aquella que se obtiene por el aprovechamiento del calor interno del planeta. A la fecha, al igual que en el primer inventario, no existen centrales geotérmicas en funcionamiento ni en construcción en el país.

BORRADOR

9.8. Resumen de resultados de categoría 1

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 1.

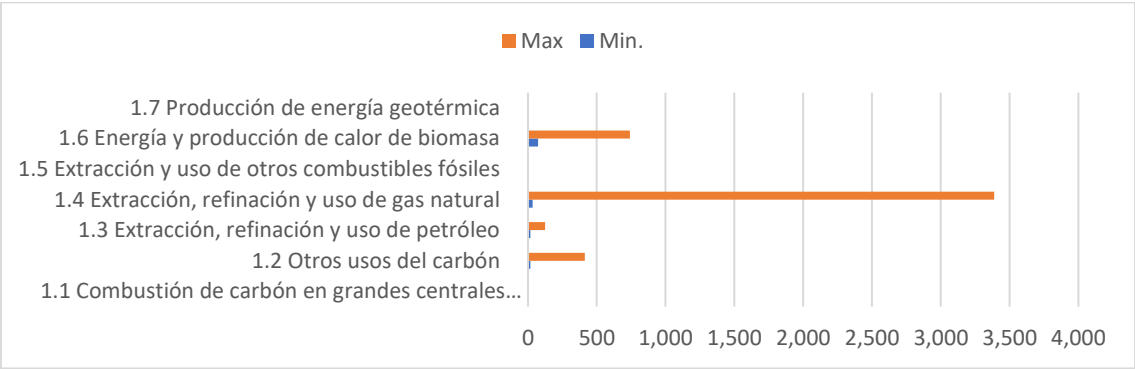
Tabla 9-44: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 1

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	104,8	1 535,6	707,1	2 074,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	2 375,0	842,8	5 984,7
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	13,5	309,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	103,2	18,0	413,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	13,4	108,9	699,5	1 321,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	13,6	716,8	1 443,7
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	3,8	376,4	7,5	752,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	2 258,2	33,9	3 387,4
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	74,1	740,6											74,1	740,6
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 9-5, muestra que la subcategoría que aportó mayores emisiones máximas de mercurio fue “Extracción, refinación y uso de gas natural”, mientras que la subcategoría “Extracción, refinación y uso de petróleo” fue la que aportó mayores emisiones mínimas, considerando todas las vías de distribución.

Gráfico 9-5: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 1



Fuente: Elaboración propia

Aunque los resultados muestran que la subcategoría “Extracción, refinación y uso de gas natural (extracción)” aportó la mayor cantidad de emisiones máximas de mercurio, se debe considerar que dicho valor fue calculado a partir del factor de entrada predefinido en el kit de herramientas del PNUMA, lo cual ocasiona que exista una gran diferencia con respecto al mínimo calculado.

Por otra parte, en el gráfico 9-6 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fue el “aire” y el “tratamiento específico de residuos”.

Gráfico 9-6: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 1



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 9-45 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 9-46 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 9-45: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1

Categoría y subcategoría de la fuente	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	145,7	104,8	8,6	707,1	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	30,8	31,0	190,7	144,1
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	19,6	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	4,5	31,4	18,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	17,5	13,4	2,2	699,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,9	22,5	18,1
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	12,9	3,8	6,4	7,5	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	16,2	22,6	41,2	33,9
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	95,6	74,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,6	74,1
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9-46: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1

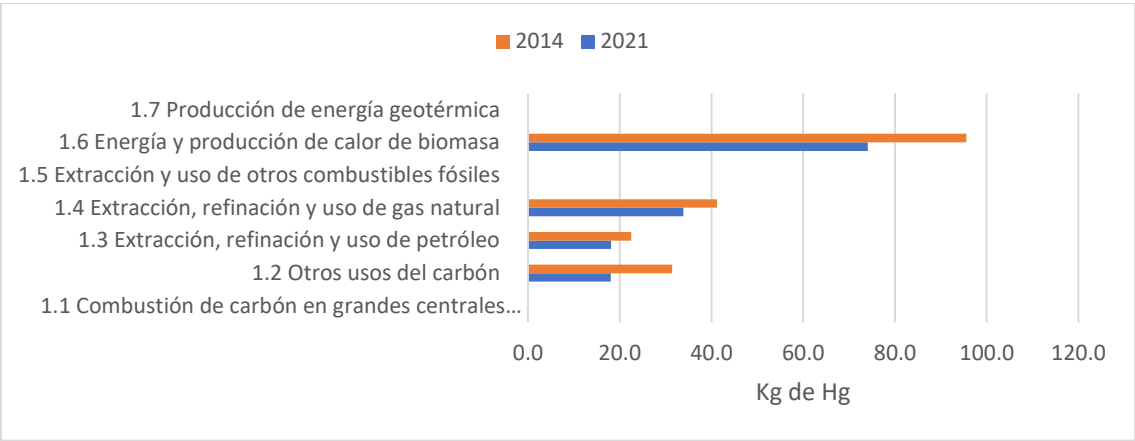
Categoría y subcategoría de la fuente	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	2 645,1	1 535,6	645,4	2 074,0	0,0	0,0	561,7	0,0	0,0	0,0	2 112,8	2 375,0	5 965,1	4 664,9
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	336,9	309,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	485,1	103,2	822,1	413,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	136,7	108,9	4,1	1 321,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	13,6	145,5	123,9
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	1 279,7	376,4	641,4	752,7	0,0	0,0	561,7	0,0	0,0	0,0	1 622,9	2 258,2	4 105,7	3 387,4
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	891,8	740,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	891,8	740,6
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

En los gráficos 9-7 y 9-8 se puede observar que las emisiones mínimas y máximas disminuyeron del 2014 al 2021 en todas las subcategorías. En total, las emisiones y liberaciones mínimas de esta categoría disminuyeron de 190,7 a 144,1 kg de mercurio (24%), mientras que las emisiones máximas disminuyeron de 5 965,1 a 4 664,9 kg de mercurio (22%).

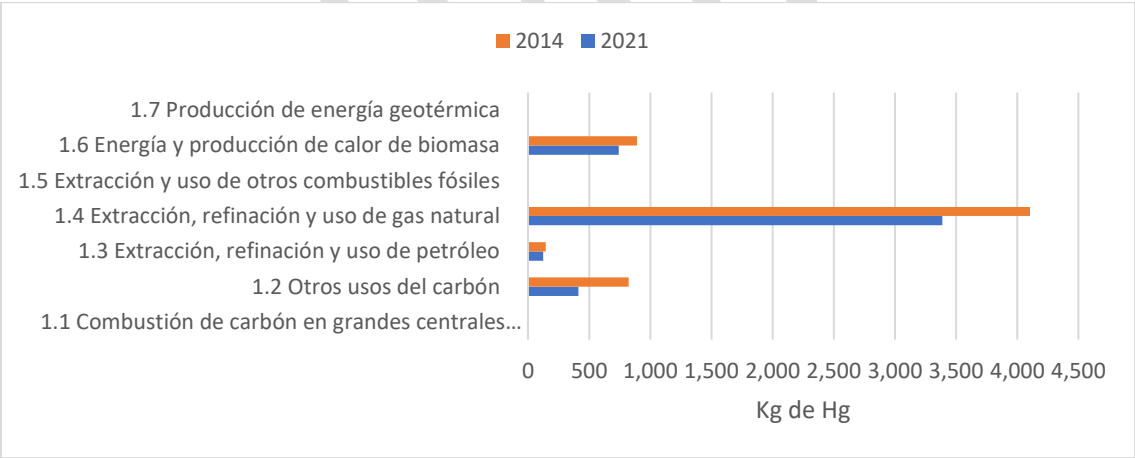
La subcategoría “Otros usos de carbón” fue la que presentó mayor disminución de emisiones y liberaciones de mercurio, tanto mínimas como máximas (43% y 50% respectivamente).

Gráfico 9-7: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9-8: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 1



Fuente: Elaboración propia

10. CATEGORÍA 2: Producción primaria de metales

Esta categoría principal se divide en nueve subcategorías incluyendo (para el caso de Perú) la fuente más predominante de emisiones y liberaciones de mercurio, que es la extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las nueve subcategorías, indicando si están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio y el tipo de fuente de información que se necesitó para elaborar el inventario.

Tabla 10-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "producción primaria de metales"

Subcategoría		¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
2.1	Extracción primaria y procesamiento inicial de mercurio	N						
2.2	Extracción de oro (y plata) con procesos de amalgamación de mercurio	S	X	X	X			EN
2.3	Extracción y procesamiento inicial de zinc	S	X	X	X	X	X	EN/FP
2.4	Extracción y procesamiento inicial de cobre	S	X	X	X	X	X	EN/FP
2.5	Extracción y procesamiento inicial de plomo	N						
2.6	Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	S	X	X	X	X	X	EN/FP
2.7	Extracción y procesamiento inicial de aluminio	N						
2.8	Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	S	X	X	X		X	EN/FP
2.9	Producción primaria de metales ferrosos	S	X				x	EN/FP

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

10.1. Extracción primaria y procesamiento de mercurio

Actualmente en el Perú no existen operaciones mineras para la extracción primaria ni procesamiento de mercurio. Sin embargo, como se mencionó en el ítem 8 (puntos calientes de contaminación con mercurio), entre 1570 y 1790 se mantuvo operativa la mina Santa Barbara, ubicada en el departamento de Huancavelica, la cual es catalogada como pasivo ambiental de la actividad minera.

10.2. Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio

La amalgamación de mercurio se utiliza para la extracción de oro en muchos países en América del Sur, Asia y África. En general, este proceso consiste en agregar mercurio metálico al mineral rico en oro o plata (concentrado) para formar una amalgama con dichos metales. Posteriormente la mezcla se lava para que solo quede la amalgama y luego, esta se calienta para liberar el mercurio en forma de vapor y recuperar el metal (PNUMA, 2019). Consecuentemente, esta actividad es considerada como una de las que genera la mayor cantidad de emisiones y liberaciones de mercurio en el mundo.

En el caso de Perú, según el primer Inventario Nacional (año base 2014), esta subcategoría fue una de las que aportó mayor cantidad de emisiones y liberaciones de mercurio. A la fecha, aún se desarrollan actividades de minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) para extraer oro mediante procesos de amalgamación. Esta actividad se realiza en todo el territorio nacional, principalmente, en los departamentos de Madre de Dios, Puno y Arequipa.

El kit de herramientas del PNUMA propone dos formas de calcular las entradas de mercurio para esta subcategoría según el tipo de información que se disponga. En la siguiente tabla se presenta las expresiones propuestas en el kit de herramientas para los cálculos.

Tabla 10-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	Cantidad de oro producido utilizando técnicas de amalgamación	Estimación de la proporción de Hg consumido por unidad de oro producida	Factores predeterminados
	Total anual de compras de mercurio para la MAPE	Factor = 1, ya que es la entrada completa de Hg	

Fuente: PNUMA, 2019

Considerando la información disponible, se utilizó como tasa de actividad, el total anual de compras de mercurio para la MAPE, lo cual equivale al consumo anual del dicho metal. Por otra parte, el factor de entrada que se utilizó fue igual a uno (1), por representar la cantidad de mercurio utilizado.

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, se requirió conocer qué cantidad de este metal fue utilizado por la MAPE en el 2021. Esta información fue proporcionada por el Proyecto “Gestión Integrada del Mercurio en la Minería de Oro Artesanal y en Pequeña Escala (MAPE) del Perú – planetGOLD Perú”, proyecto financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés), a cargo del Ministerio del Ambiente (MINAM) e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); que busca mejorar las prácticas de producción y entorno laboral de la MAPE.

PlanetGOLD Perú, en colaboración con la Dirección General de Formalización Minera (DGFM) del MINEM y las Direcciones y Gerencias Regionales de Energía y Minas (DREM/GREM) a nivel nacional, elaboró el “*Diagnóstico y organización de la información sobre volumen de mercurio descrito en los instrumentos ambientales y expedientes técnicos de la MAPE formalizada y en vías de formalización*”, tomando como año base el 2020.

Cabe señalar que, aunque el diagnóstico de planetGOLD Perú sea del 2020, cuenta con información estadística detallada sobre el uso de mercurio por parte de la MAPE a nivel nacional, la cual no se cuenta para el 2021. Por lo cual, el equipo de trabajo decidió tomar estos resultados para ser considerados en la presente actualización del inventario nacional.

Al respecto, el diagnóstico de planetGOLD Perú indicó que, hasta el 2020 existían 1 236 mineros en vía de formalización (registrados en REINFO) y 138 mineros formalizados. Estos mineros, como parte de sus procesos de formalización presentaron ante las autoridades respectivas sus instrumentos de gestión ambiental: Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo (IGAC) e Instrumento de Gestión Ambiental y Fiscalización para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal (IGAFOM), en los cuales manifestaron utilizar mercurio en sus procesos.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de los mineros por departamento y según su situación de formalización.

Tabla 10-3: Cantidad de mineros de la MAPE por departamento y según su situación de formalización

Departamento	MAPE REINFO	MAPE Formalizados	Total
Amazonas	-	-	-
Ancash	1	0	1
Apurímac	1	0	1
Arequipa	17	1	18
Ayacucho	11	2	13
Cajamarca	2	-	2
Callao	-	-	-
Cusco	18	3	21
Huancavelica	1	-	1
Huánuco	-	-	-
Ica	4	2	6
Junín	-	-	-
La Libertad	2	-	2
Lambayeque	-	-	-
Lima	4	-	4
Loreto	-	-	-
Madre de Dios	887	106	993
Moquegua	-	-	-
Pasco	5	1	6
Piura	1	-	1
Puno	282	22	304
San Martín	-	-	-
Tacna	-	-	-
Tumbes	-	-	-
Ucayali	-	1	1
Total	1 236	138	1 374

Fuente: planetGOLD Perú, 2021

Según lo declarado por los titulares de la MAPE, el volumen aproximado de mercurio utilizado hasta el 2020 fue de **14 881 kilogramos por mes**. Asimismo, se indicó que el consumo de mercurio para un gramo de oro es de 2,0 a 2,8 gramos en yacimientos de placeres aluviales, mientras que en yacimientos de vetas auríferas oscila entre 0,006 a 2,0 kg de mercurio por tonelada de mineral.

En la siguiente tabla se muestra el consumo de mercurio por departamento y según la situación de formalización de los mineros de la MAPE

Tabla 10-4: Uso de mercurio por parte de la MAPE por departamento y según situación de formalización

Departamento	Uso de Hg - MAPE REINFO (Kg/mes)	Uso de Hg - MAPE formalizados (Kg/mes)	Uso de Hg total mensual (Kg/mes)	Uso de Hg total anual (Kg/a)
Amazonas	-	-	-	-
Ancash	52	-	52,0	624,0
Apurímac	1	-	1,0	12,0
Arequipa	1 393	3	1 396,0	16 752,0
Ayacucho	131	380	511,0	6 132,0
Cajamarca	1	-	1,0	12,0
Callao	-	-	-	-
Cusco	113	11	124,0	1 488,0
Huancavelica	10	-	10,0	120,0
Huánuco	-	-	-	-
Ica	136	210	346,0	4 152,0
Junín	-	-	-	-
La Libertad	1	-	1,0	12,0
Lambayeque	-	-	-	-
Lima	425	-	425,0	5 100,0
Loreto	-	-	-	-
Madre de Dios	1 591	207	1 798,0	21 576,0
Moquegua	-	-	-	-
Pasco	122	9	131,0	1 572,0
Piura	12	-	12,0	144,0
Puno	9 720	353	10 073,0	120 876,0
San Martín	-	-	-	-
Tacna	-	-	-	-
Tumbes	-	-	-	-
Ucayali	-	0,2	0,2	2,4
Total	13 708,0	1 173,2	14 881,2	178 574,4

Fuente: planetGOLD Perú, 2021

Por otra parte, planetGOLD Perú indicó que **el uso de retortas permitió recuperar alrededor del 90 al 95% del mercurio utilizado** en el proceso de amalgamación; es decir, se perdería periódicamente entre 5 a 10% del mercurio total utilizado por titulares mineros de la MAPE que utilizan retortas.

Esta información permitió conocer la cantidad de mercurio que la MAPE utiliza y la cantidad que debe adquirir externamente para reponer las pérdidas. Sin embargo, no todos los titulares mineros de la MAPE utilizan retortas.

Es por ello, que se solicitó a la DGFM del MINEM y a las DREM y GREM el número de titulares mineros que utilizaron retortas en el 2020 y 2021; sin embargo, no se contó con esta información actualizada. En ese sentido, se decidió utilizar la información consignada en el primer inventario nacional, el cual indicó **que aproximadamente 30% de los titulares utilizó retortas**.

A partir de los datos descritos en los párrafos anteriores y con el fin de contar con la información completa para realizar los cálculos de las entradas de mercurio, se asumió lo siguiente:

- Considerando lo establecido en la cuarta disposición complementaria del Decreto Legislativo que regula la interdicción de la minería ilegal en toda la república y establece medidas complementarias (D.L. N° 1100), los instrumentos de gestión

ambiental presentados por los titulares para su proceso de formalización solo serán aprobados si cumplen con, entre otros, implementar métodos para la recuperación del mercurio con el uso de retortas y otros equipos; **se asumió que todos los titulares de la MAPE formalizados (138) utilizaron retortas en sus procesos.**

- Considerando que el primer inventario nacional (año base 2014) estableció que el porcentaje de titulares que utilizaron retorta fue aproximadamente 30%, además que, la presente actualización busca reportar valores máximos y mínimos de entradas de mercurio con el fin de reducir la incertidumbre de los resultados; **se asumió que entre 30% y 40% de los titulares de la MAPE en proceso de formalización - REINFO (1 236) utilizaron retortas.**

Considerando los datos de la tabla 10-4 y las asunciones descritas en los párrafos anteriores, es posible estimar la cantidad máxima y mínima de mercurio utilizado por los titulares mineros según su situación de formalización y teniendo en cuenta si utilizan o no retorta.

En la siguiente tabla se muestran las estimaciones realizadas.

Tabla 10-5: Cantidad estimada de mercurio utilizado por titulares mineros según su situación de formalización y teniendo en cuenta si usan retorta

Titular minero	¿Usa retorta?	% Hg usado/mes min	% Hg usado/mes max	Hg usado /mes min (kg)	Hg usado /mes max (kg)	Hg usado /a min (kg)	Hg usado /a max (kg)
REINFO	Sin retorta	70% de 13 708,0 kg	60% de 13 708,0 kg	8 224,8	9 595,6	98 697,6	115 147,2
REINFO	Con retorta	30% de 13 708,0 kg	40% de 13 708,0 kg	5 483,2	4 112,4	65 798,4	49 348,8
Formal	Con retorta	100% de 1 173,2 kg	100% de 1 173,2 kg	1 173,2	1 173,2	14 078,4	14 078,4
Total				14 881,2	14 881,2	178 574,4	178 574,4

Fuente: planetGOLD Perú, 2021 y MINAM, 2017

Elaboración propia

Finalmente, considerando los resultados de la tabla anterior, que las retortas logran que se pierda solo entre 5% y 10% del mercurio y que el **factor de emisión es igual a 1** (ver tabla 10-2); se procedió a estimar las entradas de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se presenta las entradas de mercurio estimadas.

Tabla 10-6: Entradas de mercurio de la subcategoría “Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio”

Titular minero	Hg usado /a min (kg)	Hg usado /a max (kg)	Pérdida de Hg min	Pérdida de Hg max	Factor de emisión	Entrada min (kg)	Entrada max (kg)
REINFO - sin retorta	98 697,6	115 147,2	100%	100%	1	98 697,6	115 147,2
REINFO - con retorta	65 798,4	49 348,8	5%	10%	1	3 289,9	4 934,9
Formal	14 078,4	14 078,4	5%	10%	1	703,9	1 407,8
Total	178 574,4	178 574,4				102 691,4	121 489,9

Fuente: planetGOLD Perú, 2021.

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio, se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución utilizados.

Tabla 10-7: Factores de distribución para la subcategoría "Producción de oro con amalgamación"

Escenarios (E)	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Producto	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
E1: Extracción desde el mineral entero (sin uso de retortas)	0,2	0,4	0,4			
E2: Extracción desde concentrados del mineral (sin uso de retortas)	0,77	0,12	0,11			
E3: Extracción desde el mineral entero con uso de retortas y reciclaje de mercurio	0,06	0,47	0,47			
E4: Extracción desde concentrados del mineral con uso de retortas y reciclaje de mercurio	0,45	0,28	0,27			

Fuente PNUMA, 2019

Los escenarios que se utilizaron fueron E2 y E4 (según la tabla 10-7), ya que las entradas de mercurio provienen de 1) procesos de amalgamación que utilizaron retortas y 2) procesos de amalgamación que no utilizaron dicha tecnología. No obstante, para ambos casos, se consideró que el proceso de beneficio del oro se realizó a partir de concentrados de mineral.

En las siguientes tablas se muestran las emisiones y liberaciones de mercurio estimadas para cada escenario y un consolidado total.

Tabla 10-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de oro con amalgamación" – E2: Extracción desde concentrados del mineral (sin uso de retortas)

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,77)	75 997,2	88 663,3
Agua (0,12)	11 843,7	13 817,7
Tierra (0,11)	10 856,7	12 666,2
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,49)	0,0	0,0
Total	98 697,6	115 147,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10-9: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de oro con amalgamación" – E4: Extracción desde concentrados del mineral (con uso de retortas)

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,45)	1 797,2	2 854,2
Agua (0,28)	1 118,3	1 776,0
Tierra (0,27)	1 078,3	1 712,5
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,48)	0,0	0,0
Total	3 993,8	6 342,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10-10: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de oro con amalgamación" – Total

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	77 794,4	91 517,6
Agua	12 962,0	15 593,6
Tierra	11 935,1	14 378,7
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	102 691,4	121 489,9

Fuente: Elaboración propia

10.3. Extracción y procesamiento inicial de zinc

El mineral para extracción de zinc (principalmente mineral sulfhídrico) puede contener cantidades traza de mercurio. Este mineral se extrae de minas a cielo abierto o subterráneas, y las fracciones ricas en zinc se separan de la roca de desechos. El concentrado producido se transporta a las plantas de fundición y refinación donde se produce el producto final (PNUMA, 2019).

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se tuvo que escoger expresiones de tasa de actividad y factores de entrada apropiados, acorde a la información disponible en el país. En ese sentido, ya que no se cuenta con información completa sobre la cantidad del mineral explotado (mena), ni su concentración de mercurio, se decidió usar como tasa de actividad, la cantidad de concentrado de zinc utilizado en los procesos de fundición y refinación de este metal.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos de emisiones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 10-11: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de zinc"

Fuentes	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Producción de Zn a partir de concentrado de este mineral	Cantidad de concentrado de Zn utilizado para producir zinc (TMF/a)	Concentración de Hg en el concentrado de Zn utilizado (mg Hg/t concentrado de Zn)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, fue necesario conocer el consumo de concentrado de zinc. Este valor se calculó sumando la producción interna, más las importaciones y, restando las exportaciones de concentrado de este metal. Al respecto, la DGM del MINEM proporcionó los datos de producción interna y exportaciones; mientras que la cantidad importada tuvo que ser estimada conociendo la cantidad de zinc metálico producido en las refinerías del país (Cajamarquilla y La Oroya) y un factor mínimo de conversión (FC), establecido por la UNEP/AMAP (2012), que establece la relación entre concentrado de zinc utilizado por unidad de metal producido, dicho factor fue 1,72.

Al multiplicar la cantidad de zinc metálico producido, por el FC, se obtiene la cantidad de concentrado de zinc que entró a las refinerías. Por lo tanto, si a este valor se le resta la producción nacional y las exportaciones, se obtiene una estimación de las importaciones de concentrado de zinc a nivel nacional. En la siguiente tabla se muestra las importaciones de concentrado de zinc estimadas.

Tabla 10-12: Estimación de las importaciones de concentrado de Zn en el 2021 (TMF)

Refinería / fundición	Producción de Zn metálico en refinería (TMF)	FC	Concentrado de Zn utilizado en refinería (TMF)	Producción nacional de concentrado de Zn (TMF)	Exportación de concentrado de Zn (TMF)	Importación de concentrado de Zn (TMF)
La Oroya y Cajamarquilla	346 748,2	1,72	596 406,9	1 533 124,1	1 202 200,0	265 482,8

Fuente: MINEM-DGM, 2021. Elaboración propia

Por otra parte, respecto al factor de entrada, el cual está representado como la concentración de mercurio en el concentrado de zinc; ninguno de los titulares mineros entrevistados brindó información actualizada sobre ello. Sin embargo, cabe mencionar que, en el primer inventario se consideró como factores de entrada a los valores máximos y mínimos de concentración encontrados por Cavanagh y Glover (1992), quienes reportaron concentraciones promedio de mercurio en el concentrado de zinc de 12 titulares mineros.

En ese sentido, la presente actualización del inventario ha considerado los mismos factores de entrada máximo y mínimo, establecidos en el primer inventario y recogidos de fuentes bibliográficas de la región. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 10-13: Factores de entrada de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de zinc"

Material	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de concentrado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Concentrado de Zn	2	45

Fuente: (Cavanagh & Glover, 1992)

Una vez definidos los factores de entrada máximos y mínimos, se procedió a calcular las entradas de mercurio. Para ello, previamente se tuvo en cuenta las conversiones de unidades necesarias. En la siguiente tabla se presentan las tasas de actividad (consumo de concentrado de zinc) y las entradas de mercurio máximas y mínimas calculadas.

Tabla 10-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de zinc"

Actividad	Concentrado Zinc Tasa de actividad (t/a)	Entrada mínima (Kg Hg)	Entrada máxima (Kg Hg)
Producción	1 533 124,1	3 066,2	68 990,6
Áncash	579 624,4	1 159,2	26 083,1
Arequipa	38 543,2	77,1	1 734,4
Ayacucho	58 994,3	118,0	2 654,7
Cusco	5 175,5	10,4	232,9
Huancavelica	15 494,2	31,0	697,2
Ica	157 591,1	315,2	7 091,6
Junín	265 428,1	530,9	11 944,3
Lima	213 941,4	427,9	9 627,4
Pasco	197 785,1	395,6	8 900,3
Puno	546,8	1,1	24,6
Exportación	- 1 202 200,0	- 2 404,4	- 54 099,0
Importación	265 482,8	531,0	11 946,7
Consumo	596 406,9	1 192,8	26 838,3

Fuente: MINEM-DGM, 2021.

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

El balance de masas del proceso de extracción y procesamiento de zinc es complejo y varía entre las diferentes unidades mineras y de producción que existen en el país. Asimismo, existe escasa información a nivel mundial sobre cómo se distribuyen las salidas de mercurio dentro de los procesos o ciclo de vida de producción de este metal.

Sin embargo, el kit de herramientas establece como criterio principal para establecer los factores de distribución, los sistemas de control de emisiones atmosféricas que existen durante los procesos de fundición y refinación del zinc.

En ese sentido, se identificó que en el Perú existen los complejos metalúrgicos de Cajamarquilla y La Oroya, administradas por NEXA RESOURCES CAJAMARQUILLA S.A. y DOE RUN PERÚ S.R.L. respectivamente; en los cuales se realizan las operaciones de fundición y refinación del zinc. En la siguiente tabla se presenta los factores de distribución considerados para el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio para esta categoría.

Tabla 10-15: Factores de distribución de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de zinc"

Escenarios (E)	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
E1: Fundición sin filtros o solo retención de MP seco y grueso	0,9					0,1
E2: Fundición con limpieza húmeda del gas	0,49	0,02				0,49
E3: Fundición con limpieza húmeda de gas y planta de ácido	0,10	0,02		0,42		0,46
E4: Fundición con limpieza húmeda de gas, planta de ácido y filtro específico para Hg	0,02	0,02		0,48		0,48

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de distribución, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría. Para ello, se tuvo en cuenta los sistemas de control de emisiones atmosféricas que poseen los complejos, donde se realizan las operaciones de fundición y refinación. Uno de los controles más importantes para tener en cuenta son las plantas de ácido, las cuales permiten limpiar y remover contaminantes de los gases.

Según la web "Sulphuric acid on the web",¹ la cual brinda información actualizada sobre las plantas de ácido que existen en el mundo, tanto la refinería Cajamarquilla, como el complejo metalúrgico de la Oroya, poseen una planta de ácido. En ese sentido, se ha considerado utilizar los factores de distribución establecidos para el escenario 3 según la tabla 10-15.

En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas para esta subcategoría.

Tabla 10-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría " extracción y procesamiento inicial de zinc"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	119,3	2 683,8
Agua (0,02)	23,9	536,8
Tierra	0,0	0,0
Productos (0,42)	501,0	11 272,1
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,46)	548,7	12 345,6
Total	1 192,8	26 838,3

Fuente: Elaboración propia

¹ <http://www.sulphuric-acid.com/Sulphuric-Acid-on-the-Web/Acid%20Plants/Acid-Plant-Database-Zinc.htm>

10.4. Extracción y procesamiento inicial de cobre

El mineral para extracción de cobre (principalmente mineral sulfhídrico) puede contener cantidades traza de mercurio. Este mineral se extrae de minas a cielo abierto o subterráneas y, las fracciones ricas en cobre se separan de la roca de desechos. El concentrado producido se transporta a las plantas de fundición y refinación donde se produce el producto final (PNUMA, 2019).

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se tuvo que escoger expresiones de tasa de actividad y factores de entrada apropiados, acorde a la información disponible en el país. En ese sentido, ya que no se cuenta con información completa sobre la cantidad del mineral explotado (mena) ni su concentración de mercurio, se decidió usar como tasa de actividad, la cantidad de concentrado de cobre utilizado en los procesos de fundición y refinación de este metal.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos de emisiones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 10-17: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre"

Fuentes	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Producción de Cu a partir de concentrado de este mineral	Cantidad de concentrado de Cu utilizado para producir cobre (TMF/a)	Concentración de Hg en el concentrado de Cu utilizado (mg Hg/t concentrado de Cu)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio fue necesario conocer el consumo de concentrado de cobre. Este valor se calculó sumando la producción interna más las importaciones y, restando las exportaciones de concentrado de este metal. Al respecto, la DGM del MINEM proporcionó los datos de producción interna y exportaciones; mientras que la cantidad importada tuvo que ser estimada conociendo la cantidad de cobre metálico producido en las refinerías del país (Ilo y Cajamarquilla) y un factor mínimo de conversión (FC) establecido por la UNEP/AMAP (2012), que establece la relación entre concentrado de zinc utilizado por unidad de metal producido, dicho factor fue 2,11.

Al multiplicar la cantidad de cobre metálico producido, por el FC, se obtiene la cantidad de concentrado de cobre que entró a las refinerías. Por lo tanto, si a este valor se le resta la producción nacional y las exportaciones, se obtiene una estimación de las importaciones de concentrado de cobre a nivel nacional. En la siguiente tabla se muestra las importaciones de concentrado de cobre estimadas.

Tabla 10-18: Estimación de las importaciones de concentrado de Cu en el 2021 (TMF)

Refinería / fundición	Producción de Cu metálico en refinería (t)	FC	Concentrado de Cu utilizado en refinería (t)	Producción nacional de concentrado de Cu (t)	Exportación de concentrado de Cu (t)	Importación de concentrado de Cu (t)
Ilo y Cajamarquilla	260 173,7	2,11	557 092,2	2 326 034,7	2 332 200,0	563 257,5

Fuente: MINEM-DGM, 2021 y PNUMA, 2019. Elaboración propia

Por otra parte, respecto al factor de entrada, el cual está representado como la concentración de mercurio en el concentrado de cobre; ninguno de los titulares mineros entrevistados brindó información actualizada sobre ello. En ese sentido, se utilizó los factores de entrada máximos y mínimos establecidos en el kit de herramientas del PNUMA, los cuales también fueron empleados en el primer inventario. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada.

Tabla 10-19: Factores de entrada de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre"

Material	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de concentrado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Concentrado de Cu	1	30

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definidos los factores de entrada máximos y mínimos, se procede a calcular las entradas de mercurio. Para ello, previamente, se tuvo en cuenta las conversiones de unidades necesarias. En la siguiente tabla se presentan las tasas de actividad (consumo de concentrado de cobre) y las entradas de mercurio máximas y mínimas calculadas.

Tabla 10-20: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de cobre"

Actividad	Concentrado Zinc Tasa de actividad (t/a)	Entrada mínima (Kg Hg)	Entrada máxima (Kg Hg)
Producción	2 326 034,7	2 326,0	69 781,0
Áncash	464 908,5	464,9	13 947,3
Apurímac	290 106,0	290,1	8 703,2
Arequipa	422 575,4	422,6	12 677,3
Ayacucho	562,1	0,6	16,9
Cajamarca	27 028,6	27,0	810,9
Cusco	248 885,2	248,9	7 466,6
Huancavelica	2 240,9	2,2	67,2
Ica	134 518,0	134,5	4 035,5
Junín	245 041,5	245,0	7 351,2
La Libertad	42,8	0,0	1,3
Lima	35 961,9	36,0	1 078,9
Moquegua	172 594,1	172,6	5 177,8
Pasco	53 925,4	53,9	1 617,8
Puno	1 876,2	1,9	56,3
Tacna	225 768,1	225,8	6 773,0
Exportación	- 2 332 200,0	- 2 332,2	- 69 966,0
Importación	563 257,5	563,3	16 897,7
Consumo	557 092,2	557,1	16 712,8

Fuente: MINEM-DGM, 2021.

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

El balance de masas del proceso de extracción y procesamiento de cobre es complejo y, varía entre las diferentes unidades mineras y de producción que existen en el país. Asimismo, existe escasa información a nivel mundial sobre cómo se distribuyen las salidas de mercurio dentro de los procesos o ciclo de vida de producción de este metal.

Sin embargo, el kit de herramientas establece como criterio principal para establecer los factores de distribución, los sistemas de control de emisiones atmosféricas que existen durante los procesos de fundición y refinación del cobre.

En ese sentido, se identificó que en el Perú existen las refinerías de Ilo y Cajamarquilla, administradas por SOUTHERN PERÚ COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERÚ y NEXA RESOURCES CAJAMARQUILLA S.A., respectivamente; en las cuales se realizan las operaciones de fundición y refinación del cobre, siendo la primera la que procesa mayor volumen.

En la siguiente tabla se presenta los factores de distribución considerados para el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría.

Tabla 10-21: Factores de distribución de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre"

Escenarios (E)	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
E1: Fundición sin filtros o solo retención de MP seco y grueso	0,9					0,1
E2: Fundición con limpieza húmeda del gas	0,49	0,02				0,49
E3: Fundición con limpieza húmeda de gas y planta de ácido	0,10	0,02		0,42		0,46
E4: Fundición con limpieza húmeda de gas, planta de ácido y filtro específico para Hg	0,02	0,02		0,48		0,48

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de distribución, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría. Para ello, se tuvo en cuenta los sistemas de control de emisiones atmosféricas que poseen los complejos donde se realizan las operaciones de fundición y refinación. Uno de los controles más importante para tener en cuenta son las plantas de ácido, las cuales permiten limpiar y remover contaminantes de los gases.

Según la web "Sulphuric acid on the web"² (la cual brinda información actualizada sobre las plantas de ácido que existen en el mundo), tanto la refinería Ilo, como Cajamarquilla, poseen una planta de ácido. En ese sentido, se ha considerado utilizar los factores de distribución establecidos para el escenario 3 según la tabla 10-21.

En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 10-22: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de cobre"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	55,7	1 671,3
Agua (0,02)	11,1	334,3
Tierra	0,0	0,0
Productos (0,42)	234,0	7 019,4
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,46)	256,3	7 687,9
Total	557,1	16 712,8

Fuente: Elaboración propia

² <http://www.sulphuric-acid.com/Sulphuric-Acid-on-the-Web/Acid%20Plants/Acid-Plant-Database-Zinc.htm>

10.5. Extracción y procesamiento inicial de plomo

El plomo se extrae de mineral de sulfuro, principalmente galena (sulfuro de plomo) que también contiene trazas de mercurio (PNUMA, 2019). Los pasos principales en la extracción de plomo se asemejan a los procesos descritos para el zinc y el cobre, los cuales incluyen la, extracción propiamente, producción de concentrado, fundición y refinación (PNUMA, 2019).

Para calcular las entradas de mercurio es necesario conocer la cantidad de concentrado de plomo que se utiliza en las refinerías. Sin embargo, a diferencia del zinc y el cobre, en el país no hubo ninguna refinería que haya procesado concentrados de plomo durante el 2021 ni en años anteriores, por lo cual todo el concentrado de plomo producido fue exportado y no existieron importaciones.

En ese sentido, se asume que no existen emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría, ya que estas se dan durante los procesos de refinación y fundición del plomo, los cuales no existieron para el 2021. Sin embargo, para fines de conocimiento, se calculó las entradas de mercurio para esta subcategoría, las cuales corresponden al proceso de extracción.

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio fue necesario conocer la producción interna de concentrado de plomo. Al respecto, la DGM del MINEM fue la entidad que proporcionó los datos de producción interna de este mineral. Cabe mencionar que, a diferencia del zinc y el cobre, para el plomo no fue necesario estimar la cantidad de importaciones de concentrado, ya que, como se indicó anteriormente, todo el concentrado de plomo es exportado para su refinación en el extranjero.

Respecto al factor de entrada, el cual está representado como la concentración de mercurio en el concentrado de plomo; ninguno de los titulares mineros entrevistados brindó información actualizada sobre ello. En ese sentido, se utilizó los factores de entrada máximos y mínimos establecidos en el kit de herramientas del PNUMA, los cuales también fueron empleados en el primer inventario. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada.

Tabla 10-23: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de plomo"

Material	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de concentrado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Concentrado de Pb	2	60

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de entrada máximos y mínimos, se procede a calcular las entradas de mercurio. Para ello, previamente, se tuvo en cuenta las conversiones de unidades necesarias.

En la siguiente tabla se presentan las tasas de actividad (producción de concentrado de plomo) y las entradas de mercurio máximas y mínimas calculadas, las cuales no permanecen en el país, sino que son exportadas.

Tabla 10-24: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción y procesamiento inicial de plomo"

Actividad	Concentrado Plomo Tasa de actividad (t/a)	Entrada mínima (kg Hg)	Entrada máxima (kg Hg)
Producción	264 422,0	528,8	15 865,3
Áncash	23 549,1	47,1	1 412,9

Actividad	Concentrado Plomo Tasa de actividad (t/a)	Entrada mínima (kg Hg)	Entrada máxima (kg Hg)
Arequipa	25 524,0	51,0	1 531,4
Ayacucho	4 706,8	9,4	282,4
Cusco	3 394,3	6,8	203,7
Huancavelica	16 322,2	32,6	979,3
Ica	19 531,5	39,1	1 171,9
Junín	42 190,5	84,4	2 531,4
Lima	47 777,2	95,6	2 866,6
Pasco	79 966,9	159,9	4 798,0
Puno	1 459,6	2,9	87,6

Fuente: MINEM-DGM, 2021.

Elaboración propia

10.6. Extracción y procesamiento de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio

El mineral para extracción de oro (principalmente mineral de sulfuro, como el cinabrio) puede contener cantidades variables de mercurio, estas pueden ser desde muy bajas (trazas), hasta concentraciones muy altas (PNUMA, 2019). Esto hace que, en los yacimientos donde existen altas concentraciones de este metal, las empresas que explotan oro tengan que separar y recuperar el mercurio como subproducto.

El Perú es uno de estos países que cuenta con yacimientos auríferos que contienen mercurio; es por ello que, los titulares mineros (principalmente de la gran minería) recuperan y almacenan este metal en sus instalaciones. Asimismo, estos titulares mineros deben reportar periódicamente ante la SUNAT (Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados), la cantidad de mercurio producido (recuperado).

Considerando ello, la información que se utilizó para realizar los cálculos de entradas, emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría fueron proporcionados por la DGM del MINEM, la Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados de la SUNAT y los titulares mineros entrevistados.

Para calcular la emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría, se tuvo en cuenta las recomendaciones establecidas en el kit de herramientas del PNUMA, es por ello que las expresiones de tasa de actividad y factores de entrada quedaron definidas como se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 10-25: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio"

Fuentes	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Extracción de oro (mena)	Cantidad de mineral (mena) extraído para producir oro (TMF/a)	Concentración de Hg en la mena extraída (mg Hg/t mineral-mena extraída)	Factores predeterminados
Producción de oro	Cantidad de oro producido (g finos/a)	Concentración de Hg en el oro producido (kg Hg/t oro producido)	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, se siguió una metodología diferente a las utilizadas para el zinc y el cobre. En primer lugar, se identificó la producción anual de oro para el 2021 proveniente de métodos de extracción diferentes a la amalgamación; para ello, se asumió que la producción por gravimetría realizada por pequeños productores mineros y mineros artesanales es con amalgamación de mercurio.

En ese sentido, a partir de las estadísticas de producción de la DGM del MINEM, se separó la producción de oro proveniente de procesos de flotación y lixiviación realizados por titulares mineros que pertenecen al régimen general y pequeños productores mineros.

En la siguiente tabla se muestra la producción nacional de oro para el 2021 por estrato y tipo de proceso empleado.

Tabla 10-26: Producción de oro para el 2021 por estrato y tipo de proceso empleado para beneficio

Estrato / proceso	Producción (g finos)	Cantidad de titulares
Pequeño productor minero	13 086 270,4	354,0
Flotación	263 830,7	8,0
Gravimetría	2 202 889,4	325,0
Lixiviación	10 619 550,3	21,0
Productor minero artesanal	1 912,6	3,0
Gravimetría	1 912,6	3,0
Régimen general	84 384 532,9	111,0
Flotación	14 289 973,0	23,0
Gravimetría	2 237 310,5	46,0
Lixiviación	67 857 249,4	42,0
Total general	97 472 716,0	468,0

Fuente: MINEM-DGM, 2021

Elaboración propia

Una vez delimitada la producción de oro por métodos diferentes a la amalgamación, se procedió a cuantificar las entradas de mercurio; para esto se siguió dos caminos. El primero es reservado para las empresas que brindaron información sobre la cantidad de mineral explotado (mena) y, el segundo es para el resto de los titulares mineros que reporta la DGM del MINEM, para los cuales solo se cuenta con datos de producción de oro.

El primer camino consistió en usar como tasa de actividad 1, la cantidad de mineral extraído (mena) y, como factor de entrada, los datos de concentración de mercurio en el mineral, ambos datos proporcionados por los titulares mineros. Para aquellos que no reportaron información sobre concentración de mercurio, se usó los valores del kit de herramientas.

El segundo camino consistió en usar como tasa de actividad 2, la cantidad de oro producido y, como factor de entrada, los valores previstos en el kit de herramientas. Los datos de producción de oro fueron obtenidos de la DGM del MINEM.

La razón para separar la cuantificación de entradas en dos caminos fue para evitar errores en los cálculos, debido a que el kit de herramientas recomienda utilizar un factor de conversión para pasar de cantidad de oro producido (dato de la DGM del MINEM) a cantidad de mena utilizada, lo cual genera una alta variabilidad en los datos, ya que la proporción de oro producido con mena explotada varía entre cada empresa y cada yacimiento.

No obstante, cabe indicar que la empresa GOLD FIELD LA CIMA S.A., aunque no haya reportado datos de cantidad de mena extraída, proporcionó información sobre concentración de mercurio en diferentes puntos de su concesión minera, la cual proviene de estudios geológicos realizados en la zona. Esta información permitió utilizar estos valores máximos y mínimos para establecerlos como factores de entrada propios de su actividad.

En la tabla 10-27 se muestra la cantidad de mena (tasa de actividad 1) y rango de concentración de mercurio (factor de entrada) declarado por los titulares mineros. Por otra parte, en la tabla 10-28 se muestra producción de oro del resto de empresas (tasa de actividad 2) según su estrato.

Tabla 10-27: Cantidad de mena explotada en el 2021 y concentración de mercurio en la mena reportada por titulares mineros

Empresa	Unidad minera	Mena explotada (t)	Concentración de Hg en mena (mg/kg)	Producción de Au (t)
Compañía Minera Coimolache S.A.	Tantahuatay	10 505 026,74	0,39 - 0,50	3,44
Minsur S.A.	Pucamarca	7 748 424,99	-	2,14
Shahuindo S.A.C.	Shahuindo	13 149 281,87	0,62 - 1,16	4,17
Cia. Minera Poderosa S.A.	Marañón	263 181,63	-	4,68
Cia. Minera Poderosa S.A.	Santa María	301 732,05	-	4,61
Minera Aurífera Retamas S.A.	San Andrés	587 352,52	-	7,25
Óxidos de pasco S.A.C.	Óxidos de Pasco	746 701,13	0,67 - 1,49	0,55 *
Gold Fields la Cima S.A.	Cerro Corona	-	0,50 - 3,15	3,67 *
Total		34 219 257,50		30,51

* Dato proveniente de la DGM del MINEM

Fuente: Titulares mineros

Elaboración propia

Tabla 10-28: Producción de oro a nivel nacional en el 2021

Estrato	Producción de oro (t)
Pequeño productor minero	10,88
Régimen general	84,38 *
Total general	95,27

*: Incluye la producción de las empresas que figuran en la tabla 10-27

Fuente: MINEM-DGM, 2021

Elaboración propia

Los factores de entrada pueden estar representados como la concentración de mercurio en la mena extraída o como la concentración de mercurio en el oro producido, y cada uno se utilizará según corresponda el cálculo.

En el caso de los factores de entrada correspondientes a la concentración de mercurio en la mena, esta información fue proporcionada por los titulares mineros (ver tabla 10-27); mientras que, los factores de entrada correspondientes a la concentración de mercurio en el oro producido, fue estimada utilizando un factor de conversión que relaciona la cantidad de mena extraída y la cantidad de oro producido. Este factor es establecido en el kit de herramientas del PNUMA y tiene un valor de 250 000 t de mena extraída por toneladas de oro producido.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada máximos y mínimos según el origen del material. Cabe mencionar que, estos factores han sido actualizados con respecto al primer inventario a partir de la información recopilada.

Tabla 10-29: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción y procesamiento de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio"

Material	Factores de entrada	
	Factor mínimo	Factor máximo
Mena de CIA Coimolache	0,39 g Hg/t mena	0,5 g Hg/t mena
Mena de Shahuindo S.A.C.	0,62 g Hg/t mena	1,16 g Hg/t mena
Mena de Gold Fields	0,50 g Hg/t mena	3,15 g Hg/t mena
Mena de Óxidos de Pasco	0,67 g Hg/t mena	1,49 g Hg/t mena
Mena de otros titulares	1 g Hg/t mena ⁽¹⁾	3,15 g Hg/t mena ⁽²⁾
Au producido por Gold Fields	125 kg Hg/t Au producido ⁽²⁾	787,5 kg Hg/t Au producido ⁽²⁾
Au producido por otros titulares	250 kg Hg/t Au producido ⁽⁴⁾	787,5 kg Hg/t Au producido ⁽⁴⁾

FE= Factor de entrada. FC= Factor de conversión

(1): Valor establecido en el kit de herramientas del PNUMA como factor mínimo de entrada.

(2): Valor máximo del conjunto de datos de concentración recolectado, en este caso, concentración máxima encontrada en mena de "Gold Fields La Cima S.A."

(3): Valor calculado utilizando FC (250) a partir del FE de la mena de "Gold Fields La Cima S.A."

(4): Valor calculado utilizando FC (250) a partir del FE de la mena de "otros titulares"

Fuente: Titulares mineros, 2022; MINAM, 2017 y PNUMA, 2019

Elaboración propia

Finalmente, habiendo identificado las tasas de actividad para cada caso; así como habiendo definido los factores de entrada máximo y mínimo, se procedió a calcular las entradas de mercurio para esta subcategoría. En la tabla 10-30 se muestran las entradas máximas y mínimas calculadas a partir de extracción de mena por parte de titulares mineros; en la tabla 10-31, se muestran las entradas máximas y mínimas calculadas a partir de la producción de oro del resto de titulares mineros; y en la tabla 10-32 se muestra el consolidado de las entradas totales.

Tabla 10-30: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – extracción de mena

Empresa u origen	Mena extraída (t/a) Tasa de actividad 1	Factor de entrada (g Hg/t mena)	Entrada mín. (Kg Hg)	Entrada máx. (Kg Hg)
COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S.A.	10 505 026,74	0,39 – 0,50	4 096,96	5 252,51
SHAHUINDO S.A.C.	7 748 424,99	0,62 – 1,16	4 804,02	8 988,17
MINSUR S.A.	13 149 281,87	1 – 3,15	13 149,28	41 420,24
CIA. MINERA PODEROSA S.A.	564 913,67	1 – 3,15	564,91	1 779,48
MINERA AURIFERA RETAMAS S.A.	587 352,52	1 – 3,15	587,35	1 850,16
ÓXIDOS DE PASCO S.A.C.	746 701,13	0,67 – 1,49	500,29	1 112,58
TOTAL	33 301 700,93	-	23 702,82	60 403,15

Fuente: Titulares mineros, 2022 y MINEM-DGM, 2022

Elaboración propia

Tabla 10-31: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – producción de oro

Empresa u origen	Producción Au (t/a) Tasa de actividad 2	Factor de entrada (Kg Hg/t Au prod.)	Entrada mín. (Kg Hg)	Entrada máx. (Kg Hg)
Pequeño productor minero	10,88	250 – 787,5	2 720,85	8 570,66
Régimen general	54,43 ⁽¹⁾	250 – 787,5	13 606,79	42 426,94
GOLD FIELDS LA CIMA S.A. (2)	3,67	125 – 787,5	458,78	2 890,30
Total	64,76	-	16 189,71	50 997,60

(1): Al total de la producción de oro se le restó la producción de oro de las empresas que brindaron información sobre la mena extraída, incluyendo a GOLD FIELDS LA CIMA S.A.

(2): Se incluye a GOLD FIELDS LA CIMA S.A. en esta tabla porque no se cuenta con información de mena extraída de esta empresa

Fuente: MINEM-DGM, 2021 y titulares mineros

Elaboración propia

Tabla 10-32: Entradas de mercurio de la subcategoría "extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio" – totales

Origen	Entrada mínima (Kg Hg)	Entrada máxima (Kg Hg)
A partir de la extracción de mena	23 702,82	60 403,15
A partir de la producción de oro	16 189,71	50 997,60
Total	39 892,54	111 400,75

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Como se indicó al inicio de la sección, la extracción y procesamiento de oro, sobre todo en la gran minería, puede conllevar a que se genere mercurio metálico como subproducto, ya que este forma parte del mineral y constituye una impureza del producto final. En ese sentido, las empresas recuperan y almacenan el mercurio en condiciones controladas.

Es por ello que, la metodología para calcular las emisiones y liberaciones de esta subcategoría difiere de las anteriores subcategorías (zinc y cobre), ya que esta vez, el cálculo considera la cantidad de mercurio recuperado por las empresas.

En caso solo se conozca qué empresas recuperan mercurio, mas no la cantidad del mercurio recuperado; se busca realizar un ajuste restando las liberaciones de mercurio a la “tierra” que generan las empresas de la gran minería de oro que recuperan mercurio, del total de emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Por otra parte, para el caso en el que sí se conozca la cantidad de mercurio recuperado por las empresas; el cálculo se simplifica a, restar este total de mercurio recuperado de las emisiones y liberaciones de mercurio calculadas para la vía “tierra”.

A continuación, se muestran las ecuaciones para los cálculos de ambos casos.

Ecuación general de la distribución de las emisiones y liberaciones de Hg

$$S1 = 0,04(E1)_{aire} + 0,02(E1)_{agua} + 0,9(E1)_{tierra}$$

Caso 1

$$L = 0,9(E2)_{tierra}$$

$$T = S1 - L = 0,04(E1)_{aire} + 0,02(E2)_{agua} + [0,9(E1) - L]_{tierra}$$

Caso 2

$$L = R_{tierra}$$

$$T = S1 - R = 0,04(E1)_{aire} + 0,02(E1)_{agua} + [0,9(E1) - R]_{tierra}$$

Donde:

- S1: Subtotal de emisiones y liberaciones de mercurio para la subcategoría de extracción de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio.
- E1: entradas de mercurio de todas las empresas de la gran minería de oro.
- E2: entradas de mercurio de las empresas de la gran minería de oro que recuperan mercurio como subproducto.
- L: subtotal de liberaciones a la tierra de las empresas de la gran minería de oro que recuperan mercurio como subproducto.
- T: Valor total ajustado de emisiones y liberaciones de mercurio para la subcategoría de extracción de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio, en donde algunas empresas recuperan mercurio como subproducto.

Para la presente actualización, ya que sí se contó con información de la cantidad de mercurio recuperado por las empresas, se utilizó los cálculos contemplados en el caso 2. En la siguiente

tabla se muestra la cantidad de mercurio recuperado durante el 2021, la cual fue reportada ante la Intendencia Nacional de Insumos Químicos y Bienes Fiscalizados de la SUNAT.

Tabla 10-33: Cantidad de mercurio recuperado durante la extracción y producción de oro sin amalgamación

Titular minero	Mercurio recuperado (t)
MINSUR S.A. (*)	18,5
LA ARENA S.A.	4,9
MINERA BOROO MISQUICHILCA S.A.	2,8
MINERA YANACocha S.R.L.	2,5
SUMMA GOLD CORPORATION S.A.C.	1,7
COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S.A. (*)	1,1
SHAHUINDO S.A.C. (*)	0,5
APUMAYO S.A.C.	0,4
OXIDOS DE PASCO S.A.C. (*)	1,1
ANABI S.A.C.	0,3
MINERA BARRICK PERU S.A.	0,0
ARUNTANI S.A.C.	0,0
TOTAL	33,8

(*): Valores declarados por las mismas empresas

Fuente: SUNAT, 2021

Respecto a los factores de distribución, se utilizó los factores recomendados por el kit de herramientas del PNUMA. Cabe mencionar que el factor de distribución para la vía “producto” es la fracción de mercurio que se moviliza a partir de la comercialización del mercurio recuperado; sin embargo, como en el Perú no se comercializa, se considera cero o nula la distribución por dicha vía. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución.

Tabla 10-34: Factores de distribución de la subcategoría “extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio”

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Producción de oro	0,04	0,02	0,9	0,04*		

*: En caso se recupere mercurio y este se comercialice

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definido los factores de distribución y habiendo identificado la cantidad de mercurio recuperado por los titulares mineros, se procede con el cálculo de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría. En la tabla 10-35 se muestra las emisiones y liberaciones calculadas, sin considerar la recuperación de mercurio, mientras que en la tabla 10-36 se muestra las emisiones y liberaciones ajustadas considerando la recuperación de este metal.

Tabla 10-35: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio” – sin ajustar

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,04)	1 595,7	4 456,0
Agua (0,02)	797,9	2 228,0
Tierra (0,9)	35 903,3	100 260,7
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	38 296,8	106 944,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10-36: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “extracción y procesamiento inicial de oro por métodos distintos a la amalgamación de mercurio” – con ajuste

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,04)	1 595,7	4 456,0
Agua (0,02)	797,9	2 228,0
Tierra (0,9) - ajustado	2 136,3	66 493,7
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	4 529,9	73 177,8

Fuente: Elaboración propia

10.7. Extracción y procesamiento inicial de aluminio

El mineral de aluminio, más conocido como bauxita, se refina para obtener óxido de aluminio trihidratado (alúmina) y luego se reduce electrolíticamente a aluminio metálico (PNUMA, 2019). En el proceso, el mineral y los combustibles que se utilizan pueden contener concentraciones de mercurio en trazas (PNUMA, 2019).

Por ejemplo, la producción de aluminio constituye una de las mayores fuentes de emisión de mercurio a la atmósfera en Australia, país con una importante actividad en este sector (PNUMA, 2019). Sin embargo, en el Perú no se realiza la explotación de bauxita ni se produce aluminio a partir de este; por lo cual, esta no representa una subcategoría de fuente de emisión de mercurio presente en el país.

BORRADOR

10.8. Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos

Esta subcategoría incluye la extracción y procesamiento de otros metales no ferrosos como plata, níquel, cobalto, estaño, antimonio, molibdeno, tungsteno, entre otros; los cuales pueden ser una fuente de emisión y liberación de mercurio.

Cabe resaltar que el kit de herramientas del PNUMA no cuenta con información específica sobre los factores de emisión y distribución para esta subcategoría, por lo que recomienda a los países a determinar sus propios factores.

En ese sentido, las empresas ÓXIDOS DE PASCO S.A.C. y SHAHUINDO S.A.C. brindaron información sobre la concentración de mercurio en la mena para producir plata en sus unidades mineras. Sin embargo, ambas empresas explotan yacimientos polimetálicos (cobre, zinc, plata, plomo y/u oro), por lo que extraen más de un metal de la misma mena.

Por lo tanto, ya que para la subcategoría 2.6. “extracción y procesamiento de oro sin amalgamación” se cuantificó las entradas de mercurio a partir de la mena extraída en estas unidades mineras polimetálicas, no se calculó para esta subcategoría las entradas de mercurio para la plata, de modo que se evitó la duplicidad de resultados.

Por otra parte, no se contó con información adicional que permita estimar las entradas de mercurio para otros minerales no ferrosos. Es por ello que en esta sección solo se deja indicado como referencia, la producción y exportación de los otros metales no ferrosos durante el 2021. En la siguiente tabla se indica la producción y exportación del resto de metales no ferrosos durante el 2021, incluida la plata.

Tabla 10-37: Producción y exportación de metales no ferrosos

Metal no ferroso	Producción de concentrado (t)	Exportación de concentrado (t)	Producción del metal - refinería (t)	Exportación del metal (t)
Arsénico	21 876,4	-	-	-
Bismuto	247,5	-	-	-
Cadmio	278,8	-	636,0	-
Estaño	26 995,3	25 500,0	25 873,9	-
Manganeso	11 390,7	-	-	-
Molibdeno	34 148,0	33 500,0	-	-
Plata	3 333,6	-	166,0	143,1
Selenio	-	-	48,1	-
Total	98 270,3	59 000,0	26 675,8	143,1

Fuente: MINEM-DGM, 2021

Elaboración propia

10.9. Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos

Esta subcategoría está referida a la extracción de hierro a su procesamiento mediante fundición para producir arrabio molido o sólido; el cual constituye la materia prima para la producción de acero u otras formas básicas de hierro, por ejemplo, placas, láminas, bandas, varillas y varas, y otros productos fabricados (PNUMA, 2019).

Es posible que el mercurio sea emitido desde una variedad de puntos en las instalaciones que procesan hierro y acero, principalmente en las fundiciones donde se produce el arrabio. Este proceso utiliza, además del concentrado de hierro como materia prima, combustibles como el coque y otros insumos que pueden contener trazas de mercurio.

En el primer inventario para esta subcategoría se cuantificó las entradas de mercurio a partir del concentrado de hierro producido en el país y el factor de entrada predeterminado en el kit de herramientas del PNUMA.

Sin embargo, para esta actualización, se verificó que, el factor de entrada definido en el kit de herramientas para esta subcategoría está referido a la concentración de mercurio en el arrabio, el cual no es producido por las empresas mineras que extraen hierro, sino por empresas siderúrgicas.

En ese sentido, los cálculos realizados en esta actualización para determinar las entradas, emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría consideraron como tasa de actividad a la producción de arrabio y como factor de entrada la concentración de mercurio en el arrabio establecida por el kit de herramientas. En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 10-38: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "extracción y procesamiento de metales ferrosos"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Producción de arrabio	Cantidad de arrabio producido al año (t/a)	Concentración de Hg en el arrabio producido (mg Hg/kg arrabio)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

En el Perú se identificó que las principales siderúrgicas que producen arrabio son EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. y ACEROS AREQUIPA S.A.A; no obstante, para calcular las entradas de mercurio se tuvo que estimar la tasa de actividad, ya que no se contó con información específica sobre la producción de arrabio.

Asimismo, se tuvo que realizar asunciones para poder estimar la producción de arrabio en el país. Estas asunciones se basaron de la información proporcionada por EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A., quien brindó información sobre su producción anual de acero y la cantidad de chatarra utilizada como materia prima entre el 2018 y 2021.

En la tabla 10-39 se muestran la información brindada por EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. sobre su producción de acero; mientras que en la tabla 10-40, se muestra información que se deduce de la primera, la cual permitió realizar las asunciones posteriores.

Tabla 10-39: Producción de acero de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. del 2018 al 2021

Información	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021
Producto total (t)	480 154,0	517 883,0	422 402,0	561 537,0
Aceros largos (t)	431 295,0	465 402,0	377 969,0	510 726,0
Aceros planos (t)	48 859,0	52 481,0	44 433,0	50 811,0
Producto del reciclaje (t)	305 000,0	331 000,0	286 000,0	349 755,0
Acero reciclado (t)	305 000,0	331 000,0	286 000,0	349 755,0
Materia prima del reciclaje (t)	344 417,0	374 583,0	322 848,7	393 619,7
Chatarra nacional (t)	315 575,0	308 569,0	247 513,7	283 469,5
Chatarra importada (t)	28 842,0	66 014,0	75 334,9	110 150,2

Fuente: EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A., 2022.

Elaboración propia

Tabla 10-40: Relaciones deducidas a partir de la producción de acero de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. del 2018 al 2021

Relación	2018	2019	2020	2021
% de acero reciclado respecto al total	64%	64%	68%	62%
t Chatarra/t acero producido	1,13	1,13	1,13	1,13

Fuente: EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A., 2022

Elaboración propia

A partir de las relaciones encontradas en la producción de acero de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. y, con el fin de estimar la producción de arrabio de esta empresa y la de ACEROS AREQUIPA S.A.A., que son las principales siderúrgicas del país, se realizaron las siguientes asunciones:

- La relación “arrabio usado” y “acero producido” es la misma a la relación de “chatarra usada” y “acero producido”, es decir 1,13.
- El % de acero reciclado respecto al total de acero producido de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. es el mismo para ACEROS AREQUIPA S.A.A.
- El arrabio utilizado para producir el acero fue producido por las siderúrgicas en su totalidad; es decir, no se considera importaciones de arrabio.

Considerando estas asunciones, se estimó la producción de arrabio de EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. y ACEROS AREQUIPA S.A.A. En la siguiente tabla se muestra la estimación de arrabio para cada empresa.

Tabla 10-41: Estimación de la producción de arrabio de las principales siderúrgicas del país

Resultados a partir de las asunciones	2018	2019	2020	2021
SIDER PERÚ S.A.A.				
Acero producido a partir de arrabio (t)	175 154,0	186 883,0	136 402,0	211 782,0
Arrabio utilizado para producir acero (t)	197 712,3	210 951,8	153 969,4	239 057,7
ACEROS AREQUIPA				
Acero producido a partir de arrabio (t)	-	-	-	426 930,5
Arrabio utilizado para producir acero (t)	-	-	-	481 915,3

Fuente: EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A., 2022; y ACEROS AREQUIPA S.A.A., 2022

Elaboración propia

Al respecto, se debe indicar que, aunque las asunciones puedan conllevar inexactitud en la estimación de las entradas de mercurio, los resultados que se obtienen se ajustan más a la realidad que los encontrados en el primer inventario, ya que, para dicha ocasión se utilizó

como factor de entrada la producción de concentrado de hierro producido a nivel nacional, sin restar las exportaciones; lo cual conllevó a una sobreestimación de las entradas de mercurio.

Continuando con la estimación de las entradas de mercurio, se definió que el factor de entrada sea el predeterminado por el kit de herramientas del PNUMA. Cabe indicar que, a diferencia de otras subcategorías, el kit de herramientas definió un único factor de entrada, es decir, sin definir uno máximo y uno mínimo.

Para homogenizar los resultados con las otras subcategorías, se consideró como factor máximo y mínimo el mismo valor. En la siguiente tabla se muestra el factor de entrada definido.

Tabla 10-42: Factores de entrada de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de arrabio)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Producción de arrabio	0,05	0,05

Fuente: PNUMA, 2019. Elaboración propia

Una vez definida la tasa de actividad y el factor de entrada, se procede a realizar la estimación de las entradas de mercurio durante el 2021. En la siguiente tabla se presentan las entradas de mercurio máximas y mínimas por empresa.

Tabla 10-43: Entradas de mercurio de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"

Empresa	Arrabio producido (t/a) Tasa de actividad	Entrada min. (kg Hg)	Entrada max. (kg Hg)
EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A.	239 057,7	12,0	12,0
ACEROS AREQUIPA S.A.	481 915,3	24,1	24,1
Total	720 973,0	36,0	36,0

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría, el kit de herramientas considera que la mayor parte de estas se dan hacia la atmósfera como consecuencia del proceso de fundición para producir arrabio. En la siguiente tabla se presentan los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

Tabla 10-44: Factores de distribución de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"

Proceso	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Producción de arrabio	0,95					0,05

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez definidos los factores de distribución, se procede con el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se presentan las emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 10-45: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Extracción primaria y procesamiento de metales ferrosos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,95)	34,2	34,2
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,05)	1,8	1,8
Total	36,0	36,0

Fuente: Elaboración propia

10.10. Resumen de resultados de categoría 2

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 2.

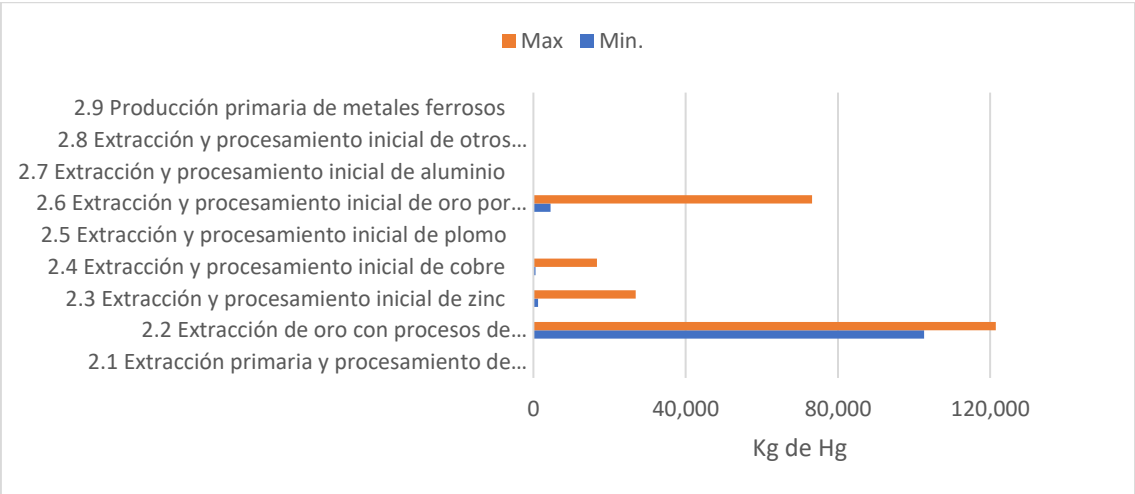
Tabla 10-46: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 2

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
2. Producción primaria de metales	79 599,3	100 363,0	13 794,8	18 692,7	14 071,4	80 872,4	735,0	18 291,5	0,0	0,0	806,8	20 035,3	109 007,3	238 254,8
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	77 794,4	91 517,6	12 962,0	15 593,6	11 935,1	14 378,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102 691,4	121 489,9
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	119,3	2 683,8	23,9	536,8	0,0	0,0	501,0	11 272,1	0,0	0,0	548,7	12 345,6	1 192,8	26 838,3
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	55,7	1 671,3	11,1	334,3	0,0	0,0	234,0	7 019,4	0,0	0,0	256,3	7 687,9	557,1	16 712,8
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	1 595,7	4 456,0	797,9	2 228,0	2 136,3	66 493,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4 529,9	73 177,8
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	34,2	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8	36,0	36,0

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 10-1, muestra que la subcategoría que aportó mayores emisiones máximas y mínimas de mercurio fue “Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio”, mientras que la segunda fue “Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio”, considerando todas las vías de distribución.

Gráfico 10-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 2



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la subcategoría 6 “Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio”, se observa una gran diferencia entre las emisiones mínimas y máximas; esto se debe a que, si bien se utilizaron factores de entradas nacionales, existió una diferencia significativa entre los factores mínimos y máximos.

Por otra parte, en el gráfico x-x se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fue el “aire” y el “tratamiento específico de residuos”.

Gráfico 10-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 2



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 10-47 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 10-48 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 10-47: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
2. Producción primaria de metales	29 323,1	79 599,3	6 110,9	13 794,8	17 834,1	14 071,4	2 307,4	735,0	0,0	0,0	1 112,0	806,8	56 687,4	109 007,3
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	27 402,2	77 794,4	5 407,7	12 962,0	5 029,3	11 935,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37 839,2	102 691,4
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	155,0	119,3	24,9	23,9	0,0	0,0	522,7	501,0	0,0	0,0	575,9	548,7	1 278,5	1 192,8
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	112,6	55,7	22,5	11,1	0,0	0,0	473,1	234,0	0,0	0,0	518,1	256,3	1 126,3	557,1
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	1 311,6	1 595,7	655,8	797,9	12 804,8	2 136,3	1 311,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16 083,8	4 529,9
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	341,7	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	1,8	359,6	36,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10-48: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2

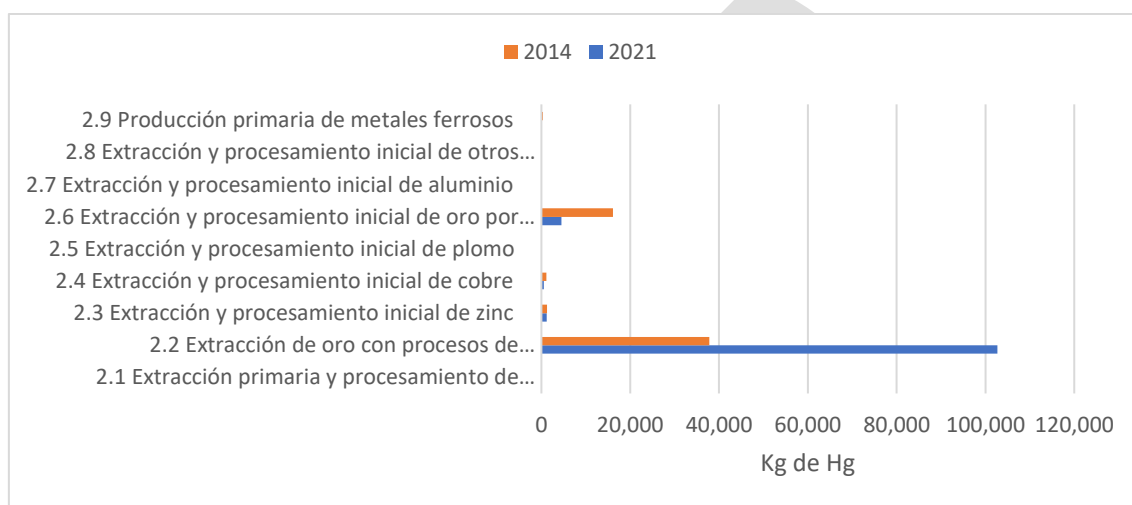
Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
2. Producción primaria de metales	59 332,8	100 363,0	14 378,3	18 692,7	117 070,4	80 872,4	37 232,4	18 291,5	0,0	0,0	28 518,8	20 035,3	256 532,8	238 254,8
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	40 844,2	91 517,6	7 502,6	15 593,6	6 949,6	14 378,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55 296,3	121 489,9
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	3 488,3	2 683,8	560,1	536,8	0,0	0,0	11 761,0	11 272,1	0,0	0,0	12 957,6	12 345,6	28 766,9	26 838,3
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	3 379,0	1 671,3	675,8	334,3	0,0	0,0	14 191,7	7 019,4	0,0	0,0	15 543,3	7 687,9	33 789,7	16 712,8
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	11 279,8	4 456,0	5 639,9	2 228,0	110 120,9	66 493,7	11 279,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	138 320,3	73 177,8
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	341,7	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	1,8	359,6	36,0

Fuente: Elaboración propia

En los gráficos 10-3 y 10-4 se puede observar que del 2014 al 2021 las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio aumentaron de 56 687 a 109 007 kg (92%), mientras que las máximas disminuyeron de 256 035 a 238 254 kg (7%)

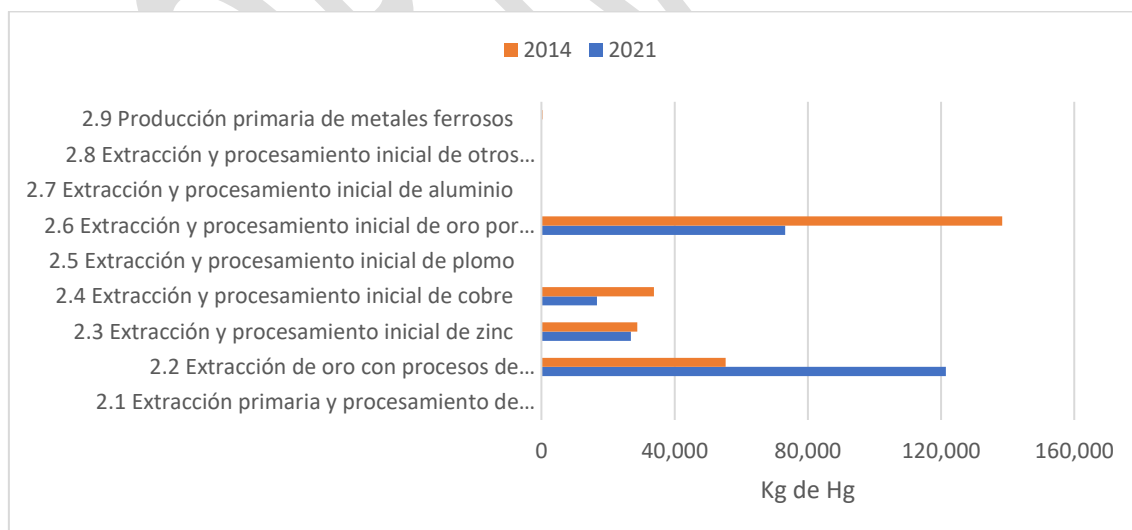
La subcategoría “Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio” fue la que representó los mayores incrementos de las emisiones y liberaciones máximas y mínimas (171% y 120% respectivamente). Este incremento se puede deber a un incremento en el uso de esta sustancia por parte de la MAPE o al sinceramiento en los reportes sobre el uso de mercurio por parte de la MAPE, ya que para el 2021, ha incrementado el número de mineros formalizados o en vía de formalización con respecto al 2014.

Gráfico 10-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 2



Fuente: Elaboración propia

11. CATEGORÍA 3: Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio

Esta categoría principal incluye cuatro subcategorías, las cuales son la producción de cemento, pulpa y papel, cal y agregados ligeros y otros minerales no metálicos. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 11-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio"

	Subcategoría	¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
3.1	Producción de cemento	S	X	X	x	x	x	EN/FP
3.2	Producción de pasta y papel	S	X	x	x		x	FP
3.3	Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	S	X			x		FP
3.4	Otros minerales y materiales	S						EN/FP

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

11.1. Producción de cemento

Las emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría provienen del mercurio presente en las materias primas utilizadas en la producción del cemento: caliza, yeso, carbón, petróleo, etc. (PNUMA, 2019), y de los residuos utilizados a veces como combustible (coincineración de residuos). Esta subcategoría es una fuente potencial de emisiones de mercurio que involucra materiales con bajas concentraciones de mercurio, pero en cantidades muy grandes.

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría se requirió información de las empresas cementeras del país, así como de información nacional proporcionada por la OGEIEE de PRODUCE. Dicha información permitió determinar la tasa de actividad; mientras que los factores de emisión y distribución fueron recogidos del kit de herramientas del PNUMA.

En ese sentido, en la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 11-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de cemento"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Producción de cemento	Cantidad de cemento producido al año (t/a)	Concentración de Hg en el cemento producido (mg Hg/kg cemento)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la tasa de actividad de esta subcategoría. Para ello se contó con la siguiente información.

- Se identificó tres empresas predominantes en la producción de cemento durante el año 2021: CEMENTOS PACASMAYO S.A.A., UNACEM y YURA S.A.
- Las tres empresas pertenecen a la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM). La producción de ASOCEM durante el año 2021 representó el 93.4% aproximadamente de la producción nacional. Dado el porcentaje tan representativo, su data fue utilizada para la cuantificación de emisiones y liberaciones de mercurio en el presente documento.
- Solo UNACEM brindó información propia sobre su producción correspondiente al periodo 2018-2020. En ella indicó que no aplica co-incineración de residuos dentro de sus procesos.
- Desde el año 2018 hasta el año 2020, UNACEM ha sido responsable de aproximadamente el 50% de la producción de cemento de ASOCEM (51% en 2018, 50.5% en 2019 y 48.9% en 2020). Considerando el importante porcentaje de participación de la empresa en la producción nacional, la información brindada por ellos se utilizó para extrapolar en circunstancias en las que no se poseía data específica.

Considerando lo descrito anteriormente, en la siguiente tabla se muestra los datos de producción cementera para el 2021, indicando si aplican o no co-incineración de residuos dentro de sus procesos.

Tabla 11-3: Producción de cemento registrada y estimada para el 2021

Empresas	¿Co-incineración?	% de producción	Producción (t)
ASOCEM	-	93,4%	12 855 000,0
UNACEM	No	50,0%	6 427 500,0
Otros ⁽¹⁾	Se desconoce	50,0%	6 427 500,0
No Asociadas	-	6,6%	908 383,3
No Asociadas	Se desconoce	100,0%	908 383,3
Total	-	100,0%	13 763 383,3

⁽¹⁾: Incluye a las empresas: CEMENTOS PACASMAYO S.A.A., UNACEM y YURA S.A.

Fuente: UNACEM, 2021; ASOCEM, 2022

Elaboración propia

Por otra parte, respecto a los factores de entrada de mercurio, se utilizó los factores predeterminados por el kit de herramientas del PNUMA, debido a que no se contó con información propia de la concentración de mercurio en el cemento. En la siguiente tabla se muestran los factores de entrada determinados.

Tabla 11-4: Factores de entrada de la subcategoría "Producción de cemento"

Proceso de calcinación en hornos	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de cemento)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Hornos sin co-incineración de residuos	0,004	0,5
Hornos con co-incineración de residuos	0,06	1

Fuente: PNUMA, 2019

Como se observa en la tabla anterior, el kit de herramientas ofrece factores de entrada para los escenarios en los que se aplica y no se aplica la co-incineración de residuos. En el caso de las empresas donde se desconoce si se aplica la co-incineración, se asume que dicha práctica sí se realiza. Por lo tanto, se requiere hacer dos cálculos (escenarios) diferenciados para cuantificar las entradas de mercurio.

En la siguiente tabla se presenta la estimación de las entradas de mercurio para cada escenario, es decir, sin co-incineración y con co-incineración de residuos.

Tabla 11-5: Entradas de mercurio de la subcategoría "producción de cemento"

Escenarios	Producción de cemento Tasa de actividad (t/a)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
Escenario 1: Sin co-incineración	6 427 500,0	25,7	3 213,8
Escenario 1: Con co-incineración	7 335 883,3	440,2	7 335,9
Total	13 763 383,3	465,9	10 549,6

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Como se mencionó anteriormente, uno de los principales factores para conocer cómo se distribuyen las emisiones y liberaciones son los sistemas de control de emisiones que poseen los hornos. El kit de herramientas distingue los sistemas de control en tres (03) categorías, "ninguno", "con control de emisiones y sin reciclaje de partículas (polvo)" y "con control de emisiones y con reciclaje de partículas (polvo)", y que a su vez, estos se dividen según el tipo de tecnología.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos.

Tabla 11-6: Factores de distribución de la subcategoría "Producción de cemento"

Proceso	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Ningún control	0,8		0,2			0,1
Con control de emisiones y sin reciclaje						
Control simple de MP	0,6		0,2			0,2
Control optimizado de MP	0,4		0,2			0,4
Control eficiente de contaminantes	0,2		0,2			0,6
Control específico de Hg	0,04		0,2			0,76
Con control de emisiones y con reciclaje						
Control simple de MP	0,7		0,3			
Control optimizado de MP	0,6		0,4			
Control eficiente de contaminantes	0,5		0,5			
Control específico de Hg	0,04		0,5			0,46

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización solo la empresa UNACEM reportó que aplica un sistema de filtro de mangas para material particulado, sin reciclaje, como sistema de reducción de emisiones; el resto de las empresas no aportó dicha información. En ese sentido, se asumió que todas las empresas restantes aplican un sistema de control equivalente.

En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 11-7: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "producción de cemento"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,6)	279,5	6 329,8
Agua	0,0	0,0
Tierra (0,2)	93,2	2 109,9
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,2)	93,2	2 109,9
Total	465,9	10 549,6

Fuente: Elaboración propia

11.2. Producción de pulpa y papel

La pulpa se produce a partir de la madera cruda por medios químicos o mecánicos, o por una combinación de ambos. La fuente de entrada de mercurio es a partir de cantidades trazas de mercurio que puede contener la materia prima (madera), los combustibles utilizados para la producir energía y los productos químicos empleados en los procesos (PNUMA, 2019).

En el Perú, si bien existen papeleras que fabrican papel, están no producen pulpa a partir de la madera u otro tipo de biomasa; sino que utilizan pasta reciclada proveniente del papel reciclado o pasta importada.

En ese sentido, considerando que el kit de herramientas del PNUMA define que la fuente de entrada de mercurio se da durante la producción de la pulpa a partir de la madera cruda y, que no se han identificado plantas productoras de pulpa en el país; no se ha considerado el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría.

Sin embargo, para fines referenciales, se deja indicado en la siguiente tabla, la información proporcionada por las principales papeleras del país sobre su producción, uso de pasta reciclada y sus sistemas de control de emisiones.

Tabla 11-8: Producción de papel durante el 2021

Empresa	Pasta reciclada utilizada (t)	Pulpa producida y utilizada (t)	Papel producido (t)	Control de emisiones
Papelera Nacional S.A.	43 868,3	-	32 214,0	-
Papelera Reyes S.A.C.	18 508,2	-	14 237,0	-
Papelera Zarate S.A.C.	7 138,5	-	4 923,7	-
Papelera Softys (Planta Santa Anita)	-	-	51 319,0	Extractor de polvillo
Papelera Softys (Planta Cañete)	-	-	43 535,1	Extractor de polvillo
Total	69 515,0	-	146 228,8	-

Fuente: Papeleras, 2022

11.3. Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos

La cal se produce por la calcinación del carbonato de calcio (CaCO_2) contenido en la caliza (piedra caliza). Un proceso similar sigue la dolomita, la cual también se calcina para producir lo que se conoce como cal dolomita. Ambos productos son ampliamente utilizados en diferentes industrias.

Por otra parte, los agregados ligeros utilizan diversos minerales como materia prima, tales como arcilla, esquisto o pizarra, y posteriormente estos agregados pueden ser utilizados para producir concreto. Al igual que la cal, estos agregados son producidos mediante la calcinación de la materia prima a altas temperaturas.

Ambos procesos (cal y agregados ligeros) requieren que la materia prima sea calcinada en hornos, por lo que se utilizan combustibles como el carbón o gas natural. Precisamente, la combustión de los combustibles es la que constituye una fuente de emisión de mercurio. No obstante, la materia prima utilizada (minerales) también pueden contener cantidades trazas de mercurios que son liberadas durante la calcinación.

Cabe indicar que, en el primer inventario no se calculó las entradas de mercurio para esta subcategoría por no contar con factores de emisión propios y que el kit de herramientas no estableció factores predeterminados.

Para esta actualización, si bien tampoco se cuenta con factores propios ni uno propuesto por el kit de herramientas, se vio conveniente proponer una metodología que permita obtener una estimación de las entradas, emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría.

En ese sentido, en la siguiente tabla se indica el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para las estimaciones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 11-9: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros en hornos livianos"

Fuentes	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Producción de cal	Cantidad de caliza y dolomita utilizada para producir cal (t/a)	Concentración de Hg en la caliza o dolomita (mg Hg/t caliza o dolomita)	Factores predeterminados
Producción de agregados ligeros	Cantidad de minerales no metálicos utilizados para producir agregados ligeros (t/a)	Concentración de Hg en minerales (mg Hg/t mineral no metálico)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Ya que no se cuenta con información primaria sobre la concentración de mercurio en la materia prima para producir cal, ni con factores de entrada predefinidos en el kit de herramientas del PNUMA; la estimación de entradas de mercurio siguió una metodología preparada para esta actualización, específicamente para esta subcategoría; la cual siguió los pasos descritos a continuación.

Primero se determinó la cantidad de caliza y dolomita consumida a nivel nacional en el 2021, para ello a la producción de estos minerales (MINEM-DGM) se le restó las exportaciones (SUNAT-ADUANAS) y se le sumó las importaciones (SUNAT-ADUANAS). En la siguiente tabla se presenta los cálculos descritos

Tabla 11-10: Producción, exportación y consumo de caliza/dolomita a nivel nacional

Actividad	Caliza/dolomita (t)	Porcentaje (%)
Producción	29 695 877,3	100%
Amazonas	5 369,0	0%
Ancash	32 497,7	0%
Arequipa	3 102 765,2	10%
Cajamarca	1 937 124,5	7%
Huancavelica	631,0	0%
Huánuco	35 698,8	0%
Ica	91 087,1	0%
Junín	18 069 845,7	61%
La libertad	6 226,9	0%
Lima	6 034 707,8	20%
San Martin	379 923,6	1%
Exportación	- 12,0	100%
Dolomita (cruda)	- 12,0	100%
Importación	2 336,5	100%
Dolomita (cruda)	2 336,5	100%
Total	29 698 201,8	

Fuente: MINEM-DGM, 2021; SUNAT-ADUANAS, 2021

Elaboración propia

Segundo, se estimó la cantidad de caliza utilizada para producir el total de cal producido en el país durante el 2021. Para esto se consideró lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, el cual indica que para producir una tonelada de cal se requiere 2 toneladas de caliza, es decir que existe una relación de 2:1.

A partir de ello y conociendo que la producción de cal en el 2021 fue de **942 966,0 toneladas**, según el anuario estadístico de industria de PRODUCE, la cantidad de caliza/dolomita que se utilizó para producir cal en el país fue de **1 885 932 toneladas**.

Tercero, debido a que no se conoce el origen de la caliza que llegan a los hornos donde se produce la cal, se asumió que la caliza que se utilizó como materia prima provino de todas las regiones del país, de acuerdo con su porcentaje de participación en la producción total de caliza y dolomita (ver tabla 11-10). En la siguiente tabla se presenta la cantidad de caliza/dolomita proveniente de los departamentos del país que se utilizó para producir cal.

Tabla 11-11: Caliza/dolomita utilizada para producir cal a nivel nacional en el 2021

Departamento	% Producción de caliza nacional	Caliza/dolomita (t)
Junín	61%	1 147 583,5
Lima	20%	383 253,5
Arequipa	10%	197 051,1
Cajamarca	7%	123 023,3
Otros	2%	35 020,6
Total	100%	1 885 932,0

Fuente: Elaboración propia

Cuarto, ya que se conoce (a partir de una asunción) los departamentos de donde fue extraída la caliza/dolomita para producir cal, se buscó establecer factores de entradas propios para cada departamento. Al respecto, ningún Titular brindó información sobre la concentración de mercurio en los minerales que explotan y tampoco se cuenta con factores de entrada preestablecidos en el kit de herramientas.

En ese sentido, con el fin de no obviar las entradas de mercurio de esta subcategoría, se optó por utilizar como factores de entrada, las concentraciones de mercurio reportadas por titulares mineros (minería metálica) en el material geológico donde se ubican sus unidades mineras (ver tabla 10-27). En la siguiente tabla se muestra estas concentraciones por unidad minera y el departamento donde se encuentran

Tabla 11-12: Concentración de mercurio en material geológico reportado por titulares mineros (minería metálica)

U.M. metálica	Departamento	Concentración de Hg (mg/kg)
U.M. Tantauatay	Cajamarca	0,39 - 0,5
U.M. Shahuindo	Cajamarca	0,62 - 1,16
U.M. Cerro Corona	Cajamarca	0,5 - 3,15
U.M. Óxidos de Pasco	Pasco	0,67 - 1,49

Fuente: Titulares mineros, 2022

Elaboración propia

Quinto, se procede a establecer los factores de entrada de mercurio por departamento según la cercanía entre los departamentos donde se produce caliza/dolomita (estimación) y los departamentos donde se cuenta con información sobre la concentración de mercurio en su material geológico. Cabe indicar, que para aquellos departamentos que no se encuentran cerca, se consideró factores de entrada y salida igual a cero. En la siguiente tabla se muestran los factores máximos y mínimos establecidos para cada departamento donde se produce caliza/dolomita.

Tabla 11-13: Factores de entrada de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos"

Departamento	Factores de entrada (g Hg/t de material geológico)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Junín	0,67	1,49
Lima	0	0
Arequipa	0	0
Cajamarca	0,5	3,15
Otros	0	0

Fuente: Titulares mineros, 2022

Elaboración propia

Finalmente, se procedió a calcular las entradas de mercurio máximas y mínimas. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 11-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos"

Departamento	Caliza/dolomita (t/a) Tasa de actividad	Entrada mínima (Kg Hg)	Entrada máxima (Kg Hg)
Junín	1 147 583,5	768,9	1 709,9
Lima	383 253,5	0,0	0,0
Arequipa	197 051,1	0,0	0,0
Cajamarca	123 023,3	61,5	387,5
Otros	35 020,6	0,0	0,0
Total	1 885 932,0	830,4	2 097,4

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Al igual que la producción de cemento, las emisiones de mercurio se dan principalmente a la atmósfera durante la calcinación de la materia prima en los hornos. Sin embargo, esta puede variar de acuerdo con los sistemas de control de emisiones con los que cuentan los hornos de cada empresa.

En ese sentido, ya que el kit de herramientas no establece factores de distribución predeterminados, los factores de distribución que se establecieron para esta subcategoría fueron los mismos que se utilizaron para la subcategoría “producción de cemento”

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución considerados para el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría.

Tabla 11-15: Factores de distribución de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos"

Sistemas de control	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Ningún control	0,8		0,2			0,1
Control simple de MP	0,6		0,2			0,2
Control optimizado de MP	0,4		0,2			0,4
Control eficiente de contaminantes	0,2		0,2			0,6
Control específico de Hg	0,04		0,2			0,76

MP: Material particulado

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio, se asumió que las empresas productoras de cal poseen al menos un control simple del material particulado en sus hornos. En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas para esta subcategoría.

Tabla 11-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,6)	498,2	1 258,5
Agua (0,2)	0,0	0,0
Tierra	166,1	419,5
Productos (0,2)	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,46)	166,1	419,5
Total	830,4	2 097,4

Fuente: Elaboración propia

11.4. Otros minerales y materiales

En esta subcategoría se incluyen los procesos extractivos y productivos del resto de minerales no metálicos que puedan ser una fuente potencial de mercurio.

Al respecto, el kit de herramientas del PNUMA no cuenta con información sobre factores de entrada ni distribución y, tampoco se cuenta con información propia que permita conocer la concentración de mercurio en alguno de estos materiales o su cadena de producción.

En ese sentido, no fue posible estimar las entradas de mercurio; sin embargo, en la siguiente tabla se presenta, de manera referencial, la producción minera no metálica nacional del 2021.

Mineral	Producción (t)
Andalucita	1 067 674,2
Andesita	35 054,0
Arcillas	1 446 317,7
Arena (gruesa/fina)	1 479 155,0
Arenisca / cuarcita	37 871,1
Baritina	10 361,0
Bentonita	56 199,3
Boratos / ulexita	246 362,0
Calcita	1 612 759,0
Caliza / dolomita	29 695 877,3
Caolín	13 141,6
Conchuelas	1 478 478,8
Diatomitas	94 860,0
Dolomita	8 505,1
Feldespatos	27 273,7
Fosfatos	10 776 136,0
Granito	15 626,0
Granodiorita ornamental	890,0
Hormigón	4 662 307,4
Mármol	280,0
Mica	143,0
Onix	25,0
Piedra (construcción)	2 040 295,4
Piedra laja	3 393,0
Pirofilita	27 315,8
Pizarra	49 682,0
Puzolana	1 121 521,0
Sal	1 175 828,3
Sílice	583 534,5
Sulfatos	238,0
Talco	23 039,0
Travertino	436 344,1
Yeso	435 459,0
Total	58 661 947,4

Fuente: MINEM-DGM, 2021.

Elaboración propia

11.5. Resumen de resultados de categoría 3

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 3.

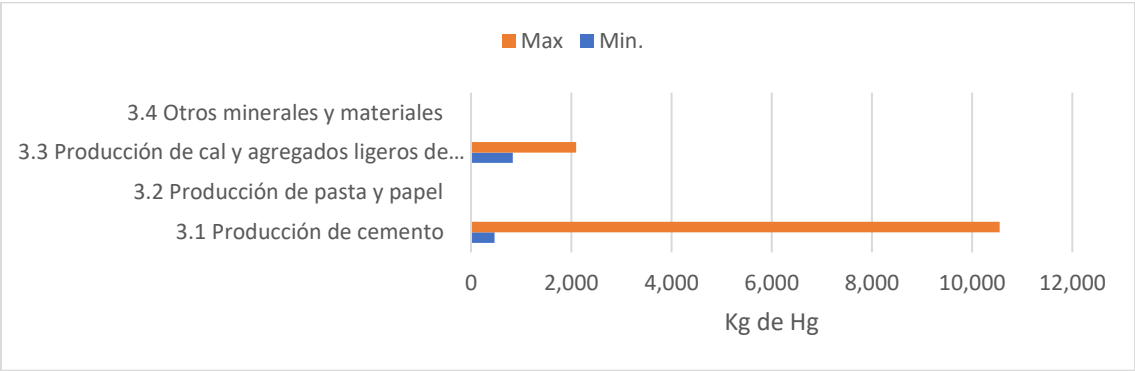
Tabla 11-17: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	777,8	7 588,2	0,0	0,0	166,1	419,5	93,2	2 109,9	0,0	0,0	259,3	2 529,4	1 296,3	12 647,1
3.1 Producción de cemento	279,5	6 329,8	0,0	0,0	0,0	0,0	93,2	2 109,9	0,0	0,0	93,2	2 109,9	465,9	10 549,6
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	498,2	1 258,5	0,0	0,0	166,1	419,5	0,0	0,0	0,0	0,0	166,1	419,5	830,4	2 097,4
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 11-1 muestra que la subcategoría que aportó mayores emisiones máximas de mercurio fue “Producción de cemento” (10 549,6 kg), mientras que la subcategoría “Producción de cal y agregados ligeros de hornos” fue la que aportó mayores emisiones mínimas (830,4 kg), considerando todas las vías de distribución.

Gráfico 11-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3

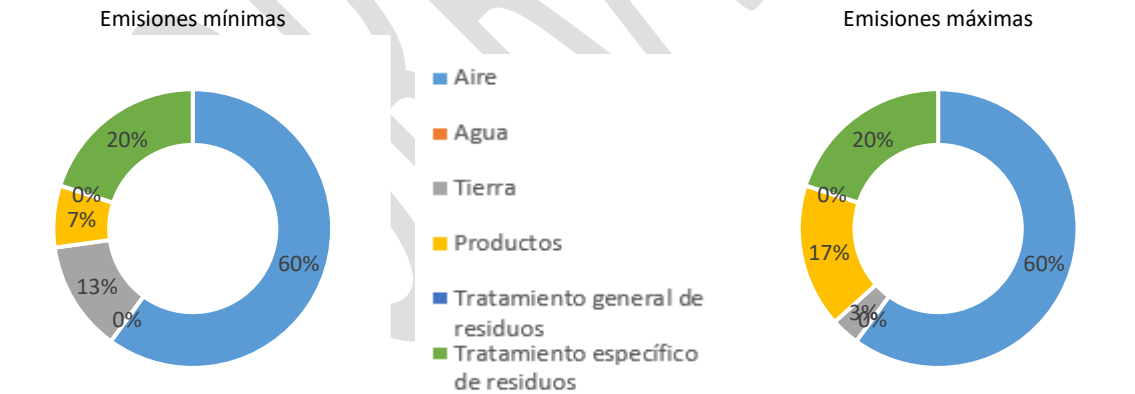


Fuente: Elaboración propia

Para esta categoría, tanto en el 2014, como en el 2021, no fue posible cuantificar las emisiones de las subcategorías “producción de pasta y papel” y “otros minerales y materiales” ya que no se contó factores de entrada adecuados.

Por otra parte, en el gráfico 11-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas de mercurio fueron el “aire” y el “tratamiento específico de residuos”.

Gráfico 11-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 11-18 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 11-19 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 11-18: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	183,4	777,8	0,0	0,0	0,0	166,1	78,6	93,2	0,0	0,0	0,0	259,3	262,0	1 296,3
3.1 Producción de cemento	183,4	279,5	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	93,2	0,0	0,0	0,0	93,2	262,0	465,9
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	-	498,2	-	0,0	-	166,1	-	0,0	-	0,0	-	166,1	-	830,4
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11-19: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	5 051,6	7 588,2	0,0	0,0	0,0	419,5	2 165,0	2 109,9	0,0	0,0	0,0	2 529,4	7 216,6	12 647,1
3.1 Producción de cemento	5 051,6	6 329,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2 165,0	2 109,9	0,0	0,0	0,0	2 109,9	7 216,6	10 549,6
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	-	1 258,5	-	0,0	-	419,5	-	0,0	-	0,0	-	419,5	-	2 097,4
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

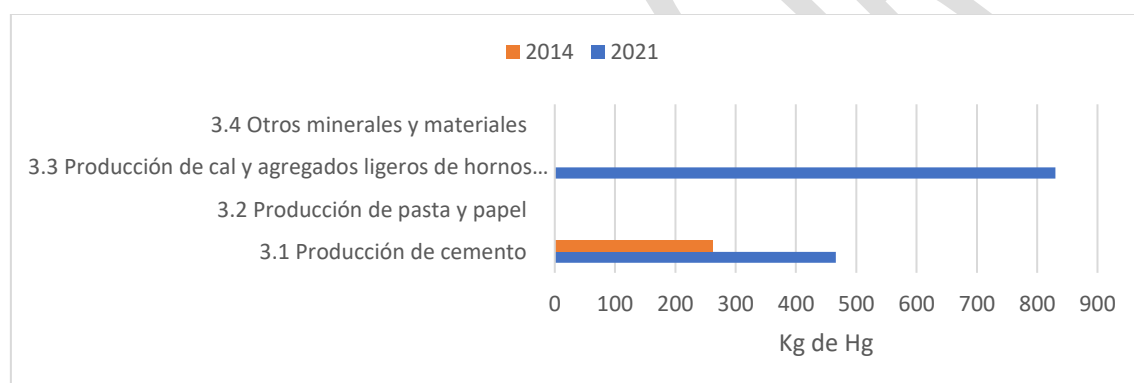
Fuente: Elaboración propia

A diferencia del 2014, la presente actualización (año base 2021), logró cuantificar las emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos”.

Por otra parte, en los gráficos 11-3 y 11-4 se puede observar que las emisiones mínimas y máximas aumentaron del 2014 al 2021. Las emisiones mínimas de esta categoría, incluyendo “Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos” aumentaron de 262 a 1 296 kg de mercurio (395%), mientras que las emisiones máximas aumentaron de 7 216,1 a 12 647 kg de mercurio (75%).

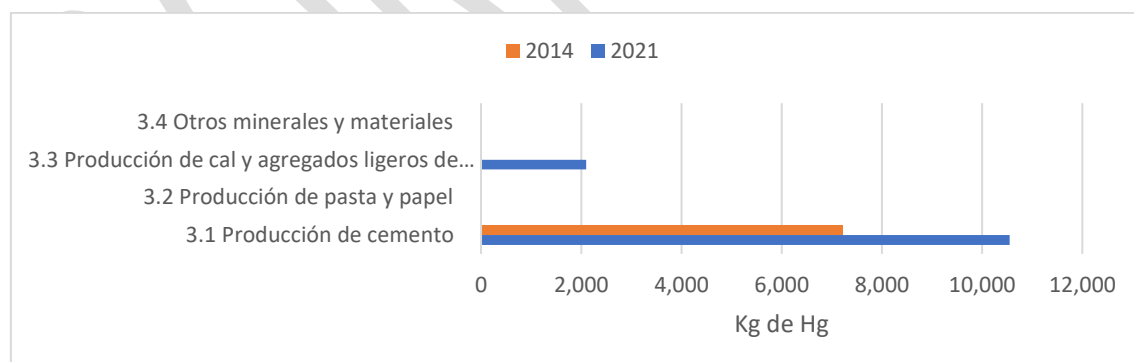
Sin considerar el incremento debido a la inclusión de la subcategoría “Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos”, la subcategoría “producción de cemento” presentó un incremento en sus emisiones y liberaciones de mercurio máximas y mínimas (78% y 46% respectivamente). Esto se debe a que la producción de cemento aumentó del 2014 al 2021 y los factores de entrada fueron los mismos en los cálculos de ambos años.

Gráfico 11-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 3



Fuente: Elaboración propia

12. CATEGORÍA 4: Uso deliberado de mercurio en procesos industriales

Esta categoría principal incluye cuatro subcategorías, entre las cuales la producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio es la predominante en el Perú. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 12-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "uso deliberado de mercurio en procesos industriales"

Subcategoría		¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
4.1	Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	S	X	X	X	X	X	FP
4.2	Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio (HgCl ₂)	N						
4.3	Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio (HgSO ₄)	N						
4.4	Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	N						

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

12.1. Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio

En una instalación de producción de cloro-álcali, se puede utilizar celdas de mercurio en donde el mercurio elemental se usa como electrodo en un proceso electrolítico para la producción de cloro e hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH). Cabe mencionar que existen otros métodos para la producción de cloro-álcali.

En el Perú la empresa QUIMPAC S.A. es la única empresa que se dedica a la elaboración de cloro-álcali. Esta empresa cuenta con dos plantas ubicadas en Oquendo (Provincia Constitucional del Callao) y Paramonga (provincia de Barranca); ambas utilizan el proceso de electrólisis por celdas de mercurio para producir cloro y soda caustica.

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio, se siguió las recomendaciones establecidas en el kit de herramientas del PNUMA y se utilizó la información brindada por la empresa QUIMPAC S.A. A partir de ambas, se obtuvieron los valores de tasa de actividad y factores de entrada específico.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos de emisiones de mercurio de esta subcategoría.

Tabla 12-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio"

Fuentes	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Producción de cloro-álcali	Cantidad de Cl ₂ producido	Cantidad de Hg que ingresa al proceso por unidad de Cl ₂ producido	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

El kit de herramientas del PNUMA establece que, para calcular la cantidad mercurio que entra al sistema, es necesario conocer la cantidad de Cl₂ producido en el 2021 (tasa de actividad) y la cantidad de mercurio que se suministra por unidad de Cl₂ producido (factor de entrada). Al multiplicar ambos factores se obtiene la entrada total de mercurio.

Al respecto, QUIMPAC S.A. proporcionó información sobre su producción Cl₂ y NaOH, lo cual representaría la tasa de actividad, y también reportó la cantidad de mercurio suministrado durante el 2021 entre sus dos plantas, la cual fue de **3 864 kilogramos**, lo cual representaría la entrada de mercurio al sistema. Es decir, no se requirió hacer los cálculos utilizando un factor de entrada.

Sin embargo, aunque la entrada de mercurio se conoció directamente por la información suministrada por la empresa, resulta útil para futuras actualizaciones, determinar los factores de entrada que aplican para la producción de cloro-álcali en el país.

En ese sentido, en la siguiente tabla se presenta la tasa de actividad y la entrada de mercurio; así como la relación entre el mercurio suministrado y el Cl₂ producido, y la relación entre el mercurio suministrado y el NaOH producido, los cuales representa los factores de entrada propios del país.

Tabla 12-3: Producción de cloro-álcali del 2018 al 2021

Sede	Año	Cantidad de Hg utilizado (t/a) Entrada de Hg	Cantidad de Cl ₂ producido (t/a) Tasa de actividad 1	Cantidad de NaOH producido (t/a) Tasa de actividad 2	Relación kg Hg/t Cl ₂ producido
Planta Paramonga	2018	2,8	57 441,0	50 979,0	0,048
Planta Paramonga	2019	1,2	56 890,0	50 490,0	0,022
Planta Paramonga	2020	1,2	49 469,0	43 904,0	0,025
Planta Paramonga	2021	1,2	50 326,0	44 664,0	0,025
Planta Oquendo	2018	4,3	52 403,0	59 045,0	0,083
Planta Oquendo	2019	1,4	52 396,0	59 038,0	0,028
Planta Oquendo	2020	1,6	44 050,0	49 633,0	0,037
Planta Oquendo	2021	2,6	46 307,0	52 177,0	0,057

Fuente: QUIMPAC S.A., 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de esta subcategoría, se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se presentan estos factores para cada vía de distribución.

Proceso	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Producción de cloro-álcali mediante celdas de Hg	0,1	0,01	0,01	0,01		0,1

Fuente: PNUMA, 2019

Ya que se cuenta con el valor real de la entrada de mercurio para el 2021, los resultados de emisiones y liberaciones también son únicos; es decir no existen mínimos ni máximos para esta subcategoría. Sin embargo, con el fin de no perder la homogeneidad en la forma en la que se reportan los resultados para todas las subcategorías, se presentan máximos y mínimos que son el mismo valor calculado.

En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas para esta subcategoría.

Tabla 12-4: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	386,4	386,4
Agua (0,01)	38,6	38,6
Tierra (0,01)	38,6	38,6
Productos (0,01)	38,6	38,6
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,87)	3 361,7	3 361,7
Total	3 864,0	3 864,0

Fuente: Elaboración propia

12.2. Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio

Según lo señalado por PRODUCE, a la fecha, en el país no existen plantas que se dedique a la producción de cloruro de vinilo o derivados con catalizador de dicloruro de mercurio. En ese sentido, no se considera esta como una fuente presente en el país.

12.3. Producción de acetaldehído con catalizador de sulfatos de mercurio

Según lo señalado por PRODUCE, a la fecha, en el país no existen plantas que se dedique a la producción de acetaldehído o derivados con catalizador de sulfatos de mercurio. En ese sentido, no se considera esta como una fuente presente en el país

12.4. Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores

Al igual que las dos subcategorías anteriores, PRODUCE no ha registrado que, a la fecha, en el país se produzcan otros productos químicos o polímeros que utilicen mercurio como catalizadores. En ese sentido, no se considera esta como una fuente presente en el país.

12.5. Resumen de resultados de categoría 4

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 4

Tabla 12-5: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 4

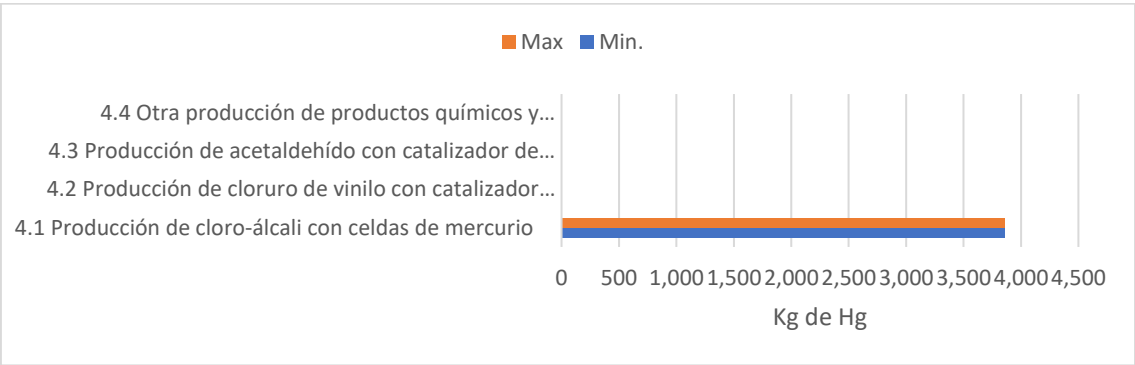
Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	386,4	386,4	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	0,0	0,0	3 361,7	3 361,7	3 864,0	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	386,4	386,4	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	0,0	0,0	3 361,7	3 361,7	3 864,0	3 864,0
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 12-1, muestra que la única subcategoría que aportó emisiones de mercurio (máximas y mínimas) fue “Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio”, para la cual, la empresa QUIMPAC S.A. fue la única que reportó información por ser la única empresa en el país que produce cloro-álcali utilizando celdas de mercurio.

En este caso, las emisiones máximas y mínimas de mercurio fueron las mismas (3 864 kg), ya que la empresa QUIMPAC S.A. reportó cantidades exactas de mercurio, por lo que no se tuvo que utilizar factores de entrada para calcular entradas de mercurio.

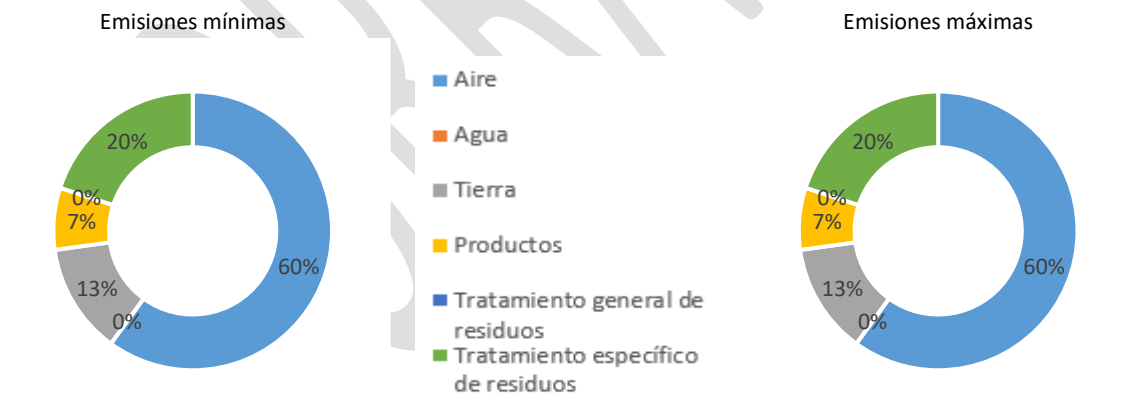
Gráfico 12-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 4



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el gráfico 12-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fue el “aire” y el “tratamiento específico de residuos”.

Gráfico 12-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 3



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 12-6 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 12-7 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 12-6: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	111,0	386,4	11,1	38,6	11,1	38,6	11,1	38,6	0,0	0,0	965,6	3 361,7	1 109,9	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	111,0	386,4	11,1	38,6	11,1	38,6	11,1	38,6	0,0	0,0	965,6	3 361,7	1 109,9	3 864,0
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12-7: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	2 219,8	386,4	222,0	38,6	222,0	38,6	222,0	38,6	0,0	0,0	19 312,5	3 361,7	22 198,2	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	2 219,8	386,4	222,0	38,6	222,0	38,6	222,0	38,6	0,0	0,0	19 312,5	3 361,7	22 198,2	3 864,0
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

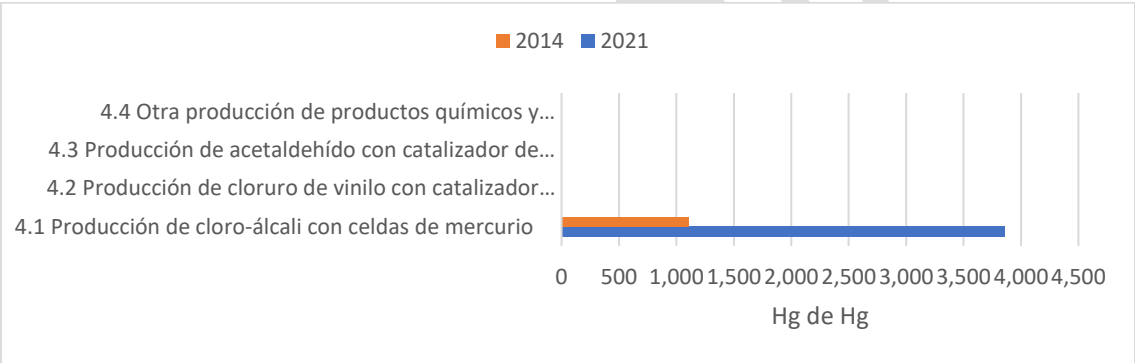
Fuente: Elaboración propia

Tanto en el primer inventario (año base 2014), como en la presente actualización (año base 2021), esta categoría estuvo representada solo por la subcategoría “producción de cloro-álcali con celdas de mercurio”

Al respecto, en el gráfico 12-3 se puede observar que las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio aumentaron de 1 109,9 a 3 864 kg (248%) del 2014 al 2021; mientras que en el gráfico 12-4 se observa que las emisiones y liberaciones máximas disminuyeron de 22 198,2 a 3 864 kg (83%) en el mismo periodo.

El motivo por el cual las emisiones mínimas aumentaron y las máximas disminuyeron es que para el primer inventario se utilizó los factores de entrada máximos y mínimos establecidos en el kit de herramientas del PNUMA; mientras que en la presente actualización, se utilizó las cantidades exactas de mercurio utilizado.

Gráfico 12-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 4



Fuente: Elaboración propia

13. CATEGORÍA 5: Productos de consumo con uso deliberado de mercurio

Esta categoría principal incluye nueve subcategorías, siendo algunas más predominantes que otras en el Perú. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 13-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "productos de consumo con uso deliberado de mercurio"

Subcategoría		¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
5.1	Termómetros con mercurio	S	X	X	X	X	X	EN
5.2	Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	S	X	x	X	X	X	EN
5.3	Fuentes de luz con mercurio	S	X	x	X	X	X	EN
5.4	Pilas que contienen mercurio	S		x	X	X	X	EN
5.5	Poliuretano con catalizador de mercurio	S	X	x	x	X	X	EN
5.6	Biocidas y pesticidas con mercurio	N						
5.7	Pinturas con conservantes de mercurio	N						
5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	?	X	x	x	x	X	EN
5.9	Productos cosméticos y otros relacionados	?		X		X	x	EN

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

13.1. Termómetros con mercurio

Los termómetros de mercurio son instrumentos que tradicionalmente se han utilizado para medir la temperatura corporal o del ambiente. En los últimos años han ido siendo sustituidos por los termómetros electrónicos; sin embargo, aún existen y se utilizan los termómetros de mercurio, por lo que resulta necesario considerarlos dentro del inventario.

Actualmente en el país no se producen termómetros de mercurio, es por ello que se debe importar este producto para luego ser distribuido, comercializado y utilizado internamente. Cabe indicar que, el Perú solicitó una exención de plazo ante el Convenio de Minamata para que la fecha límite a partir de la cual no se permita la fabricación, importación y exportación de termómetros con mercurio en el territorio nacional sea el año 2025.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 13-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Termómetros con mercurio"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Uso y eliminación	Cantidad de termómetros usados por tipo y año (t/a)	Cantidad de Hg en los termómetros usados (g Hg/termómetro)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

El primer paso para calcular las entradas de mercurio fue conocer la cantidad de termómetros de mercurio que se utilizaron el 2021. Como se mencionó anteriormente, no se fabrican estos productos en el país. Asimismo, ADUANAS indicó que en dicho año no se registró exportaciones de estas mercancías. Por lo cual, se puede deducir que, todos los termómetros de mercurio utilizados en el 2021 fueron importados.

En ese sentido, se recopiló la cantidad de termómetros de mercurio importados durante el 2021. Esta información fue suministrada por ADUANAS, en cuyos registros, los termómetros de mercurio fueron clasificados bajo las subpartidas arancelarias 9025111000, 9025119000 y 9025809000.

Cabe precisar que, al revisar la descripción de las mercancías importadas bajo estas subpartidas arancelarias, se verificó que las subpartidas no corresponden específicamente a un solo tipo de termómetro. Por ejemplo, para la subpartida 9025119000 se encontró registros de termómetros ambientales, industriales y de laboratorio.

A partir de lo indicado en el párrafo anterior, se consideró que no sería adecuado asignar un tipo de termómetro a cada subpartida arancelaria. Por lo que, a partir de lo indicado en la descripción de la mercancía, el equipo de trabajo clasificó los termómetros en clínicos, ambientales, industriales y de laboratorio (misma clasificación que hace el kit de herramientas el PNUMA).

Por otra parte, el segundo paso para calcular las entradas de mercurio fue conocer los factores de entrada. Para ello se utilizó los factores establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 13-3: Factores de entrada de la subcategoría "termómetros de mercurio"

Tipos de termómetros	Factores de entrada predeterminados (g Hg/termómetro)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Termómetros médicos	0,5	1,5
Termómetros ambientales	2	5
Termómetros de uso industrial	5	200
Termómetros de laboratorio	1	40

Fuente: PNUMA, 2019

Como se aprecia en la tabla anterior, para utilizar los factores de entrada se requiere que la tasa de actividad esté expresada en unidades de termómetros. Al respecto, el registro de ADUANAS reporta sus resultados, tanto kilogramos (peso), como en unidades de termómetros (cantidad). En ese sentido, se procedió a calcular la entrada de mercurio. En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas para esta subcategoría.

Tabla 13-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Termómetros de mercurio"

Tipo de termómetro	Importación (u)	Exportación (u)	Uso - Tasa de actividad (u)	Factor de entrada (g Hg/u)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Ambiental	44,0	0	44,0	2 – 5	0,1	0,2
Clínico	300 000,0	0	300 000,0	0,5 – 1,5	150,0	450,0
Industrial	122,0	0	122,0	5,0 – 200	0,6	24,4
Laboratorio	5 084,0	0	5 084,0	1,0 – 40	5,1	203,4
Total	305 250,0	0,0	305 250,0	-	155,8	678,0

Fuente: ADUANAS, 2022. Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

De acuerdo con lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría depende de la forma que cómo son manejados estos productos cuando se transforman en residuos sólidos; de modo que la distribución varía si los residuos son segregados antes de ser dispuestos o eliminados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 13-5: Factores de distribución de la subcategoría "Termómetros de mercurio"

Ciclo de vida del producto	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Producción	0,10		0,01			
Manejo como residuo sólido						
Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1	0,3			0,6	
Sin o escasa segregación de residuos. La recolección y manejo informal de residuos está muy extendida	0,2	0,3	0,2		0,3	
Con segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1	0,3			0,3	0,3

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización se utilizó los factores de distribución correspondientes al manejo de residuos sólidos "Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada". En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 13-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "termómetros de mercurio"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	15,6	67,8
Agua (0,3)	46,7	203,4
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,6)	93,5	406,8
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	155,8	678,0

Fuente: Elaboración propia

13.2. Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio

El mercurio se ha utilizado en diversos interruptores eléctricos y relés. En algunos países, ya se viene utilizando sustituyentes no mercúricos para estos componentes; sin embargo, independientemente del grado de sustitución, los interruptores y relés con mercurio probablemente estarán presentes en los residuos durante los próximos años debido a la extensa vida útil de estos.

Actualmente en el país no se producen interruptores y relés con mercurio, por lo que estos deben ser importados para su utilización y comercialización interna. A diferencia de los termómetros, el kit de herramientas del PNUMA recomienda que, en el caso no se cuente con información sobre el contenido de mercurio en estos componentes eléctricos, utilizar como tasa de actividad el número de habitantes del país con acceso a la red eléctrica.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 13-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Uso y eliminación	Cantidad de habitantes con acceso a la red eléctrica (habitantes/año)	Cantidad de Hg consumido por habitante (g Hg/habitante)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la tasa de actividad, la cual, para esta subcategoría, está representada por la cantidad de habitantes con acceso a la red eléctrica en el 2021. En ese sentido, el INEI indicó que, para dicho año, la población ascendió a **33 350 304 habitantes** y la tasa de electrificación fue **94,1%**.

Por otra parte, para calcular las entradas de mercurio, se requirió conocer los factores de entrada, los cuales están representados, según lo establecido en el kit de herramientas, como la cantidad de mercurio consumido/usado por habitante con acceso a la red eléctrica del país. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 13-8: Factores de entrada de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg consumido por habitante con acceso a la red eléctrica del país)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Hg consumido por interruptores y relés	0,02	0,25

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez establecida la tasa de actividad y los factores de entrada, se procedió a calcular las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas para esta subcategoría.

Tabla 13-9: Entradas de mercurio de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"

Población 2021 (hab)	Tasa de electrificación (%)	Población con acceso a electricidad – Tasa de actividad (hab)	Factor de entrada (g Hg/hab)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
33 350 304,0	94,1%	31 382 636,1	0,02 – 0,25	627,7	7 845,7

Fuente: INEI, 2022
Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

De acuerdo con lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría depende de la forma que cómo son manejados estos productos cuando se transforman en residuos sólidos; de modo que la distribución varía si los residuos son segregados antes de ser dispuestos o eliminados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 13-10: Factores de distribución de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"

Manejo como residuo sólido	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1		0,1		0,8	
Sin o escasa segregación de residuos. La recolección y manejo informal de residuos está muy extendida	0,3		0,4		0,3	
Con segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1		0,1		0,4	0,4

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización se utilizó los factores de distribución correspondientes al manejo de residuos sólidos "Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada".

En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 13-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Interruptores eléctricos y relés"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	62,8	784,6
Agua	0,0	0,0
Tierra (0,1)	62,8	784,6
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,8)	502,1	6 276,5
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	627,7	7 845,7

Fuente: Elaboración propia

13.3. Fuentes de luz con mercurio.

Las lámparas que contienen mercurio están siendo desplazadas cada vez más por las nuevas tecnologías libre de este metal, principalmente por las lámparas LED. Sin embargo, aun circulan en el mercado lámparas fluorescentes, de vapor de mercurio, haluros metálicos u otras que poseen mercurio, por lo que resulta necesario considerarlas en este inventario.

En el Perú no se fabrican lámparas con mercurio, es por ello que se debe importar este producto para luego ser distribuido, comercializado (incluida exportación) y utilizado internamente.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 13-12: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Uso y eliminación	Cantidad de lámparas con Hg usados por tipo y año (u/a)	Cantidad de Hg en las lámparas usadas (g Hg/lámpara)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de unidades utilizadas durante el 2021. Como se mencionó anteriormente, no se producen lámparas con mercurio en el país. Por lo cual, se puede deducir que, la cantidad de lámparas utilizadas en el 2021 corresponde a la diferencia entre las lámparas importadas y exportadas.

En ese sentido, se recopiló la cantidad de lámparas con mercurio importadas y exportadas durante el 2021. Esta información fue suministrada por ADUANAS, en cuyos registros, las lámparas con mercurio fueron clasificadas bajo las subpartidas arancelarias 8539311000, 8539312000, 8539313000, 8539319000, 8539320000 y 8540890000.

Cabe precisar que, al revisar la descripción de las mercancías importadas bajo estas subpartidas arancelarias, se verificó que las subpartidas no corresponden específicamente a un solo tipo de lámpara. Por ejemplo, para la subpartida 8539320000 se encontró registros de lámparas de haluro metálico y de vapor de mercurio de alta presión.

A partir de lo indicado en el párrafo anterior, se consideró que no sería adecuado asignar un tipo de lámpara a cada subpartida arancelaria. Por lo que, a partir de lo indicado en la descripción de la mercancía, el equipo de trabajo clasificó las lámparas en: tubos fluorescentes, fluorescentes compactos, de mercurio de alta presión, de sodio de alta presión y de haluros metálicos (misma clasificación que hace el kit de herramientas el PNUMA).

Por otra parte, para calcular las entradas de mercurio, se requirió conocer los factores de entrada. Para ello se utilizó los factores establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 13-13: Factores de entrada de la subcategoría "Lámparas con mercurio"

Tipos de lámparas	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/fuente de luz)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Tubos fluorescentes (doble terminal)	2	15
Lámpara compacta fluorescente	1,4	4
Vapor de mercurio de alta presión	15	70

Tipos de lámparas	Factores de entrada predeterminados (mg Hg/fuente de luz)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Lámpara de sodio de alta presión	10	30
Luz UV para bronceado	5	25
Lámpara de haluro metálico	5	150

Fuente: PNUMA, 2019

Como se aprecia en la tabla anterior, para utilizar los factores de entrada se requiere que la tasa de actividad esté expresada en unidades de lámparas. Al respecto, el registro de ADUANAS reporta sus resultados, tanto en unidades de peso (kilogramos), como en unidades individuales de lámparas. En ese sentido, se procedió a calcular la entrada de mercurio

En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas para esta subcategoría.

Tabla 13-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio"

Tipo de lámpara	Importación (u)	Exportación (u)	Uso - Tasa de actividad (u)	Factor de entrada (mg Hg/u)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Fluorescente compacto	10 085 710,0	162 159,0	9 923 551,0	1,4 – 4	13,9	39,7
Haluro metálico	235 369,0	5 290,0	230 079,0	5 – 150	1,2	34,5
Mercurio de alta presión	32 806,0	24,0	32 782,0	15 – 70	0,5	2,3
Sodio de alta presión	113 484,0	0	113 484,0	10 – 30	1,1	3,4
Tubo fluorescente	614 355,0	189,0	614 166,0	2 – 15	1,2	9,2
Total	11 081 724,0	167 662,0	10 914 062,0		17,9	89,1

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

De acuerdo con lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría depende de la forma que cómo son manejados estos productos cuando se transforman en residuos sólidos; de modo que la distribución varía si los residuos son segregados antes de ser dispuestos o eliminados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 13-15: Factores de distribución de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio"

Manejo como residuo sólido	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,05				0,95	
Sin o escasa segregación de residuos. La recolección y manejo informal de residuos está muy extendida	0,3		0,3		0,4	
Con segregación de residuos. La mayor parte se	0,05				0,8	0,15

Manejo como residuo sólido	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
maneja de manera controlada						

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización se utilizó los factores de distribución correspondientes al manejo de residuos sólidos “Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada”. En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas

Tabla 13-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Fuentes de luz con mercurio"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,05)	0,9	4,5
Agua	0,0	0,0
Tierra (0,1)	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,95)	17,0	84,7
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	17,9	89,1

Fuente: Elaboración propia

13.4. Pilas que contienen mercurio.

El uso del mercurio en varios tipos de pilas ha sido principalmente, o tal vez únicamente, en pilas primarias (es decir, no recargables). Particularmente, en pilas de óxido de mercurio (a veces denominadas pilas de zinc-mercurio), el mercurio se ha utilizado en altas concentraciones ya que el óxido de mercurio sirve como el electrodo positivo en la pila. Otros ejemplos de pilas con mercurio son las pilas alcalinas cilíndricas, de óxido de plata y zinc/aire.

En el Perú no se fabrican pilas con mercurio, es por ello que se debe importar este producto para luego ser distribuido, comercializado y utilizado internamente.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 13-17: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Pilas que contienen mercurio”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Eliminación	Cantidad de pilas con Hg usados por tipo y año (t/a)	Cantidad de Hg en las pilas usadas (g Hg/pila)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

El primer paso para calcular las entradas de mercurio fue conocer la cantidad de pilas que contienen mercurio que fueron utilizadas en el 2021. Como se mencionó anteriormente, no se fabrican estos productos en el país. Asimismo, ADUANAS indicó que en dicho año no se registró exportaciones de estas mercancías. Por lo cual, se puede deducir que, todas las pilas que contienen mercurio que fueron utilizadas en el 2021 fueron importadas.

En ese sentido, se recopiló la cantidad de pilas con mercurio importadas durante el 2021. Esta información fue suministrada por ADUANAS, en cuyos registros, estas pilas fueron clasificadas bajo la subpartida arancelaria 8506302000 (pilas de óxido de mercurio).

Para esta subcategoría, a diferencia de los termómetros, las mercancías registradas bajo la única subpartida arancelaria corresponden a un único tipo de pila que contiene mercurio (pilas de óxido de mercurio). Es por ello que, no se requirió realizar otro tipo de clasificación diferente a la arancelaria.

Por otra parte, el segundo paso para calcular las entradas de mercurio fue conocer los factores de entrada. Para ello se utilizó los factores establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. Cabe mencionar que, el kit propone un único valor como factor de entrada para cada tipo de pila, es decir que, no establece factores máximos y mínimos como en otras subcategorías; esto es debido a la escasa información a nivel mundial.

En ese sentido, para no perder la homogeneidad en la forma que se presentan los resultados, se utilizó el mismo valor como factor de entrada máximo y mínimo. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada establecidos.

Tabla 13-18: Factores de entrada de la subcategoría “Pilas que contienen mercurio”

Tipos de pila	Factores de entrada predeterminados (kg Hg/t de pila)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Óxido de Hg (todos los tamaños), también llamadas “celdas de Hg y Zn”	320	320

Tipos de pila	Factores de entrada predeterminados (kg Hg/t de pila)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Pilas de botón de zinc-aire	12	12
Pilas de botón alcalinas	5	5
Pilas de botón de óxido de plata	4	4
Otras pilas alcalinas, sin incluir las que tienen forma de botón	0,25	0,25

Fuente: PNUMA, 2019

Como se aprecia en la tabla anterior, para utilizar los factores de entrada se requiere que la tasa de actividad esté expresada en toneladas de pilas. Al respecto, el registro de ADUANAS reporta sus resultados, tanto en unidades de pilas (cantidad), como en kilogramos (peso). En ese sentido, se procedió a calcular la entrada de mercurio.

En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas para esta subcategoría.

Tabla 13-19: Entradas de mercurio de la subcategoría "Pilas que contienen mercurio"

Tipo de pila (subpartida arancelaria)	Importación (kg)	Exportación (kg)	Uso - Tasa de actividad (kg)	Factor de entrada (g Hg/t)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Óxido de Hg (8506302000)	10,4	0	10,4	320	3,33	3,33
Total	10,4	0	10,4		3,33	3,33

Fuente: ADUANAS, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

De acuerdo con lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría depende de la forma que cómo son manejados estos productos cuando se transforman en residuos sólidos; de modo que la distribución varía si los residuos son segregados antes de ser dispuestos o eliminados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 13-20: Factores de distribución de la subcategoría "Pilas que contienen mercurio"

Ciclo de vida del producto	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Producción	0,005	0,005	?		?	0,01
Manejo de residuos a nivel nacional						
Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada					1	
Sin o escasa segregación de residuos. La recolección y manejo informal de residuos está muy extendida	0,25		0,25		0,5	
Con segregación de residuos. La mayor parte se					0,6	0,4

Ciclo de vida del producto	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
maneja de manera controlada						

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización se utilizó los factores de distribución correspondientes al manejo de residuos sólidos “Sin o escasa segregación de residuos. La mayor parte se maneja de manera controlada”. En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 13-21: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Pilas que contienen mercurio"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (1)	3,3	3,3
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	3,3	3,3

Fuente: Elaboración propia

13.5. Poliuretano con catalizador de mercurio.

El poliuretano es un material plástico que se presenta en varias formas y se utiliza para distintos fines; por ejemplo, para fabricar espumas de aislamiento, colchones, piezas de automóviles, suelas de zapato, etc. Su producción utiliza catalizadores y, por mucho tiempo, se han usado compuestos de mercurio orgánicos para este fin, principalmente compuestos de mercurio de fenilo. Como cualquier catalizador, este se incorpora a la estructura polimérica y permanece en el producto final.

Actualmente no se tiene registro que exista en el país alguna empresa que produzca poliuretano con catalizadores de mercurio. Asimismo, si bien existen registro de importación de productos de poliuretano, no se cuenta con información si estos poseen catalizadores de mercurio.

En ese sentido, el kit de herramientas del PNUMA recomienda que, en el caso no se cuente con información sobre el uso o eliminación (residuos) de estos productos, calcular las emisiones y liberaciones de mercurio utilizando como tasa de actividad el número de habitantes del país con acceso a la red eléctrica.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 13-22: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Poliuretano con catalizador de mercurio”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Uso y eliminación	Cantidad de habitantes con acceso a la red eléctrica (habitantes/año)	Cantidad de Hg consumido por habitante (g Hg/habitante)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la tasa de actividad, la cual, para esta subcategoría, está representada por la cantidad de habitantes con acceso a la red eléctrica en el 2021. En ese sentido, el INEI indicó que, para dicho año, la población ascendió a **33 350 304 habitantes** y la tasa de electrificación fue **94,1%**.

Por otra parte, para calcular las entradas de mercurio, se requirió conocer los factores de entrada, los cuales están representados, según lo establecido en el kit de herramientas, como la cantidad de mercurio consumido/usado por habitante con acceso a la red eléctrica del país. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 13-23: Factores de entrada de la subcategoría “Poliuretano con catalizador de mercurio”

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg consumido por habitante con acceso a la red eléctrica del país)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Uso de poliuretano con catalizador de Hg	0,01	0,05

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez establecidas la tasa de actividad y los factores de entrada, se procedió a calcular las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas para esta subcategoría.

Tabla 13-24: Entradas de mercurio de la subcategoría "Poliuretano con catalizador de mercurio"

Población 2021 (hab)	Tasa de electrificación (%)	Población con acceso a electricidad – Tasa de actividad (hab)	Factor de entrada (g Hg/hab)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
33 350 304,0	94,1%	31 382 636,1	0,01 – 0,05	313,83	1 569,13

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

De acuerdo con lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría depende de la forma que cómo son manejados estos productos cuando se transforman en residuos sólidos; de modo que la distribución varía si los residuos son segregados antes de ser dispuestos o eliminados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 13-25: Factores de distribución de la subcategoría "Poliuretano con catalizador de mercurio"

Manejo como residuo sólido	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1	0,05	?		0,85	
La recolección y manejo informal de residuos está muy extendida	0,2	0,1	0,4		0,3	

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización se utilizó los factores de distribución correspondientes al manejo de residuos sólidos "La mayor parte se maneja de manera controlada". En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 13-26: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Poliuretano con catalizador de mercurio"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	31,4	156,9
Agua (0,05)	15,7	78,5
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,85)	266,8	1 333,8
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	313,8	1 569,1

Fuente: Elaboración propia

13.6. Biocidas y pesticidas con mercurio.

Con respecto a la producción de biocidas y pesticidas con mercurio, desde el año 1999, se prohibió la producción e importación de estos productos a través de la Resolución Jefatura N° 036-99-AG de SENASA. En ese sentido, se considera a esta subcategoría como una fuente no presente en el país para el 2021.

13.7. Pinturas con conservantes con mercurio.

Se consultó a los principales fabricantes de pintura en el país, quienes indicaron que no utilizan mercurio en las pinturas y se verificó que las pinturas importadas tampoco contienen mercurio. En ese sentido, se considera a esta subcategoría como una fuente no presente en el país para el 2021.

13.8. Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario

La DIGEMID, quien es responsable de otorgar registros sanitarios a los productos farmacéuticos, indicó que hasta el 2021 no existen registros sanitarios de medicamentos que contengan en su formulación mercurio.

Por otra parte, respecto a los productos biológicos (vacunas), la DIGEMID indicó que existen 18 vacunas registradas que en su formulación contienen el compuesto organomercurial denominado tiomersal. Sin embargo, no se cuenta con información estadística que permita cuantificar las emisiones de mercurio de estas, por lo que se recomienda para futuras actualizaciones del inventario, reconocer a los actores principales que pueden ofrecer información sobre el uso y comercialización de estas vacunas.

13.9. Productos cosméticos y otros relacionados

El mercurio se ha utilizado en cremas para blanqueamiento de la piel, jabones, y como conservantes en algunos productos cosméticos para los ojos. Por ejemplo, los jabones con mercurio pueden contener hasta 3 % de yoduro de mercurio y las cremas hasta 10 % de mercurio amoniacal (PNUMA, 2019).

El primer inventario nacional no calculó las emisiones y liberaciones de mercurio de esta subcategoría por no contar con información suficiente. Sin embargo, para esta actualización, sí ha sido considerada, ya que el arancel de aduanas del 2021 posee subpartidas que contienen productos cosméticos que pueden contener mercurio.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 13-27: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Productos cosméticos y otros relacionados”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Uso	Cantidad de cosméticos que contienen Hg usado al año (t/a)	Cantidad de Hg en los cosméticos usados (g Hg/cosmético)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

El primer paso para calcular las entradas de mercurio fue conocer la cantidad de cosméticos que contienen mercurio y que fueron utilizados en el 2021. Actualmente no se fabrican cosméticos con mercurio en el país y, según ADUANA, no se registró exportaciones de estas mercancías para dicho año. Por lo cual, se puede deducir que, todos los cosméticos utilizados fueron importados.

En ese sentido, se recopiló la cantidad de cosméticos con mercurio importados durante el 2021. Esta información fue suministrada por ADUANAS-SUNAT, en cuyos registros, los cosméticos con mercurio fueron clasificados bajo las subpartidas arancelarias 3304100000, 3304300000, 3304910000, 3304990000, 3401110000 y 3401200000.

Sin embargo, al revisar la descripción de las mercancías que pertenecen a estas subpartidas, se verificó que solo 3 subpartidas poseían mercancías (cosméticos) cuya descripción indicaba que poseían mercurio. Estas subpartidas fueron 3304100000 (preparaciones para el maquillaje de los labios), 3304910000 (polvos, incluidos los compactos) y 3304990000 (las demás preparaciones cosméticas). En ese sentido, para fines de la presente actualización, solo se consideraron esas 3 subpartidas para los cálculos.

Por otra parte, el segundo paso para calcular las entradas de mercurio fue conocer los factores de entrada. Para ello se utilizó los factores establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 13-28: Factores de entrada de la subcategoría “Productos cosméticos y otros relacionados”

Producto	Factores de entrada predeterminados (g Hg/t de cosmético)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Cosmético con mercurio	10 000	50 000

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó los factores de entrada, teniendo en consideración que la tasa de actividad y los factores de entrada utilicen las mismas unidades, en este caso, toneladas de cosméticos. En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 13-29: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos cosméticos y otros relacionados"

Partida arancelaria	Importación (Kg)	Exportación (Kg)	Uso – Tasa actividad (Kg)	Factor de entrada (g Hg/t)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
3304100000	56,6	0,0	56,6	10 000 - 50 000	0,6	2,8
3304910000	104,8	0,0	104,8	10 000 - 50 000	1,0	5,2
3304990000	593,7	0,0	593,7	10 000 - 50 000	5,9	29,7
Total	305 250,0	0,0	305 250,0	-	7,6	37,8

Fuente: ADUANAS, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para la presente subcategoría, el kit de herramientas del PNUMA, propone un solo escenario para la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio debido a que no se cuenta con suficiente información en el mundo.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 13-30: Factores de distribución de la subcategoría "Productos cosméticos y otros relacionados"

Ciclo de vida del producto	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Uso y disposición final de cosméticos con Hg		0,95	0,05			

Fuente: PNUMA, 2019

Teniendo definido un solo escenario, se procedió finalmente a calcular las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se presentan las emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 13-31: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Productos cosméticos y otros relacionados"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua (0,95)	7,2	35,9
Tierra (0,05)	0,4	1,9
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	7,6	37,8

Fuente: Elaboración propia

13.10. Resumen de resultados de categoría 5

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 5.

Tabla 13-32: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 5

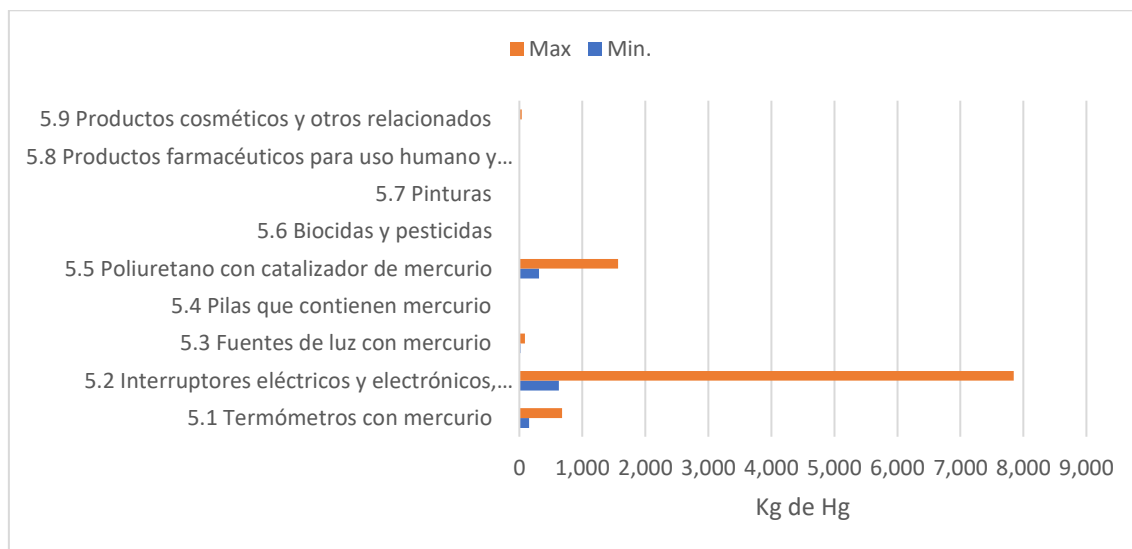
Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	110,6	1 013,7	69,6	317,7	63,1	786,5	0,0	0,0	882,7	8 105,1	0,0	0,0	1 126,0	10 223,0
5.1 Termómetros con mercurio	15,6	67,8	46,7	203,4	0,0	0,0	0,0	0,0	93,5	406,8	0,0	0,0	155,8	678,0
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	62,8	784,6	0,0	0,0	62,8	784,6	0,0	0,0	502,1	6 276,5	0,0	0,0	627,7	7 845,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	0,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	84,7	0,0	0,0	17,9	89,1
5.4 Pilas que contienen mercurio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	3,3	3,3
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	31,4	156,9	15,7	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	266,8	1 333,8	0,0	0,0	313,8	1 569,1
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	0,0	0,0	7,2	35,9	0,4	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	37,8

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 13-1, muestra que la subcategoría “interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio” fue la que aportó mayores emisiones máximas y mínimas de mercurio (7 845,7 y 830,4 kg respectivamente), considerando todas las vías de distribución.

No obstante, se debe considerar que los cálculos para estimar las emisiones y liberaciones de mercurio para dicha subcategoría se basaron en la población con acceso a la red eléctrica nacional, según lo establecido por el kit de herramientas del PNUMA, ya que no se contó con factores de entrada específicos. Esto ocasiona que se tenga mayor incertidumbre en los resultados.

Gráfico 13-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 5



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el gráfico 13-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fue el “tratamiento general de residuos” y el “aire”.

Gráfico 13-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 5



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 13-33 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 13-34 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 13-33: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	251,1	110,6	456,5	69,6	57,4	63,1	0,0	0,0	2 194,9	882,7	0,0	0,0	2 959,9	1 126,0
5.1 Termómetros con mercurio	147,4	15,6	442,1	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0	884,3	93,5	0,0	0,0	1 473,8	155,8
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	57,4	62,8	0,0	0,0	57,4	62,8	0,0	0,0	459,5	502,1	0,0	0,0	574,4	627,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	17,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	334,0	17,0	0,0	0,0	351,6	17,9
5.4 Pilas que contienen mercurio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	273,0	3,3	0,0	0,0	273,0	3,3
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	28,7	31,4	14,4	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	244,1	266,8	0,0	0,0	287,2	313,8
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	-	0,0	-	7,2	-	0,4	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	7,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13-34: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	1 889,7	1 013,7	2 975,2	317,7	718,0	786,5	0,0	0,0	14 189,4	8 105,1	0,0	0,0	19 772,3	10 223,0
5.1 Termómetros con mercurio	967,8	67,8	2 903,4	203,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5 806,9	406,8	0,0	0,0	9 678,1	678,0
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	718,0	784,6	0,0	0,0	718,0	784,6	0,0	0,0	5 743,8	6 276,5	0,0	0,0	7 179,7	7 845,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	60,3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 145,2	84,7	0,0	0,0	1 205,5	89,1
5.4 Pilas que contienen mercurio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	273,0	3,3	0,0	0,0	273,0	3,3
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	143,6	156,9	71,8	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1 220,6	1 333,8	0,0	0,0	1 435,9	1 569,1
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	-	0,0	-	35,9	-	1,9	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	37,8

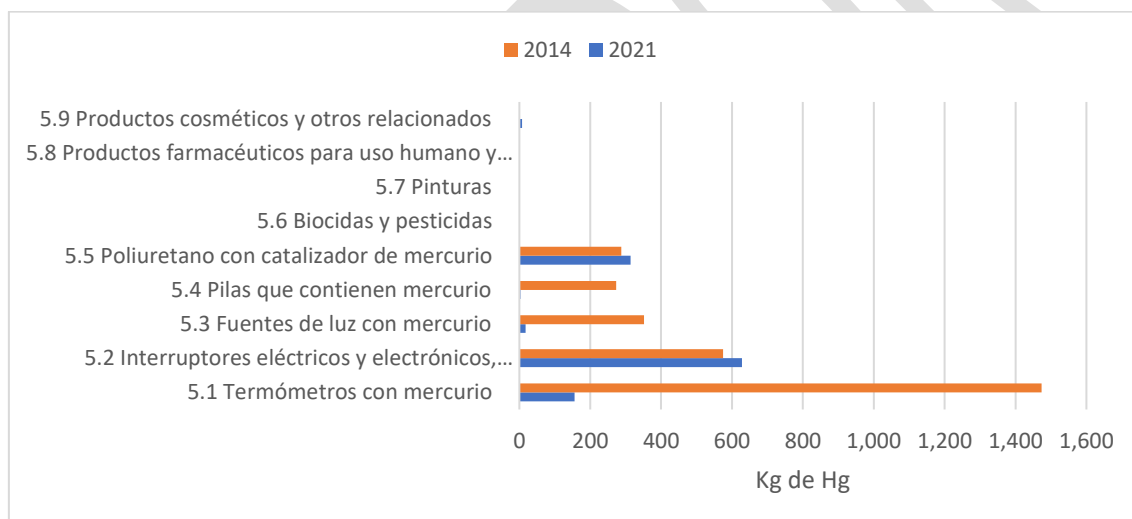
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 13-3 se observa que “termómetros de mercurio”, “fuentes de luz con mercurio” y “pilas que contienen mercurio” fueron las subcategorías que mostraron las disminuciones más significativas de emisiones y liberaciones mínimas de mercurio, del 2014 al 2021. La primera presentó una disminución de 1 473,8 a 155,8 kg (89%), la segunda disminuyó de 351,6 a 17,9 kg (95%) y tercera disminuyó de 273 a 3,3 kg (99%) de mercurio.

Por otra parte, en el gráfico 13-4 se observa que las mismas subcategorías indicadas en el párrafo anterior, también fueron las que presentaron las disminuciones más significativas en las emisiones y liberaciones máximas de mercurio, en el mismo periodo. La primera presentó una disminución de 9 678,1 a 678 kg (93%), la segunda disminuyó de 1 205,5 a 89,1 kg (95%) y tercera disminuyó de 273 a 3,3 kg (99%) de mercurio.

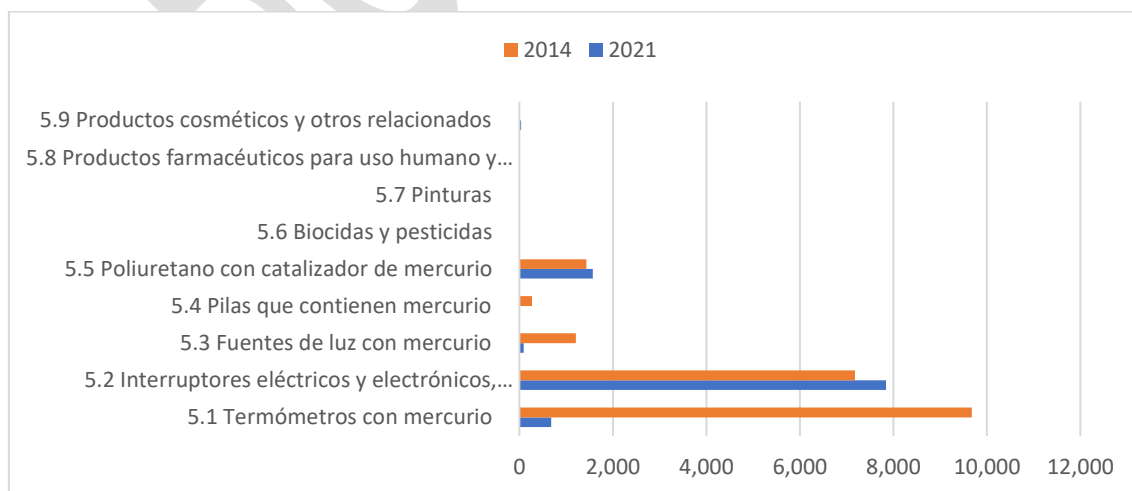
La reducción en las emisiones y liberaciones de mercurio en esta categoría, tanto mínimas como máximas, puede atribuirse a las políticas y medidas de control en las importaciones de productos que contienen mercurio, adoptadas en el país como parte de su compromiso con el Convenio de Minamata.

Gráfico 13-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 5



Fuente: Elaboración propia

14. CATEGORÍA 6: Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio

Esta categoría principal incluye cinco subcategorías, siendo una de las más resaltantes la asociada a la aplicación de amalgamas dentales. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 14-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "otros productos y procesos con uso intencional de mercurio"

	Subcategoría	¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
6.1	Empastes de amalgamas dentales	S	x	X		X	X	EN
6.2	Manómetros y medidores	S	x	X	x	X	X	EN
6.3	Productos químicos y equipos de laboratorio	S	x	X		X	X	EN
6.4	Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	?	X	X	X	X	X	EN
6.5	Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	S	X	X	X	X	X	EN

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

14.1. Empastes de amalgamas dentales

Los empastes de amalgamas dentales consisten en una aleación de mercurio, plata, cobre y estaño (44% a-51% de mercurio en peso). Estas aleaciones son utilizadas por los dentistas u odontólogos para realizar curaciones dentales. (PNUMA, 2019).

En el caso de Perú, se han desarrollado diversas campañas y actividades para promover la reducción del uso de amalgamas dentales (sustituyéndolas por otros materiales como las resinas), pero aún persiste su uso en diferentes lugares del país.

Los cálculos para determinar emisiones y liberaciones de mercurio se realizan a partir de fases del ciclo de vida de una amalgama dental. En la siguiente tabla se presenta la información que se tuvo en cuenta para los cálculos según la fase del ciclo de vida de la amalgama.

Tabla 14-2: Información y expresiones para calcular las emisiones de mercurio proveniente de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales"

Fase del ciclo de vida	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Preparaciones de empastes en las piezas dentales en clínicas	Número de empastes de amalgamas hechos por año	g de Hg usados para la elaboración de empastes de amalgama	Factores predeterminados
Uso (mientras se trabaja en la boca del paciente)	Población nacional	Excreción de Hg estimada per cápita por año	Factores predeterminados
Eliminación	Número de empastes de amalgamas hechos por año	g de Hg usados para la elaboración de un empaste de amalgama	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio de esta subcategoría se contó información proporcionada por la DGIESP del MINSA. En la siguiente tabla se presenta la información otorgada por dicha Dirección General.

Tabla 14-3: Número de odontólogos, restauraciones y cantidad de Hg utilizado en amalgamas dentales (2018 - 2021)

Año 2018		Año 2019		Año 2020	
Odontólogos a nivel nacional	Hg utilizado para los empastes (kg/año)	Odontólogos a nivel nacional	Hg utilizado para los empastes (kg/año)	Odontólogos a nivel nacional	Hg utilizado para los empastes (kg/año)
4705	35 907 restauraciones	4980	24 208 restauraciones	5589	3 602 restauraciones
	15 118 kg (*)		10167 kg (*)		1 512 kg (*)

(*) Estimado de mercurio (0,4 g) por número de restauraciones a nivel nacional (HIS-MINSA)

Fuente: MINSA-DGIESP, 2021

A partir de la información recogida, se determinó los datos necesarios para estimar las entradas de mercurio. A continuación, se presenta los datos y el análisis de la información, para el 2021 para estimar las entradas de mercurio.

- Si bien no se posee la cantidad exacta de restauraciones dentales realizadas utilizando amalgamas dentales con mercurio durante el año 2021, se pudo estimar en base a la tendencia presentada en la data correspondiente al periodo 2018 - 2020, proporcionada por la DGIESP del MINSA (ver tabla 14-3).
- Se asume que los datos del 2020 son atípicos debido a la emergencia sanitaria nacional por COVID-19
- Se observa que, del 2018 al 2019 hay una caída aproximada del 30% en el número de restauraciones. Haciendo una extrapolación de datos se puede estimar que el número de restauraciones para el año 2021 fue de **11 003 restauraciones**.
- Habiendo estimado el número de restauraciones del 2021 y conociendo que la cantidad de mercurio que se usa por restauración (amalgama) es de 0,4 g de Hg (DGIESP, 2021). Se calcula que en el 2021 se utilizó **4 401 kg de mercurio** para empastes de amalgamas dentales, lo cual corresponde a la **entrada de mercurio**.
- Al igual que el número de restauraciones dentales, la cantidad de odontólogos para el 2021 se extrapoló a partir de los datos proporcionados por la DGIESP del 2018 al 2020 (ver tabla 14-3). Se obtiene que en el 2021 hubo **6 650 odontólogos** aproximadamente.
- Se desconoce la población que al año 2021 cuenta con empastes de amalgamas.
- Se conoce que la población nacional para el año 2021 corresponde a **33,035,304 habitantes**.

En base a la información descrita anteriormente se reporta la tabla de entradas de mercurio para la fase de "producción de amalgamas dentales"

Tabla 14-4: Entrada de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase producción de amalgamas dentales

Producción de amalgamas dentales		
Factor de entrada	Tasa de actividad (2021)	Entrada de Mercurio (2021)
0,4 g Hg/empaste de amalgama dental	11 003 restauraciones de amalgama dental	4 401 kg Hg

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se deben calcular las entradas de mercurio correspondientes al “uso” y “eliminación” de amalgamas. Dado que no se cuenta con data específica, se aplicaron las fórmulas predeterminadas en el kit de herramientas para esta subcategoría.

A continuación, se presenta las fórmulas que se tuvieron en cuenta.

$$FN = \frac{O \times 1000}{PN}$$

$$PNA = PN \times \frac{FN}{FA}$$

Donde:

- FN: Factor nacional, que es el número de dentista en el Perú por cada 1000 habitante
- O: Número de odontólogos en el año n
- PN: Población nacional en el año n
- PNA: Población nacional ajustada
- FA: Factor de ajuste, que es igual a 0,82919 dentistas en países de referencia por cada 1000 habitantes

Por otra parte, para poder estimar las entradas de mercurio para la fase de uso y eliminación de amalgamas, se tuvo en cuenta los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores que se utilizaron.

Tabla 14-5: Factores de entrada de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de uso y eliminación de amalgamas

Uso y eliminación de amalgamas dentales	Factores de entrada predeterminados (g Hg/habitante)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Hg usado en amalgamas dentales	0,05 (*)	0,2 (*)

(*): El Kit de herramientas indica que, si se utiliza los factores nacionales de ajuste para la población de odontólogos, se utilice el factor de entrada máximo.

Fuente: PNUMA, 2019

Ya que se identificó todos los datos requeridos para estimar las entradas de mercurio para la fase de “uso y eliminación de amalgamas”, se procedió con los cálculos respectivos. En la siguiente tabla se presentan los resultados de los factores de ajuste nacional y entradas de mercurio para esta fase en el 2021.

Tabla 14-6: Entradas de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de uso y eliminación

N° dentistas (O) (hab)	Población (PN) (hab)	Factor Nacional (FN)	Población ajustada (PNA) (hab)	Factor de entrada min y max (g/hab)	Entrada min y max (kg Hg)
6 650	33 035 304	0,2013	8 019 875	0,2	1 603,98

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Considerando los vacíos de información, se optó por utilizar los factores de distribución predeterminados sugeridos por el Kit de Herramientas. En la siguiente tabla se presentan los factores de distribución.

Tabla 14-7: Factores de distribución de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales"

Fase del ciclo de vida	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Preparación de empastes en las piezas dentales	0,02	0,14		0,6	0,12	0,12
Uso de empastes en la boca		0,02				
Eliminación: A través de clínicas, hogares y muerte						
Escenario 1: Clínicas y establecimientos de salud cuentan con filtros de alta eficiencia		0,02		0,06	0,26	0,26
Escenario 2: Solo se usan filtros coladores de sillones odontológicos		0,3	0,08	0,06	0,08	0,08

Fuente: PNUMA, 2019

En el caso de la fase de “eliminación” de amalgamas dentales, el Kit de Herramientas ofrece dos escenarios; no obstante, se aplican los factores de distribución correspondientes al escenario 2 donde no se utilizan filtros de amalgama de alta eficiencia en la mayoría de los establecimientos de salud.

A continuación, se procede a calcular las emisiones y liberaciones para cada fase del ciclo de vida. En la tabla 14-8 se presenta las emisiones y liberaciones de la fase de preparación de amalgamas, en la tabla 14-9 de la fase de uso de amalgamas, en la tabla 14-10 de la fase de eliminación y en la tabla 14-11 se presenta las emisiones y liberaciones totales de mercurio.

Tabla 14-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de preparación de amalgamas

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,02)	0,088	0,088
Agua (0,14)	0,616	0,616
Tierra	0,000	0,000
Productos (0,6)	2,641	2,641
Tratamiento general de residuos (0,12)	0,528	0,528
Tratamiento específico de residuos (0,12)	0,528	0,528
Total	4,40	4,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14-9: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de uso de amalgamas

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua (0,02)	32,1	32,1
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	32,1	32,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14-10: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – fase de eliminación de amalgamas

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua (0,3)	481,2	481,2
Tierra (0,08)	128,3	128,3
Productos (0,06)	96,2	96,2
Tratamiento general de residuos (0,08)	128,3	128,3
Tratamiento específico de residuos (0,08)	128,3	128,3
Total	962,38	962,38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Empastes de amalgamas dentales" – Total

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,1	0,1
Agua	513,9	513,9
Tierra	128,3	128,3
Productos	98,9	98,9
Tratamiento general de residuos	128,8	128,8
Tratamiento específico de residuos	128,8	128,8
Total	998,9	998,9

Fuente: Elaboración propia

14.2. Manómetros y medidores.

El mercurio se utiliza en algunos indicadores de presión sanguínea, manómetros industriales y meteorológicos y válvulas de presión (PNUMA, 2019). A la fecha, existen alternativas no mercúricas que están sustituyendo a los manómetros y medidores con mercurio, pero aún no se logra reemplazar a todos los productos con mercurio.

A la fecha, no se tiene información si en el país se producen estos instrumentos. No obstante, sí se conoce que son ampliamente utilizados, por lo que se reconoce que existe un alto volumen de importaciones de estos productos.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 14-12: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Manómetros y medidores”

Fase del ciclo de vida	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Producción	Cantidad de Hg suministrado a los productos anualmente	No es relevante (= 1)	Factores predeterminados
Uso	Cantidad de instrumentos utilizados	Cantidad de Hg en cada tipo de instrumento	Factores predeterminados
Disposición o eliminación	Cantidad de instrumentos eliminados	Cantidad de Hg en cada tipo de instrumento	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

El kit de herramientas distingue dos clases de factores de entrada, según el tipo de instrumentos. El primero se refiere a la cantidad de mercurio en instrumentos para medir la presión arterial (esfigmomanómetros) y segundo se refiere a la cantidad de mercurio por habitante que utilizan instrumento (otros manómetros y medidores). En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada establecidos.

Tabla 14-13: Factores de entrada de la subcategoría “Manómetros y medidores”

Tipos de pila	Factores de entrada predeterminados	
	Factor mínimo	Factor máximo
Instrumento para medir presión arterial (esfigmomanómetros)	70 g Hg/artículo	80 g Hg/artículo
Otros manómetros e indicadores	0,005 g Hg/habitante	0,005 g Hg/habitante

Fuente: PNUMA, 2019

A partir de lo explicado en el párrafo precedente, la entrada de mercurio para esta subcategoría se debería calcular en dos partes, una a partir del volumen de esfigmomanómetros comercializados en el país y otra, a partir del número de habitantes con accesibilidad al instrumento.

Sin embargo, del registro aduanero para el 2021, no se identificó ninguna mercancía correspondiente a esfigmomanómetros u otros instrumentos para medir la presión arterial que contengan mercurio, a pesar de que estos pertenecen a la subpartida arancelaria 9026200000. En esta subpartida solo se registró instrumentos de medición de presión industriales que contienen mercurio, contabilizando 27 en total.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de mercancías y el peso por subpartida arancelaria de los manómetros y medidores que poseen mercurio y fueron comercializados internacionalmente (importación) durante el 2021.

Tabla 14-14: Cantidad y peso de manómetros y válvulas que contienen mercurio, agrupados por subpartida arancelaria y que fueron importados en el 2021

Subpartida Arancelaria	Nombre	Cantidad de mercancías (u)	Peso (kg)
8481400090	Las demás válvulas de alivio o seguridad	30	101,054
9018909000	Los demás instrumentos y aparatos	261	132,048
9025809000	Los demás instrumentos y aparatos	1	0,449
9026200000	Para medida o control de presión	65	79,77

Fuente: ADUANAS, 2022

A partir de lo señalado anteriormente, el cálculo de entradas para esta subcategoría, según las recomendaciones del kit de herramientas, se basa en la cantidad de mercurio por habitante que utilizan instrumentos (manómetros u otros medidores que contienen mercurio). En ese sentido, en la siguiente tabla se presenta las entradas de mercurio para esta subcategoría.

Tabla 14-15: Entradas de mercurio de la subcategoría "Manómetros y medidores"

Población 2021 (hab)	Tasa de electrificación (%)	Población con acceso a electricidad – Tasa de actividad (hab)	Factor de entrada (g Hg/hab)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
33 350 304,0	94,1%	31 382 636,1	0,005	156,91	156,91

Fuente: INEI, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

De acuerdo con lo establecido en el kit de herramientas del PNUMA, la distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría depende de la forma que cómo son manejados estos productos cuando se transforman en residuos sólidos; de modo que la distribución varía si los residuos son segregados antes de ser dispuestos o eliminados.

En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 14-16: Factores de distribución de la subcategoría "Manómetros y medidores"

Durante su uso y eliminación	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Sin o escasa segregación de manómetros. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1	0,3			0,6	
Sin o escasa segregación de manómetros. La recolección y manejo informal de residuos está muy extendida	0,2	0,3	0,2		0,3	
Con segregación de manómetros. La mayor parte se maneja de manera controlada	0,1	0,3			0,3	0,3

Fuente: PNUMA, 2019

Para la presente actualización se utilizó los factores de distribución correspondientes al manejo de residuos sólidos “Sin o escasa segregación de manómetros. La mayor parte se maneja de manera controlada”. En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas.

Tabla 14-17: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Manómetros y medidores"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	15,7	15,7
Agua (0,3)	47,1	47,1
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,6))	94,1	94,1
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	156,9	156,9

Fuente: Elaboración propia

14.3. Productos químicos y equipos de laboratorio.

Uno de los diversos usos que tiene el mercurio es en los laboratorios, pudiendo encontrarse en instrumentos, reactivos, conservantes y catalizadores. Por eso mismo, la mayor parte del mercurio proveniente de esta fuente es liberado como agua residual o dispuesto como residuo peligroso (PNUMA, 2019).

El kit de herramientas del PNUMA recomienda calcular las entradas de mercurio conociendo la cantidad de metal contenido en los equipos y productos químicos de laboratorio. Sin embargo, acceder a dicha información resulta difícil, por lo que el kit de herramientas propone como alternativa, estimar las entradas a partir de supuestos y considerando la población del país.

Cabe resaltar que los resultados que se obtienen a partir de la segunda alternativa presentan mayor incertidumbre. En el primer inventario del 2017, las entradas de mercurio se calcularon utilizando el método alternativo, tanto para equipos, como para productos químicos

Para la presente actualización se utilizó el método recomendado por PNUMA para calcular las entradas provenientes de los productos químicos utilizados en el 2021. Por otra parte, para los equipos de laboratorio, al ser más escasa la información, se optó por volver a calcular las entradas por el método alternativo, es decir, a partir de los datos de la población del país.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 14-18: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"

Producto	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Productos químicos	Cantidad de productos químicos utilizados al año (t/a)	Cantidad de Hg en los productos químicos usados (g Hg/producto)	Factores predeterminados
Equipos de laboratorio	Población con acceso a la red de electricidad (habitante)	Cantidad de Hg utilizado como producto químico por la población (g Hg / habitante)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de productos químicos que se utilizaron durante el 2021. Al respecto, no se cuenta con información precisa si en el país se elaboran estos productos. Por otra parte, ADUANAS informó que en el 2021 no se registró exportaciones de productos químicos con mercurio.

En ese sentido, considerando lo indicado en el párrafo anterior y, para fines de la presente actualización, se asumió que, en el país no se elaboran productos químicos con mercurio. A partir de ello se puede deducir que, todos los productos químicos utilizados en el 2021 fueron importados.

ADUANAS indicó que, los productos químicos con mercurio que se importaron en el 2021 fueron los clasificados bajo las subpartidas arancelarias 2852101000, 2852102990, 2852109010, 2852109022, 2852109029, 2852109031, 2852109032, 2852109041, 2852109059 y 2852109090.

Cabe precisar que, al revisar la descripción de las mercancías importadas bajo estas subpartidas arancelarias, se verificó que las subpartidas no corresponden específicamente a un solo tipo de producto químico. Por ejemplo, según el Arancel de Aduanas 2021, establecido

por el MEF, la subpartida 2852109022 corresponde a cloruros de mercurio; sin embargo, al revisar la descripción de las mercancías en el registro de ADUANAS del 2021, se verificó que, además de encontrar cloruros de mercurio bajo esa subpartida, también se registró óxidos de mercurio. Asimismo, existen subpartidas con el nombre de “los demás compuestos”, las cuales abarcan más de un tipo de compuestos químicos.

A partir de lo indicado en el párrafo anterior, se consideró que no sería adecuado asignar un tipo de compuesto químico a cada subpartida arancelaria. Por lo que, a partir de lo indicado en la descripción de la mercancía, el equipo de trabajo clasificó los productos químicos por el tipo de compuesto (misma clasificación que hace el kit de herramientas el PNUMA).

Por otra parte, para cuantificar la cantidad de mercurio de cada compuesto fue necesario conocer su formulación química y su concentración. No obstante, ya que la descripción de la mercancía no indica el detalle técnico del compuesto (formulación), se asumió, para todos los productos, que el compuesto que contiene mercurio se encontraba en una concentración del 99% (valor tomado a partir de la mayoría de los productos registrados).

La fórmula que se utilizó para calcular la cantidad de mercurio de cada compuesto químico fue la siguiente.

$$\text{Cant. de Hg} = \text{Peso del compuesto con Hg} \times \frac{\# \text{ átomos de Hg en el compuesto} \times \text{PA Hg}}{\text{PM del compuesto}} \times \%C$$

Donde:

- PA: Peso atómico del Hg (200,59 g/mol)
- PM: Peso molecular del compuesto con mercurio
- %C: Concentración del compuesto con mercurio en el producto (%)

En la siguiente tabla se muestra el resumen los productos químicos importados indicando el peso total registrado por ADUANAS, la fórmula química del compuesto con mercurio y el contenido de mercurio calculado (entrada de mercurio).

Tabla 14-19: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio" – Productos químicos

Nombre del producto	Fórmula	PM (g/mol)	# atm Hg	Peso producto (kg)	Peso Hg (Kg) Entrada de Hg
Acetato de mercurio	(CH ₃ COO ₂)Hg	275,61	1	0,30	0,22
Bromuro de mercurio	Hg ₂ Br ₂	560,98	2	0,15	0,11
Cloruro de mercurio	HgCl ₂	271,49	1	420,87	307,85
Cloruro de metilmercurio	(CH ₃ Hg)Cl	251,08	1	0,01	0,00
Metilmercurio	CH ₃ Hg ⁺	215,63	1	0,01	0,00
Nitrato de mercurio	Hg(NO ₃) ₂	324,53	1	2,84	1,74
Nitrato de mercurio dihidratado	Hg(NO ₃) ₂ · H ₂ O	342,54	1	1,14	0,66
Nitrato de mercurio monohidratado	Hg(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O	360,55	1	6,61	3,64
Óxido de mercurio	HgO	216,58	1	23,03	21,12
Sulfato de mercurio	HgSO ₄	296,62	1	15,35	10,28
Sulfuro de mercurio	HgS	232,66	1	0,05	0,04
Tiocianato de mercurio	Hg(SCN) ₂	316,75	1	1,95	1,22
Yoduro de mercurio	HgI ₂	454,39	1	19,00	8,30
Total				491,30	355,18

Fuente: ADUANAS, 2022. Elaboración propia

En la tabla anterior se visualiza la entrada total de mercurio por productos químicos. Cabe precisar que, la lista de productos importados que contienen mercurio, reportada por ADUANAS incluía también el producto POLVO DESCONTAMINANTE DE MERCURIO; sin embargo, al revisar la ficha técnica del proveedor, se verificó que se trataba de un producto utilizado para remover mercurio, cuya composición química es una mezcla de tiosulfato de sodio y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA); es decir, no posee mercurio. Por lo tanto, no se lo consideró en los cálculos de la tabla anterior.

Una vez finalizado el cálculo de entradas de mercurio por los productos químicos, se procedió a calcular las entradas de mercurio por los equipos de laboratorio. Al respecto, como se indicó al inicio de la sección, para estos cálculos se empleó el método alternativo propuesto en el kit de herramientas del PNUMA, el cual se basa en la población del país con acceso a electricidad.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada propuestos en el kit de herramientas para calcular las entradas de mercurio por los equipos de laboratorio. Cabe precisar que, solo establece un valor, por lo cual se ha considerado dicho valor como factor mínimo y máximo.

Tabla 14-20: Factores de entrada de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio" – Equipos de laboratorio

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg consumido por habitante con acceso a la red eléctrica del país)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Uso de equipos de laboratorio con Hg	0,04	0,04

Fuente: PNUMA, 2019

Una vez establecidas la tasa de actividad y los factores de entrada, se procedió a calcular las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas calculadas para los equipos de laboratorio.

Tabla 14-21: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio" – Equipos de laboratorio

Población 2021 (hab)	Tasa de electrificación (%)	Población con acceso a electricidad – Tasa de actividad (hab)	Factor de entrada (g Hg/hab)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
33 350 304,0	94,1%	31 382 636,1	0,04	1 253,97	1 253,97

Fuente: INEI, 2022
Elaboración propia

Finalmente, se sumó las entradas de mercurio por el uso de productos químicos, más las entradas por el uso y disposición de equipos de laboratorio. En la siguiente tabla se presenta las entradas totales.

Tabla 14-22: Entradas de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"

Fuente	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Uso y disposición de productos químicos	355,18	355,18
Uso y disposición de equipos de laboratorio	1 253,97	1 253,97
Total	1 609,15	1 609,15

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

El kit de herramientas del PNUMA no cuenta con factores de distribución establecidos para esta subcategoría; sin embargo, sí indica que las principales vías de distribución son el

agua, residuo general y residuo con tratamiento; mientras que la vía que no es predominante es el aire.

En ese sentido y, con el fin de reportar los resultados de las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría, se estableció los siguientes factores de distribución.

Tabla 14-23: Factores de distribución de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"

Proceso	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Uso y disposición de productos químicos y equipos de laboratorio	0.1	0.3			0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se presentan la emisiones y liberaciones de mercurio calculadas para esta subcategoría.

Tabla 14-24: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Productos químicos y equipos de laboratorio"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	160,9	160,9
Agua (0,3)	482,7	482,7
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,3)	482,7	482,7
Tratamiento específico de residuos (0,3)	482,7	482,7
Total	1 609,2	1 609,2

Fuente: Elaboración propia

14.4. Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales.

Para la presente actualización se solicitó información al Centro Nacional de Salud Intercultural (CENSI), sobre el uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales en el país.

Al respecto, dicho centro indicó que no se cuenta con información específica y que publicaciones históricas señalan que, el uso de dicho metal para fines sanitarios ha sido dejado de lado debido al peligro a la salud humana que confiere su uso.

En ese sentido, no se consideró esta como una fuente presente de emisiones y liberaciones de mercurio.

14.5. Uso de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes.

Esta subcategoría está pensada para incluir a otros productos misceláneos que contienen mercurio. Al respecto, el kit de herramientas no cuenta con información detallada, por lo que no establece factores de entradas ni de salidas. Sin perjuicio de ello, insta a los países a investigar sobre estas fuentes, de modo que se puedan establecer factores propios.

En el primer inventario nacional no identificó, ni cuantificó otros productos que contengan mercurio. No obstante, para la presente actualización se logró identificar algunos productos que contienen mercurio y no fueron contabilizados en ninguna de las subcategorías anteriores.

Estos productos fueron identificados buscando a través de la “descripción” de todas las mercancías importadas y exportadas en el 2021, de todas las subpartidas arancelarias registradas por ADUANAS, sin incluir aquellas mercancías que se contabilizaron en las subpartidas anteriores.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los otros productos que contienen mercurio que se identificaron en el 2021.

Tabla 14-25: Importaciones y exportaciones de "Otros productos que contienen mercurio"

Tipo de producto con mercurio	Importaciones		Exportaciones	
	Cantidad (u)	Peso (Kg)	Cantidad (u)	Peso (Kg)
Componente eléctrico	254	66,6	0,0	0,0
Otros	1	27,3	0,0	0,0
Sensor	37	66,1	0,0	0,0
Tensiómetro	260	104,7	0,0	0,0
Vacuómetro	2	0,5	0,0	0,0
Total	554	265,295	0,0	0,0

Fuente: ADUANAS, 2022

Elaboración propia

Como se indicó al inicio de esta sección, el kit de herramientas del PNUMA no establece factores de entrada ni distribución, además no se cuenta con formación que permita conocer o estimar la cantidad de mercurio en los productos identificados. En ese sentido, no se presenta resultados de emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría; sin embargo, a través de la tabla anterior, se indica como referencia, que esta subcategoría puede ser una presente en el país.

14.6. Resumen de resultados de categoría 6

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 6.

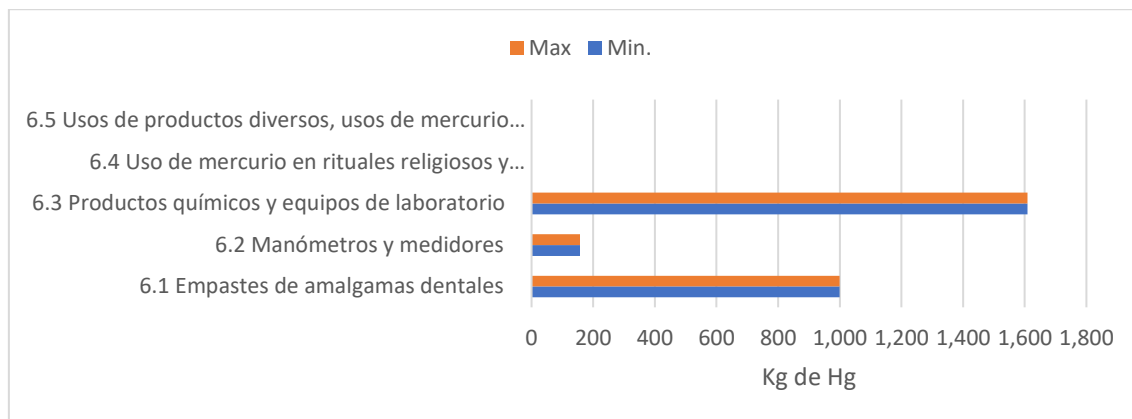
Tabla 14-26: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 6

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	176,7	176,7	1 043,7	1 043,7	128,3	128,3	98,9	98,9	705,7	705,7	611,6	611,6	2 764,9	2 764,9
6.1 Empastes de amalgamas dentales	0,1	0,1	513,9	513,9	128,3	128,3	98,9	98,9	128,8	128,8	128,8	128,8	998,9	998,9
6.2 Manómetros y medidores	15,7	15,7	47,1	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	94,1	94,1	0,0	0,0	156,9	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	160,9	160,9	482,7	482,7	0,0	0,0	0,0	0,0	482,7	482,7	482,7	482,7	1 609,2	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 14-1 muestra que no hubo diferencia entre las emisiones máximas y mínimas de las tres subcategorías, identificadas como presentes en el país. Para la primera, “empastes de amalgamas dentales”, se tuvo 998,9 kg; para la segunda, “manómetros y medidores”, se tuvo 156,9 kg; y para la tercera, “productos químicos y equipos de laboratorio”, se tuvo 1 609,2 kg.

Gráfico 14-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 6



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el gráfico 14-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fue el “agua” y el “tratamiento general de residuos”.

Gráfico 14-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 6



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 14-27 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 14-28 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 14-27: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	435,7	176,7	1 908,0	1 043,7	26,8	128,3	20,1	98,9	3 114,7	705,7	555,1	611,6	6 060,3	2 764,9
6.1 Empastes de amalgamas dentales	6,7	0,1	147,2	513,9	26,8	128,3	20,1	98,9	66,9	128,8	66,9	128,8	334,5	998,9
6.2 Manómetros y medidores	429,0	15,7	1 287,0	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2 574,0	94,1	0,0	0,0	4 289,9	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	0,0	160,9	473,9	482,7	0,0	0,0	0,0	0,0	473,9	482,7	488,2	482,7	1 435,9	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14-28: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6

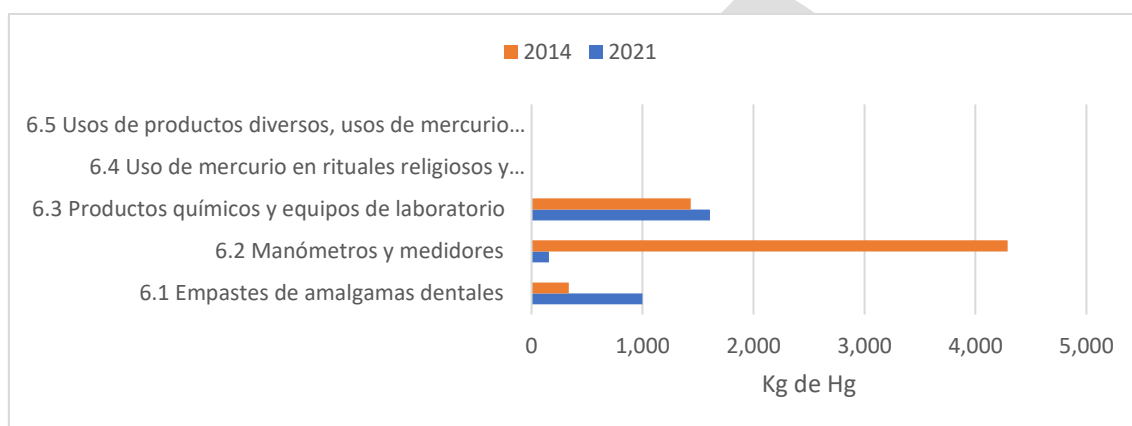
Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	541,5	176,7	2 606,7	1 043,7	107,0	128,3	80,3	98,9	3 829,7	705,7	755,8	611,6	7 921,0	2 764,9
6.1 Empastes de amalgamas dentales	26,8	0,1	588,7	513,9	107,0	128,3	80,3	98,9	267,6	128,8	267,6	128,8	1 337,8	998,9
6.2 Manómetros y medidores	514,7	15,7	1 544,2	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3 088,3	94,1	0,0	0,0	5 147,2	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	0,0	160,9	473,9	482,7	0,0	0,0	0,0	0,0	473,9	482,7	488,2	482,7	1 435,9	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Los gráficos 14-3 y 14-4 muestran que solo la subcategoría “manómetros y medidores” presentó una reducción en sus emisiones y liberaciones mínimas y máximas de mercurio del 2014 al 2021. Esta reducción se debe a que, para la presente actualización, a diferencia del primer inventario, no se halló registros de importaciones de esfigmomanómetros de mercurio.

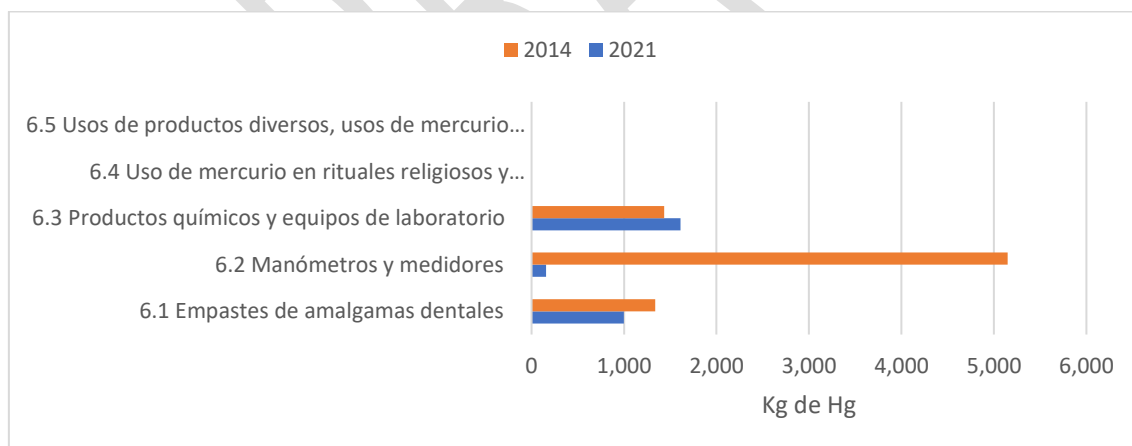
Por otra parte, las otras dos subcategorías “empastes de amalgamas dentales” y “productos químicos y equipos de laboratorio”, mostraron un incremento en las emisiones y liberaciones de mercurio, del 2014 al 2021. En ambos casos, dichos incrementos pueden deberse a que, para la presente actualización, se contó con más información cuantificable sobre el uso y comercialización de estos productos.

Gráfico 14-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 6



Fuente: Elaboración propia

15. CATEGORÍA 7: Producción de metales reciclados

Esta categoría principal incluye solo tres subcategorías, las cuales son la producción de mercurio reciclado, la producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) y la producción de otros metales reciclados.

En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 15-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "producción de metales reciclados"

Subcategoría		¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
7.1	Producción de mercurio reciclado (producción secundaria)	N						
7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	S	X	x	x		x	FP
7.3	Producción de otros metales reciclados	S	X	x	x		x	FP

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

15.1. Producción de mercurio reciclado

Esta subcategoría incluye las actividades de recuperación (reciclaje) de mercurio contenido en productos o facilidades en desuso. Por ejemplo, el desmantelamiento de instalaciones de cloro-álcali, recuperación de medidores de mercurio utilizados en cañerías de gas natural, la recuperación de manómetros, termómetros y otros equipos con mercurio añadido.

En el caso de Perú, a la fecha existen plantas de estabilización de mercurio, como la planta piloto de la empresa TOWER AND TOWER S.A.; sin embargo, estas infraestructuras no recuperan el mercurio para su reutilización, sino que permiten que dicho material sea estabilizado (menor reactividad), para posteriormente ser dispuesto en celdas de seguridad como residuos peligrosos.

En ese sentido y, al igual que en el primer inventario nacional, no se registró instalaciones locales de reciclaje masivo de mercurio; por lo que esta subcategoría se considera como una fuente no presente en el país.

15.2. Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)

Esta subcategoría está referida a los procesos de producción de metales ferrosos como el hierro y el acero a partir de metales (materiales) reciclados, los cuales pueden contener mercurio. Por ejemplo, partes de vehículos reciclados como interruptores que contienen mercurio.

En el Perú se ha identificado que existen empresas que se dedican a producir acero y hierro a partir de material (metal) reciclado. Entre las más importantes y que brindaron información para la presente actualización del inventario se tienen a EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. y ACEROS AREQUIPA S.A. Asimismo, se contó con información proporcionada por FERROCAS E.I.R.L., empresa que se dedica al chatarreo (destrucción) de residuos metálicos, pero no produce acero o hierro en fundiciones.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 15-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Reciclaje de acero y hierro a partir de vehículos	Cantidad de vehículos reciclados (u/a)	Cantidad de Hg en vehículos (mg Hg/u)	Factores predeterminados

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular la cantidad de emisiones y liberaciones de mercurio que se producen por esta subcategoría se necesita conocer la cantidad de material reciclado y el contenido de mercurio en dicho material. Sin embargo, en caso no se cuente con dicha información, como es el caso de la presente actualización, el kit de herramientas propone factores de entrada predeterminados que utilizan como tasa de actividad, la cantidad de vehículos reciclados al año.

En ese sentido, se recopiló información sobre la cantidad de vehículos que se reciclaron para producir acero o hierro del 2018 al 2021. Al respecto, se contó con información proporcionada por EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A., CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A. y FERROCAS E.I.R.L., de las cuales, las dos primeras son empresas que producen acero y hierro a partir de metal reciclado, mientras que la última realiza chatarreo o destrucción de residuos metálicos que luego son vendidos a siderúrgicas posteriormente.

Asimismo, se contó con información institucional local (Lima y Callao), proveniente de la ATU, sin embargo, dicha entidad indicó que durante el 2021 no se realizó actividades de chatarreo de vehículos bajo su administración.

El primer paso para calcular las entradas de mercurio fue estimar el número de vehículos que se reciclaron en el 2021, esto a partir de la información brindada por las empresas y, a partir de supuestos que se formularon debido a la falta de información.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de material de reciclaje que utilizaron las empresas en el 2021.

Tabla 15-3: Cantidad de material reciclado en el 2021

Empresas	Chatarra (t)	Vehículos (u)	Acero producido (t)
Producción de acero y hierro	394 536,9	0,0	350 679,8
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	917,1	-	924,8
EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A.	393 619,7	-	349 755,0
Chatarreo (destrucción) de chatarra	16,7	10,0	0,0
FERROCAS E.I.R.L.	16,7	10,0	-
Total	394 553,5	10,0	350 679,8

Fuente: Empresas, 2022

Elaboración propia

Uno de los problemas que se tuvo para calcular las entradas de mercurio fue que las empresas EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. y ACEROS AREQUIPA S.A. no registran el material de reciclaje como unidades de vehículos, sino como peso de chatarra.

Considerando ello, se estableció un peso referencial para los vehículos reciclados. Para establecer dicho peso referencial, primero se determinó la cantidad total y tipo de vehículos existentes en el país durante el 2021, según lo reportado por el MTC. Luego, se investigó sobre el peso promedio de los diferentes tipos de vehículos y seguidamente se calculó un peso ponderado entre todos los tipos de vehículos que representa el peso referencial.

En la siguiente tabla se muestra cómo se determinó el peso referencial de las unidades vehiculares (requerido para calcular las entradas de mercurio), a partir de los tipos de vehículos que circularon en el país en el 2021.

Tabla 15-4: Estimación del peso de la unidad vehicular de referencia que se utiliza para calcular la entrada de mercurio de la subpartida "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"

Tipo de vehículo	Cantidad 2021 (u)	Peso (Kg/u) ⁽¹⁾
Automóvil	1 315 105,0	1 300,0
Station Wagon	558 282,0	1 100,0
Camioneta Pick Up	357 001,0	2 300,0
Camioneta Rural	449 786,0	2 300,0
Camioneta Panel	46 869,0	3 000,0
Omnibus	98 184,0	12 000,0
Camión	230 035,0	20 000,0
Remolcador	50 802,0	30 000,0
Remolque y Semi-remolque	80 666,0	30 000,0
Promedio ponderado	4 406,7 kg	

⁽¹⁾: Los pesos de cada tipo de vehículo son referenciales y se extrajeron de las fichas técnicas de modelos representativos de las marcas TOYOTA, NISSAN, HYUNDAI y VOLVO

Fuente: MTC, 2022

Si bien conocer el peso referencial de los vehículos ayuda para calcular el número de vehículos reciclados; no resulta suficiente para poder estimar las entradas de mercurio de esta subcategoría, ya que aún queda pendiente conocer el porcentaje que representan los vehículos del total del material reciclado. En ese sentido, al no contar con esta información específica, el equipo de trabajo asumió lo siguiente:

- Considerando que no toda la chatarra con la que se produce el acero o hierro proviene de vehículos y que, según lo indicado por ATU, en Lima y Callao no se registró chatarreo de vehículos en el 2021; se asumió que solo el 5% de la chatarra proviene de estas fuentes (vehículos) y el otro 95% proviene de otro tipo de chatarra.

Una vez que se tiene el peso de la unidad vehicular referencial (**4 406,7 kg**), y los datos que se asumieron en el párrafo anterior, se procedió a calcular la cantidad de vehículos reciclados por las empresas productoras de acero y hierro. Para ello se empleó las siguientes ecuaciones.

$$CT(t) = COF(t) + CV(t) = 394\,536,9\,t$$

$$COF(t) = 0,95 \times CT$$

$$CV(t) = 4,41 \times nV$$

Donde:

- CT: Chatarra reciclada total
- COF: Chatarra de otras fuentes reciclada
- CV: Chatarra de vehículos
- nV: Cantidad de vehículos reciclados

Reemplazando los datos en la ecuación se tiene la siguiente expresión

$$394\,536,9 = (0,95 \times 394\,536,9) + (4,41 \times nV)$$

$$4,41 \times nV = 19\,769,845 \rightarrow \boxed{nV = 4\,473\,vehículos}$$

Al resolver la ecuación se tiene que las empresas EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. y ACEROS AREQUIPA S.A. habrían reciclado un equivalente a 4 473 vehículo.

Antes de calcular las emisiones de mercurio para esta subcategoría, es necesario establecer los factores de entrada. Para este caso se utilizó los factores establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se muestran los factores máximos y mínimos utilizados.

Tabla 15-5: Factores de entrada de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"

Material	Factores de entrada (g Hg/vehículo reciclado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Vehículo reciclado	0,2	2

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calcula las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se presenta las entradas máximas y mínimas de esta subcategoría

Tabla 15-6: Entradas de mercurio de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"

Cantidad de vehículos reciclados - Tasa de actividad (u)	Factor de entrada min y max (g Hg/u)	Entrada min (Kg Hg)	Entrada max (Kg Hg)
4 473,0	0,2 - 2	0,9	8,9

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución utilizados.

Tabla 15-7: Factores de distribución de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Reciclaje de metal para producir acero y hierro	0,33		0,34		0,33	

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las emisiones y liberaciones de mercurio. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 15-8: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	0,3	3,0
Agua	0,0	0,0
Tierra (0,1)	0,3	3,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos (0,8)	0,3	3,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	0,9	8,9

Fuente: Elaboración propia

15.3. Producción de otros metales reciclados

Esta subcategoría incluye los procesos de reciclaje de metales que pueden contener mercurio. Entre estos destaca el aluminio, ya que el mercurio tiende a amalgamarse preferiblemente con este metal, por sobre los otros metales ferrosos como el cobre, plomo, zinc, entre otros.

Al respecto, el kit de herramientas del PNUMA cuenta con información escasa, por lo que no tiene establecido factores de emisión ni distribución. Asimismo, en el Perú existen limitadas fuentes de información para esta subcategoría, lo cual dificulta el cálculo o estimación de las emisiones y liberaciones de mercurio.

En ese sentido, la presente actualización del inventario, al igual que el primer inventario nacional, no logró recopilar información que permita calcular las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría.

15.4. Resumen de resultados de categoría 7

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 7

Tabla 15-9: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 7

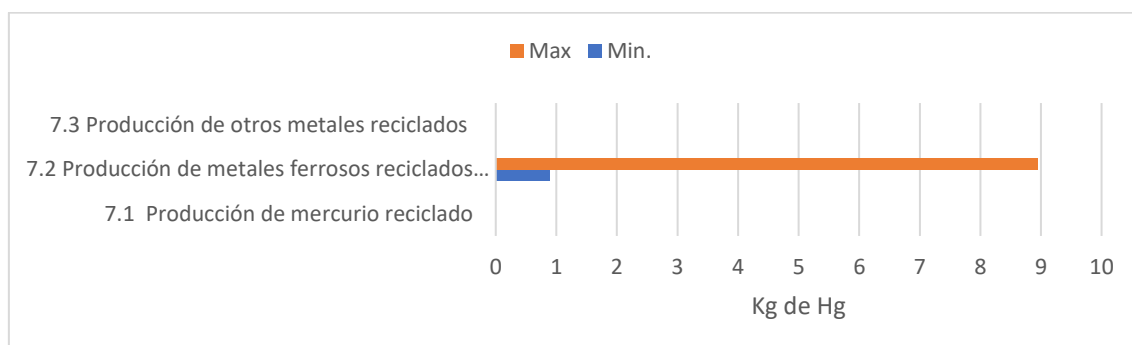
Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
7. Producción de metales reciclados	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,9	8,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,9	8,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Para esta categoría solo se identificó y cuantificó las emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría “producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)”. El gráfico 15-1 muestra que los valores máximos y mínimos fueron 0,9 y 8,9 kg de mercurio, los cuales representan el menor porcentaje de las 10 categorías estudiadas (0,001% y 0,003% respectivamente).

La amplia diferencia entre los valores máximos y mínimos se debe a que se utilizó los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

Gráfico 15-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 7



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el gráfico 15-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fueron el “aire”, la “tierra” y el “tratamiento general de residuos”

Gráfico 15-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 7



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 15-10 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 15-11 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 15-10: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
7. Producción de metales reciclados	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

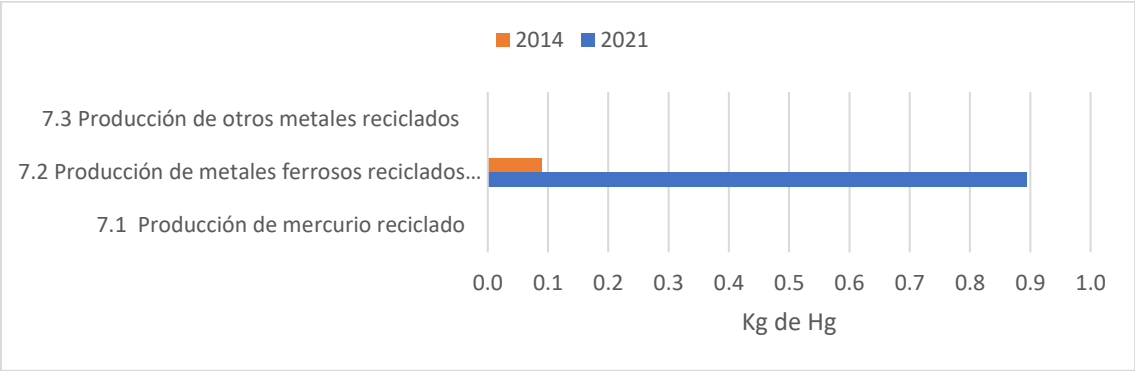
Tabla 15-11: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
7. Producción de metales reciclados	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,8	8,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,8	8,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

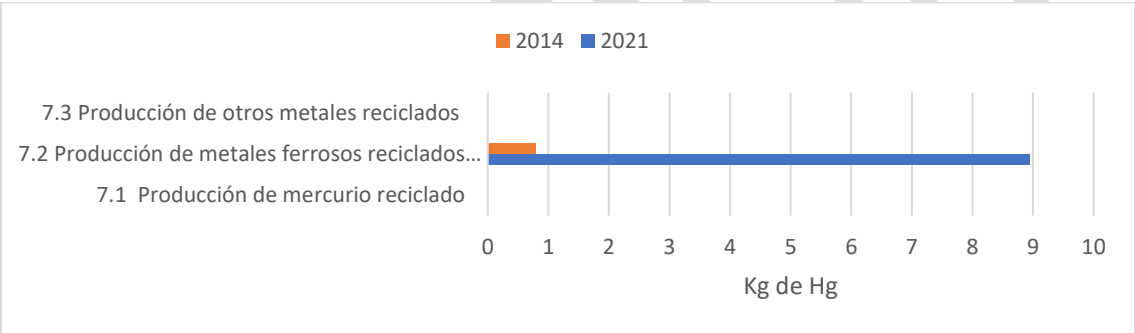
Los gráficos 15-3 y 15-4 muestran que las emisiones mínimas y máximas de mercurio aumentaron del 2014 al 2021. Las emisiones mínimas aumentaron de 0,1 a 0,9 kg, mientras que las máximas aumentaron de 0,8 a 8,9 kg de mercurio.

Gráfico 15-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 7



Fuente: Elaboración propia

16. CATEGORÍA 8: Incineración de residuos

La incineración es un tratamiento efectivo para eliminar agentes patógenos y toxinas, las cuales pueden ser destruidas a altas temperaturas y que permite disminuir hasta en un 90 % el volumen de los residuos (Ministerio del Ambiente, 2020). Sin embargo, durante este proceso se puede emitir mercurio, principalmente al aire, ya que este se puede encontrar contenido en residuos de productos que usaron intencionalmente este metal o como impureza en otros materiales de gran volumen como plástico, papel, etc.

Esta categoría incluye cinco subcategorías, dentro de las cuales se incluye también la quema al aire libre de residuos. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 16-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "incineración de residuos"

Subcategoría		¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
8.1	Incineración de residuos sólidos no peligrosos	S	X	x	x	x	X	EN/FP
8.2	Incineración de residuos sólidos peligrosos	S	X	x			X	EN/FP
8.3	Incineración de residuos de establecimientos de salud	S	X	x			X	EN/FP
8.4	Incineración de lodos residuales	N						
8.5	Quema al aire libre de residuos sólidos	S	X	X	X			EN

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

16.1. Incineración de residuos sólidos no peligrosos

Por lo general, los residuos no peligrosos no requieren ser incinerados, ya que este es un sistema de tratamiento que se utiliza principalmente en residuos peligrosos para reducir sus niveles de peligrosidad. Es por ello que, en el primer inventario nacional no se identificó que se haya utilizado este sistema de tratamiento en residuos no peligrosos.

Sin embargo, para la presente actualización del inventario, se identificó que la empresa KANAY S.A.C., una EO-RS autorizada por el MINAM para el tratamiento y disposición de residuos sólidos, sí realizó el tratamiento de residuos no peligrosos mediante su sistema de incineración. En ese sentido, en presente acápite se estimó las emisiones y liberaciones de mercurio provenientes de esta fuente.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos respectivos.

Tabla 16-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Incineración de residuos no peligrosos"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
-----------	-------------------	-------------------	---------------------------------

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Incineración de residuos no peligrosos	Cantidad de residuos no peligrosos incinerados (t/a)	Concentración de Hg en el RRSS no peligroso incinerado (g Hg/t RRSS)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de residuos no peligrosos que fueron incinerados en el país en el 2021 (tasa de actividad). Esta información fue proporcionada directamente por KANAY S.A.C., quien fue la única EO-RS que realizó esta actividad.

Por otra parte, se requirió conocer la concentración promedio de mercurio en el residuo incinerado; sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 16-3: Factores de entrada de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /t RRSS no peligroso incinerado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Incineración de RRSS no peligrosos	0,2	4

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 16-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"

Empresa	RRSS no peligrosos incinerados – Tasa de actividad (t)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/t)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
KANAY S.A.C	840,6	0,2 - 4	0,2	3,4

Fuente: KANAY S.A.C, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA, los cuales fueron definidos según el sistema de control de emisiones atmosféricas que posee el sistema de incineración. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos.

Tabla 16-5: Factores de distribución de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"

Sistema de control de emisiones	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Ninguno	1					
Reducción del MP con PES simple o similar	0,9					0,1
Control de gases ácidos con caliza (o absorbente de gases ácidos similar) y retención de MP con FT o	0,5					0,5

Sistema de control de emisiones	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
PES)						
Absorbentes específicos para mercurio y FT	0,1					0,9

Nota: PES – precipitador electrostático; FT - filtro de tela; MP – material particulado

Fuente: PNUMA, 2019

Para el cálculo se utilizó los factores correspondientes a “Control de gases ácidos con caliza (o absorbente de gases ácidos similar) y retención de MP con FT o PES)”, ya que KANAY S.A.C. indicó que para controlar las emisiones de su sistema de incineración realizan “depuración de gases mediante filtros secos y limpieza de gases con carbón activado”.

En la siguiente tabla se muestran las emisiones y liberaciones calculadas.

Tabla 16-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos no peligrosos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,5)	0,1	1,7
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,5)	0,1	1,7
Total	0,2	3,4

Fuente: Elaboración propia

16.2. Incineración de residuos sólidos peligrosos

Como se indicó en el acápite anterior, el tratamiento por incineración es más común en los residuos sólidos peligrosos que en los no peligrosos, ya que este proceso permite reducir los niveles de peligrosidad antes de ser dispuestos en celdas de seguridad autorizadas.

Cabe resaltar que los residuos con altas concentraciones de mercurio por lo general no son adecuados para la incineración, y es preferible retirarlos y tratarlos por separado; pero en la práctica esto no siempre se logra.

Al respectó, la DGRS del MINAM, quien administra el SIGERSOL, informó que en el 2021 las empresas INCINERAGAS E.I.R.L. y KANAY S.A.C. fueron las únicas EO-RS autorizadas que realizaron el tratamiento de residuos sólidos peligrosos mediante incineración.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos respectivos.

Tabla 16-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Incineración de residuos peligrosos”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Incineración de residuos peligrosos	Cantidad de residuos peligrosos incinerados (t/a)	Concentración de Hg en el RRSS peligroso incinerado (g Hg/t RRSS)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de residuos peligrosos que fueron incinerados en el país en el 2021 (tasa de actividad). Esta información fue provino de dos fuentes; la primera fue de KANAY S.A.C., quién suministró información de sus operaciones, y la segunda fuente fue la DGRS del MINAM, quien brindó información sobre las operaciones de INCINERAGAS E.I.R.L.

Por otra parte, se requirió conocer la concentración promedio de mercurio en el residuo incinerado; sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. Cabe mencionar que, el kit de herramientas tampoco cuenta con factores establecidos para esta subcategoría, pero recomienda utilizar los factores de la subcategoría “incineración de residuos hospitalarios”, ya que las fuentes de mercurio son similares.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 16-8: Factores de entrada de la subcategoría “Incineración de residuos sólidos peligrosos”

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /t RRSS peligroso incinerado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Incineración de RRSS no peligrosos	8	40

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 16-9: Entradas de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos"

Empresa	RRSS peligrosos incinerados – Tasa de actividad (t)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/t)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
INCINERAGAS E.I.R.L.	6,1	8 - 40	0,0	0,2
KANAY S.A.C	356,4	8 - 40	2,9	14,3
Total	362,5		2,9	14,5

Fuente: KANAY S.A.C., 2022 y DGRS del MINAM, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA, los cuales fueron definidos según el sistema de control de emisiones atmosféricas que posee el sistema de incineración. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos.

Tabla 16-10: Factores de distribución de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos"

Sistema de control de emisiones	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Ninguno	1					
Reducción del MP con PES simple o similar	0,9					0,1
Control de gases ácidos con caliza (o absorbente de gases ácidos similar) y retención de MP con FT o PES)	0,5					0,5
Absorbentes específicos para mercurio y FT	0,1					0,9

Nota: PES – precipitador electrostático; FT - filtro de tela; MP – material particulado

Fuente: PNUMA, 2019

Para el cálculo se utilizó los factores correspondientes a “Control de gases ácidos con caliza (o absorbente de gases ácidos similar) y retención de MP con FT o PES)”, ya que KANAY S.A.C. indicó que para controlar las emisiones de su sistema de incineración realizan “depuración de gases mediante filtros secos y limpieza de gases con carbón activado”.

Cabe señalar que no se tuvo información sobre el tipo de sistema de control de emisiones que utiliza INCINERAGAS E.I.R.L.; en sentido, se asumió con que cuenta un sistema similar al de KANAY S.A.C. En la siguiente tabla se muestran las emisiones y liberaciones calculadas.

Tabla 16-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos peligrosos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,5)	1,4	7,2
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (0,5)	1,4	7,2
Total	2,9	14,5

Fuente: Elaboración propia

16.3. Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud

En esta subcategoría se incluyen a los residuos sólidos que se encuentran dentro del alcance de la Norma Técnica de Salud N° 144-MINSA/2018/DIGESA “Gestión Integral y de Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud, Servicios Médicos de Apoyo y Centros de Investigación”, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 1295-2018-MINSA.

La norma citada en el párrafo anterior clasifica a los residuos provenientes de los centros de salud en residuos biocontaminados, especiales y comunes. Para fines de la presente actualización se identificó todas las infraestructuras de residuos autorizadas por el MINAM para realizar la incineración (tratamiento) de este tipo de residuos, comúnmente llamados, “hospitalarios”.

Al respecto, se contó con información de la DGRS del MINAM, quien administra el SIGERSOL; así como de las empresas que indicaron que realizan esta actividad (KANAY S.A.C. y TOWER AND TOWER S.A.).

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos respectivos.

Tabla 16-12; Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Incineración de residuos hospitalarios	Cantidad de residuos hospitalarios incinerados (t/a)	Concentración de Hg en el RRSS hospitalario incinerado (g Hg/t RRSS)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de residuos peligrosos que fueron incinerados en el país en el 2021 (tasa de actividad). Esta información fue proporcionada directamente por KANAY S.A.C. y TOWER AND TOWER S.A., quienes fueron las únicas EO-RS que realizaron esta actividad.

Por otra parte, se requirió conocer la concentración promedio de mercurio en el residuo incinerado; sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 16-13: Factores de entrada de la subcategoría “Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud”

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /t RRSS hospitalario incinerado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Incineración de RRSS hospitalarios	8	40

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 16-14: Entradas de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"

Empresa	RRSS hospitalarios incinerados – Tasa de actividad (t)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/t)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
KANAY S.A.C	3 916,1	8 - 40	31,3	156,6
TOWER AND TOWER S.A.	2,1	8 - 40	0,0	0,1
Total	3 918,2		31,3	156,7

Fuente: KANAY S.A.C., 2022 y TOWER AND TOWER S.A., 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA, los cuales fueron definidos según el sistema de control de emisiones atmosféricas que posee el sistema de incineración. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos.

Tabla 16-15: Factores de distribución de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"

Sistema de control de emisiones	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Ninguno	1					
Reducción del MP con PES simple o similar	0,9					0,1
Control de gases ácidos con caliza (o absorbente de gases ácidos similar) y retención de MP con FT o PES)	0,5					0,5
Absorbentes específicos para mercurio y FT	0,1					0,9

Nota: PES – precipitador electrostático; FT - filtro de tela; MP – material particulado

Fuente: PNUMA, 2019

Para el cálculo se utilizó los factores correspondientes a “Control de gases ácidos con caliza (o absorbente de gases ácidos similar) y retención de MP con FT o PES”, ya que, por una parte, KANAY S.A.C. indicó que para controlar las emisiones de su sistema de incineración realizan “depuración de gases mediante filtros secos y limpieza de gases con carbón activado”; mientras que por otra parte, TOWER AND TOWER S.A. indicó que para controlar sus emisiones utilizan un sistema de “lavado de gases”.

En la siguiente muestran las emisiones y liberaciones calculadas.

Tabla 16-16: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Incineración de residuos sólidos de establecimientos de salud"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,5)	15,7	78,4
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Tratamiento específico de residuos (0,5)	15,7	78,4
Total	31,3	156,7

Fuente: Elaboración propia

16.4. Incineración de lodos residuales

Los lodos residuales son el producto de cualquier proceso de tratamiento de aguas residuales independientemente de su origen (PNUMA, 2019). Las concentraciones de mercurio en estos dependerán directamente de las entradas de mercurio a las aguas residuales, y por lo tanto es probable que varíen mucho en diferentes circunstancias.

En el primer inventario nacional no se identificó infraestructuras de residuos sólidos que realicen el tratamiento de lodos residuales mediante incineración. Del mismo modo, para la presente actualización, ninguna empresa reportó que haya realizado esta actividad durante el 2021.

En se sentido, se consideró que esta subcategoría es una fuente no presente de emisiones y liberaciones de mercurio en el país.

16.5. Quema al aire libre de residuos sólidos

Esta subcategoría incluye la incineración de residuos sólidos realizadas en condiciones informales y al aire libre, sin controles de los gases de combustión. La información sobre la cantidad de residuos quemados bajo estas condiciones es difícil de determinar ya que esta actividad suele realizarse de manera informal.

En el primer Inventario Nacional no se contó con información estadística sobre la quema de residuos, por lo que las emisiones y liberaciones de mercurio bajo esta subcategoría fueron estimadas considerando la una tasa porcentual de la población del año de estudio (2014).

Para esta actualización, tampoco se contó con información estadística propiamente; sin embargo, se utilizó las estimaciones reportadas por la DGRS del MINAM para el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Desechos del 2016.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos respectivos.

Tabla 16-17: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Quema al aire libre de residuos sólidos”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Quema de RRSS al aire libre	Cantidad de RRSS quemados al aire libre (t/a)	Concentración de Hg en RRSS quemados al aire libre (g Hg/t RRSS)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de residuos que fueron quemados al aire libre en el 2021 (tasa de actividad); sin embargo, no se contó con información estadística actualizada.

Es por ello que, se decidió utilizó como fuente de información el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Desechos del 2016.DGRS del MINAM, en el cual se estimó para dicho año, la cantidad de residuos quemados al aire libre. Según dicho informe, la cantidad de residuos quemados al aire libre fue **134,4 toneladas**. Para dicha estimación se asumió que la mayor parte se debe a la generación rural de residuos por ser el ámbito con menor acceso a infraestructuras de disposición final.

Por otra parte, se requirió conocer la concentración promedio de mercurio en el residuo incinerado; sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 16-18: Factores de entrada de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /t RRSS quemado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Quema al aire libre de RRSS	0,2	4

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 16-19: Entradas de mercurio de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"

RRSS quemados al aire libre – Tasa de actividad (t)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/t)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
134 400,0	0,2 - 4	26,9	537,6

Fuente: MINAM-DGRS, 2016

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Ya que esta subcategoría trata de una actividad que se realiza al aire libre, de manera informal y sin ningún tipo de control, se asumió para el cálculo que la totalidad del mercurio se emite al aire (factor de distribución igual a 1).

En la siguiente muestran las emisiones y liberaciones calculadas.

Tabla 16-20: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Quema al aire libre de residuos sólidos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (1)	26,9	537,6
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	26,9	537,6

Fuente: Elaboración propia

16.6. Resumen de resultados de categoría 8

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 8.

Tabla 16-21: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 8

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
8. Incineración de residuos	44,1	624,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	87,3	61,3	712,2
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	0,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	0,2	3,4
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	1,4	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	7,2	2,9	14,5
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	15,7	78,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	78,4	31,3	156,7
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	26,9	537,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	537,6

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 16-1 muestra que la subcategoría que aportó mayores emisiones máximas de mercurio fue “quema al aire libre de residuos sólidos” (537,6 kg), mientras que la subcategoría “incineración de residuos peligrosos” fue la que aportó mayores emisiones mínimas (31,3 kg), considerando todas las vías de distribución.

Gráfico 16-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 8



Fuente: Elaboración propia

Para esta categoría, tanto en el 2014, como en el 2021, no se identificó emisiones de mercurio a partir de la subcategoría “incineración de lodos residuales”.

Por otra parte, en el gráfico 16-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas fueron el “aire” y el “tratamiento específico de residuos”.

Gráfico 16-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 8



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 16-22 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 16-23 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 16-22: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
8. Incineración de residuos	1 161,1	44,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	17,2	1 161,4	61,3
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	-	0,1	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,1	-	0,2
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4	0,6	2,9
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	2,2	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	15,7	2,4	31,3
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	1 158,4	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 158,4	26,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16-23: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
8. Incineración de residuos	11 597,5	624,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	87,3	11 599,0	712,2
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	-	1,7	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	1,7	-	3,4
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	2,8	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	7,2	3,1	14,5
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	11,0	78,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	78,4	12,2	156,7
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	11 583,7	537,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 583,7	537,6

Fuente: Elaboración propia

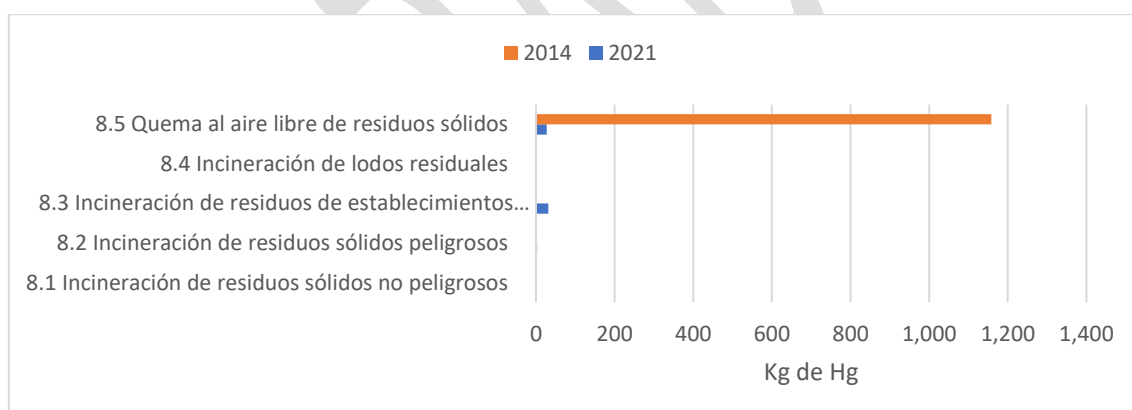
La primera diferencia entre el 2014 y el 2021 es que para la presente actualización se reportó información sobre “incineración de residuos sólidos no peligrosos”, la cual fue suministrada por la empresa KANAY S.A.C.; mientras que en el primer inventario no se identificó esta categoría como fuente de emisiones.

Por otra parte, en los gráficos 16-3 y 16-4 se observa que las emisiones y liberaciones mínimas y máximas de mercurio, correspondientes a la subcategoría “quema al aire libre de residuos sólidos” disminuyeron significativamente del 2014 al 2021. Las emisiones mínimas disminuyeron de 1 158,4 a 26,9 kg (98%); mientras que las máximas disminuyeron de 11 583,7 a 537,6 kg (95%).

Sin embargo, las subcategorías “incineración de residuos sólidos peligrosos” e “incineración de residuos de establecimientos de salud” presentaron aumentos en la cantidad de emisiones y liberaciones máximas y mínimas de mercurio. Para la primera subcategoría, las emisiones mínimas aumentaron de 0,6 a 2,9 kg y las máximas de 3,1 a 14,5 kg; mientras que para la segunda subcategoría, las emisiones mínimas aumentaron de 2,4 a 31,3 kg y las máximas de 12,2 a 156,7 kg.

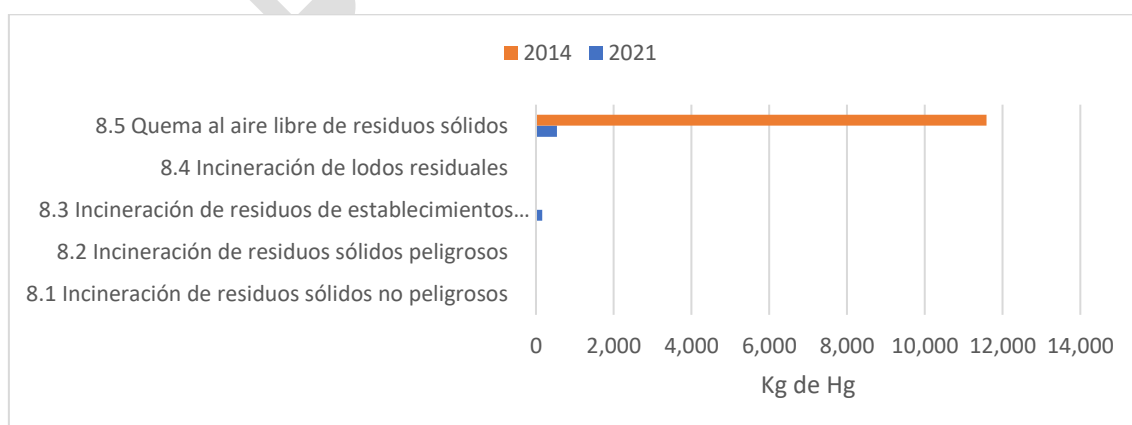
Los resultados muestran que ha aumentado el tratamiento por incineración de residuos sólidos y con ello, ha disminuido significativamente las emisiones provenientes de la quema al aire libre de residuos. Esto se debería a la mayor regulación y control que se viene dando en la gestión y manejo de residuos sólidos a nivel nacional.

Gráfico 16-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 8



Fuente: Elaboración propia

17. CATEGORÍA 9: Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales

Esta categoría principal incluye cinco subcategorías. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 17-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales"

Subcategoría		¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
9.1	Disposición controlada de residuos sólidos	S	x	x	X		X	EN/FP
9.2	Depósitos difusos con algún control	S	x	X	X		X	EN
9.3	Disposición informal <i>in situ</i> de residuos industriales	N	X	X	X			FP
9.4	Disposición informal de residuos en botaderos	S	X	X	X			EN
9.5	Tratamiento de aguas residuales	S		X	X		x	EN/FP

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

17.1. Disposición controlada de residuos sólidos

Esta subcategoría hace referencia a los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios del país, ya que estos garantizan que los residuos queden confinados de manera segura evitando que lixiviados contaminen el suelo o se generen emisiones de gases descontroladas.

En el caso del Perú, existe la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo N° 1278) y su Reglamento, los cuales establecen los lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos en el país.

Al respecto, este marco normativo diferencia los tipos de residuos en peligrosos y no peligrosos, de modo que cada uno sigue un manejo diferente hasta su disposición final, donde los residuos no peligrosos son dispuestos en rellenos sanitarios, mientras que los residuos peligrosos son dispuestos en rellenos de seguridad.

Para la presente subcategoría solo se cuantificó las emisiones y liberaciones de mercurio provenientes de la disposición final de los residuos municipales no peligrosos en rellenos sanitarios, ya que las emisiones provenientes de los residuos peligrosos han venido siendo contabilizadas indirectamente para cada subcategoría como una de las vías de distribución del mercurio.

Es por ello que para esta subcategoría se trabajó con la información proporcionada por la DGRS del MINAM sobre la cantidad de residuos sólidos municipales que fueron dispuestos de manera controlada en los rellenos sanitarios del país durante el 2021.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 17-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Disposición final de RRSS municipales no peligrosos en rellenos sanitarios	Cantidad de RRSS municipales no peligrosos dispuestos en rellenos sanitarios (t/a)	Cantidad de Hg en RRSS municipales no peligrosos dispuestos en rellenos sanitarios (g Hg/t RRSS)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de residuos municipales no peligrosos que fueron dispuestos en rellenos sanitarios en el 2021 (tasa de actividad). Esta información fue proporcionada por la DGRS del MINAM, la cual ascendió a un total de **5 034 337,86 toneladas**.

Por otra parte, se requirió conocer la concentración promedio de mercurio en el residuo no municipal dispuesto en el relleno sanitario; sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 17-3: Factores de entrada de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /t RRSS municipales no peligrosos)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Disposición de RRSS municipales no peligrosos en rellenos sanitarios	0,2	4

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 17-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"

RRSS municipales no peligrosos dispuestos en rellenos sanitarios – Tasa de actividad (t)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/t)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
5 034 337,86	0,2 - 4	1 006,9	20 137,4

Fuente: MINAM-DGRS, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución utilizados.

Tabla 17-5: Factores de distribución de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Disposición de RRSS municipales no peligrosos en rellenos sanitarios	0,01	0,0001				

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las emisiones y liberaciones de mercurio. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 17-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Disposición controlada de residuos sólidos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,01)	10,1	201,4
Agua (0,0001)	0,1	2,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	10,2	203,4

Fuente: Elaboración propia

17.2. Depósitos difusos con algún control

El Kit de Herramientas del PNUMA considera a esta subcategoría con la intención de cubrir el depósito difuso de tipos especiales de desechos, que podrían estar generando emisiones y liberaciones de mercurio.

Asimismo, el kit de herramientas indica que esta subcategoría es referencial, ya que la cuantificación de las emisiones provenientes de este tipo de residuos ya ha sido considerada en cada subcategoría individual como parte de la vía de distribución “tratamiento específico de residuos”.

En el caso del primer Inventario Nacional, esta subcategoría fue representada por las emisiones y liberaciones de mercurio que pudiesen ocurrir en “botaderos en proceso de adecuación”. Sin embargo, tanto para el primer inventario como para esta actualización, no se logró recoger data de los residuos que son destinados a dichos botaderos específicos.

17.3. Disposición informal in situ de residuos industriales

El Kit de Herramientas considera a esta subcategoría con la intención de cubrir lugares informales donde históricamente se hayan dispuestos residuos industriales que puedan contener gran cantidad de mercurio y de los cuales se tengan registros.

Sin embargo, en el Perú no se cuenta con registros de esta clase de depósitos históricos. Es por ello que, en el primer inventario se informó que muchos residuos industriales son dispuestos con los residuos municipales en rellenos sanitarios. Para la presente actualización no se identificó depósitos informales donde se hayan venido disponiendo residuos industriales que puedan contener altas cantidades de mercurio.

17.4. Disposición informal de residuos en botaderos

Los botaderos son lugares informales que no cuentan con las características técnicas apropiadas para recibir y contener residuos sólidos. Estos depósitos informales, al no contar con sistemas apropiados de control de emisiones ni lixiviados, hacen que el mercurio contenido en los residuos pueda ser emitido y liberado fácilmente al ambiente.

En el caso de Perú, en los últimos años se fortaleció la normativa nacional para la gestión integral de residuos sólidos, lo que produjo que la disposición controlada de residuos sólidos en el país mejore. No obstante, existen aún vacíos por cubrir para alcanzar una cobertura completa de disposición final en infraestructuras adecuadas

En ese sentido, para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio por esta subcategoría, se contó con la información proporcionada por la DGRS del MINAM sobre la cantidad de residuos sólidos que son dispuestos en botaderos informales.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos respectivos.

Tabla 17-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría “Disposición informal de residuos en botaderos”

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Disposición de RRSS en botaderos	Cantidad de RRSS dispuestos en botaderos (t/a)	Concentración de Hg en el RRSS dispuestos en botaderos (g Hg/t RRSS)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de residuos que fueron dispuestos en botaderos en el 2021 (tasa de actividad). Este dato fue estimado a partir de la información proporcionada por la DGRS del MINAM.

La estimación consistió en restar la cantidad de residuos sólidos municipales dispuestos en rellenos sanitarios del total de residuos sólidos municipales generados, ambos fueron datos proporcionados por la DGRS del MINAM

En la siguiente tabla se muestra los datos que se consideraron para la estimación y el resultado de la cantidad de residuos sólidos dispuestos en botaderos.

Tabla 17-8: Estimación de la cantidad de RRSS dispuestos de manera informal en botaderos

Generación total de RRSS municipales - A (t)	RRSS municipales dispuestos en rellenos sanitarios - B (t)	RRSS dispuestos en botaderos C = A - B (t)
8 214 355,90	5 034 337,86	3 180 018,04

Fuente: MINAM-DGRS, 2022
Elaboración propia

Por otra parte, se requirió conocer la concentración promedio de mercurio en el residuo dispuesto en los botaderos; sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 17-9: Factores de entrada de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /t RRSS dispuesto en botadero)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Disposición de RRSS en botaderos	0,2	4

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 17-10: Entradas de mercurio de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"

RRSS dispuestos en botaderos - Tasa de actividad (t)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/t)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
3 180 018,04	0,2 - 4	636,0	12 720,1

Fuente: MINAM-DGRS, 2022
Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Ya que esta subcategoría trata de la disposición de residuos sobre el suelo desnudo, y que se realiza al aire libre, de manera informal y sin ningún tipo de control, el kit de herramientas estableció que la vía predominante que sigue el mercurio es la "tierra".

En la siguiente tabla se muestran factores de distribución establecidos por el kit de herramientas.

Tabla 17-11: Factores de distribución de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"

Actividad	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Disposición informal de RRSS en botaderos	0,1	0,1	0,8			

Fuente: PNUMA, 2019

Finalmente, se calculó las emisiones y liberaciones de mercurio. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 17-12: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Disposición informal de residuos en botaderos"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (0,1)	63,6	1 272,0
Agua (0,1)	63,6	1 272,0
Tierra (0,8)	508,8	10 176,1
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	636,0	12 720,1

Fuente: Elaboración propia

17.5. Tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son instalaciones que reciben aguas residuales de fuentes domésticas e industriales y luego la limpian, la filtran y la tratan en distintas maneras para eliminar materiales dañinos y para producir agua bajo determinados estándares como para que no represente riesgos a la salud o el ambiente.

Las aguas residuales tratadas o transportadas poseen una concentración de mercurio originadas principalmente por: 1) mercurio utilizado intencionalmente en productos y procesos (como amalgamas dentales, derrame de termómetros y otros dispositivos, y descargas industriales); y 2) mercurio en la atmósfera lavado por precipitación que termina en sistemas de aguas residuales (originado tanto de fuentes antropogénicas como naturales).

El tratamiento de aguas residuales está centrado principalmente en el ámbito de las EPS de saneamiento, que son las responsables de administrar los sistemas de alcantarillado que conducen las aguas residuales a las PTAR en el ámbito urbano. No obstante, el sector privado como manufactura, minería, hidrocarburos y otros también cuentan con PTAR para el tratamiento de sus efluentes.

En la siguiente tabla se presenta las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos respectivos.

Tabla 17-13: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factor de distribución o salida
Generación de aguas residuales	Cantidad de aguas residuales tratadas o transportadas (t/a)	Concentración de Hg en el agua residual tratada o transportada ($\mu\text{g Hg/L}$)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad aguas residuales que fueron tratadas o transportadas en el 2021 (tasa de actividad). A continuación, se presenta la data recolectada.

- A partir de los reportes remitidos por las EPS hasta octubre del año 2021, se obtuvo un total de 202 PTAR, de las cuales 171 están en funcionamiento, 4 en construcción y 27 en situación de obras paralizadas por problemas en el diseño o en la ejecución de obras.
- Se recibió respuesta de 49 PTAR quienes compartieron su data del periodo 2018 – 2021. Se utilizó la data de dichas PTAR para estimar la cantidad de aguas residuales tratadas o transportadas.
- De acuerdo con la SUNASS, el volumen de aguas residuales domésticas tratadas en el país para el año 2020 fue de 928 817 139 m^3 . El equipo de trabajo aprovecha este dato y la información ofrecida por las PTAR para estimar que las aguas residuales tratadas para el año 2021 fue de **984 817 981 m^3** .
- SUNASS no proporcionó el dato exacto sobre el volumen de aguas residuales sin tratar del año 2021. Sin embargo, sí ofreció el historial del periodo 2015 – 2020. A partir del mismo se pudo verificar que el volumen de aguas residuales sin tratar corresponde aproximadamente al 22% de toda el agua residual vertida a los alcantarillados. Por lo

tanto, se puede estimar que durante el 2021 hubo un volumen estimado de aguas residuales no tratadas igual a **277 769 174 m³**.

- A partir de los datos previamente mencionados se determinó que el volumen total de aguas residuales domésticas para el año 2021 es de **1 262 587 155 m³**.
- De la data recibida de las empresas se puede determinar que el **72%** de las aguas residuales que llegaron a las PTAR recibieron tratamiento mecánico y biológico, es decir **709 068 946 m³** aproximadamente. También se verificó que todas las PTAR utilizaron al menos tratamiento mecánico. Esto quiere decir que el restante **275 749 035 m³** recibió tratamiento solo mecánico.
- La Autoridad Nacional de Agua (ANA) reportó que durante el 2021 el volumen de aguas residuales industriales tratadas fue de **211 638 158 m³**.
- Las PTARI (Planta de tratamiento de aguas residuales industriales) si ofrecieron un valor de concentración de mercurio, pero los valores varían mucho entre las distintas empresas en el rango **0,00009 – 0,0018 mg Hg/L**. El equipo de trabajo opta por hacer dos cálculos diferenciados para las aguas residuales industriales considerando los valores mínimos y máximos de concentración de mercurio reportados.
- Las PTARI reportan sistemas de tratamiento de mayor complejidad por lo que el equipo de trabajo opta por utilizar los valores correspondientes al tratamiento mecánico/biológico para el cálculo de liberaciones en el caso de las aguas residuales industriales.

Una vez definida la tasa de actividad para los diferentes tipos de tratamiento, se establece los factores de entrada. Considerando que no se cuenta con información sobre la concentración de mercurio en los efluentes residuales domésticos, se opta por utilizar los recomendados por el kit de herramientas del PNUMA. Sin embargo, sí se cuenta con valores de concentración para las aguas industriales que llegan a las PTARI, por se consideraron estos como factores de entrada para las aguas industriales.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada que se utilizaron.

Tabla 17-14: Factores de entrada de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (µg Hg /L agua residual)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Generación de efluentes domésticos	0,5	10
Generación de efluentes industriales	0,5	1,8

Fuente: PNUMA, 2019
Elaboración propia

Finalmente, se calculó las entradas de mercurio según el tipo de tratamiento y tipo de efluente. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 17-15: Entradas de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"

Escenario	Cantidad (m ³)	Factor de entrada min y máx. (µg/L)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
Aguas residuales domésticas sin tratamiento	277 769 174	0,5 - 10	138,9	2 777,7
Aguas residuales domésticas tratadas con tratamiento mecánico	275 749 035	0,5 - 10	137,9	2 757,5
Aguas residuales domésticas	709 068 946	0,5 - 10	354,5	7 090,7

Escenario	Cantidad (m³)	Factor de entrada min y máx. (µg/L)	Entrada min (kg Hg)	Entrada max (kg Hg)
tratadas con tratamiento mecánico/biológico sin reutilización de lodos				
Aguas residuales industriales tratadas	211 638 158	0,5 - 1,8	105,8	381,0
TOTAL	1 474 225 313	-	737,1	13 006,8

Fuente: SUNASS, 2021 y EPS, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones o liberaciones (salidas)

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA, los cuales fueron definidos según el sistema de tratamiento de aguas residuales que poseen las PTAR. En la siguiente tabla se muestran los factores de distribución establecidos.

Tabla 17-16: Factores de distribución de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales"

Sistema de tratamiento de aguas residuales	Factores de distribución de Hg					
	Aire	Agua	Tierra	Productos	Tratamiento general de RRSS	Tratamiento específico de RRSS
Ninguno		1				
Solo tratamiento mecánico		0,9			0,1	
Tratamiento mecánico y biológico (lodos activados), sin aplicación de lodos al suelo		0,5			0,3	0,2
Tratamiento mecánico y biológico (lodos activados), 40% de lodos aplicados al suelo		0,5	0,2		0,15	0,15

Fuente: PNUMA, 2019

Los cálculos consideraron todos los escenarios propuestos por el kit de herramientas, excepto el último, ya que en ningún caso se registró una PTAR que aplique sus lodos al suelo. En ese sentido, se calculó las emisiones y liberaciones para cada tipo de tratamiento y posteriormente se sumó y consolidó las emisiones y liberaciones totales.

En la tabla 17-17 se muestra las emisiones y liberaciones de mercurio cuando no se tuvo ningún tratamiento (descarga directa), en la tabla 17-18 cuando se tuvo solo tratamiento mecánico, en la tabla 17-19 cuando se tuvo tratamiento mecánico y biológico, pero sin aplicar los lodos al suelo, y en la tabla 17-20 para el caso de las PTARI, y finalmente, en la tabla 17-20 se presenta el consolidado de las emisiones y liberaciones totales.

Tabla 17-17: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Sin tratamiento

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua	138,9	2.777,7
Tierra	0,00	0,00
Productos	0,00	0,00
Tratamiento general de residuos	0,00	0,00

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Tratamiento específico de residuos	0,00	0,00
Total	138,9	2.777,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17-18: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Con tratamiento solo mecánico

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua	124,1	2.481,7
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	13,8	275,8
Tratamiento específico de residuos	0,0	0,0
Total	137,9	2.757,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17-19: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Con tratamiento mecánico y biológico, sin aplicación de lodos al suelo

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0
Agua	177,3	3.545,4
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	106,4	2.127,2
Tratamiento específico de residuos	70,9	1.418,1
Total	354,5	7.090,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17-20: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – PTAR (efluentes industriales)

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,00	0,00
Agua	52,91	190,48
Tierra	0,00	0,00
Productos	0,00	0,00
Tratamiento general de residuos	31,75	114,29
Tratamiento específico de residuos	21,16	76,19
Total	105,82	380,95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17-21: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Tratamiento de aguas residuales" – Consolidado, totales

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0	0
Agua	493,1	8.995,3
Tierra	0	0

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Productos	0	0
Tratamiento general de residuos	151,9	2 517,2
Tratamiento específico de residuos	92,07	1 494,3
Total	737,1	13 006,8

Fuente: Elaboración propia

17.6. Resumen de resultados de categoría 9

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 9.

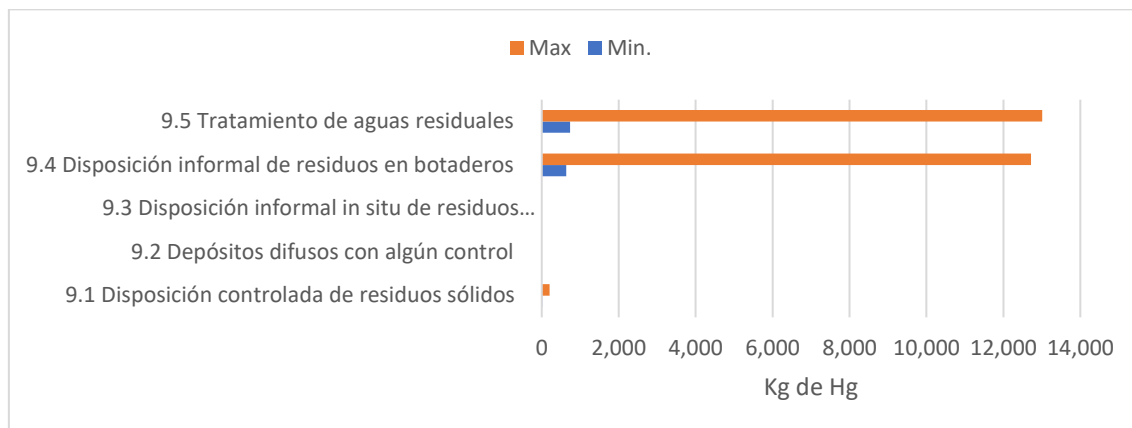
Tabla 17-22: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 9

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	73,7	1 473,4	556,8	10 269,3	508,8	10 176,1	0,0	0,0	151,9	2 517,2	92,1	1 494,3	1 383,3	25 930,3
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	10,1	201,4	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	203,4
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	63,6	1 272,0	63,6	1 272,0	508,8	10 176,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	636,0	12 720,1
9.5 Tratamiento de aguas residuales	0,0	0,0	493,1	8 995,3	0,0	0,0	0,0	0,0	151,9	2 517,2	92,1	1 494,3	737,1	13 006,8

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 17-1 muestra que las subcategorías que aportaron mayores emisiones mínimas y máximas de mercurio fueron “tratamiento de aguas residuales” (737,1 y 13 006,8 kg respectivamente) y “disposición informal de residuos en botaderos” (636 y 12 720,1 kg), considerando todas las vías de distribución.

Gráfico 17-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 9



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el gráfico 17-2 se observa que las vías de distribución que representaron el mayor porcentaje de las emisiones mínimas y máximas de mercurio fueron el “agua” y la “tierra”

Gráfico 17-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 9



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 17-23 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 17-24 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 17-23: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	416,8	73,7	747,9	556,8	2 929,1	508,8	0,0	0,0	109,3	151,9	77,2	92,1	4 280,2	1 383,3
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	52,8	10,1	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,3	10,2
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	364,0	63,6	364,0	63,6	2 911,7	508,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3 639,6	636,0
9.5 Tratamiento de aguas residuales	0,0	0,0	383,4	493,1	17,4	0,0	0,0	0,0	109,3	151,9	77,2	92,1	587,3	737,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17-24: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	4 167,5	1 473,4	11 313,4	10 269,3	29 465,6	10 176,1	0,0	0,0	2 185,4	2 517,2	1 542,9	1 494,3	48 674,8	25 930,3
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	527,9	201,4	5,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	533,2	203,4
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	3 639,6	1 272,0	3 639,6	1 272,0	29 116,9	10 176,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36 396,1	12 720,1
9.5 Tratamiento de aguas residuales	0,0	0,0	7 668,5	8 995,3	348,7	0,0	0,0	0,0	2 185,4	2 517,2	1 542,9	1 494,3	11 745,5	13 006,8

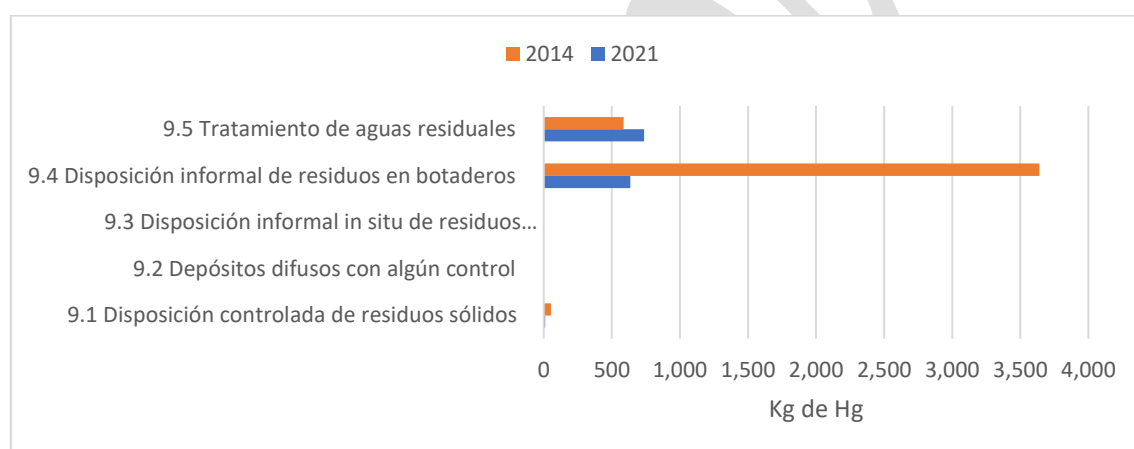
Fuente: Elaboración propia

El gráfico 17-3 muestra que la subcategoría “disposición informal de residuos en botaderos” fue la que presentó la mayor reducción de emisiones de mercurio desde el 2014 al 2021; las emisiones mínimas se redujeron de 3 639,6 a 636 kg (83%) y las máximas pasaron de 36 396,1 a 12 720,1 kg (65%).

Otra subcategoría que también disminuyó en sus emisiones, pero en menor medida, fue “disposición controlada de residuos sólidos”, cuyas emisiones mínimas pasaron de 53,3 a 10,2 kg (81%) y las máximas pasaron de 533,2 a 203,4 (62%).

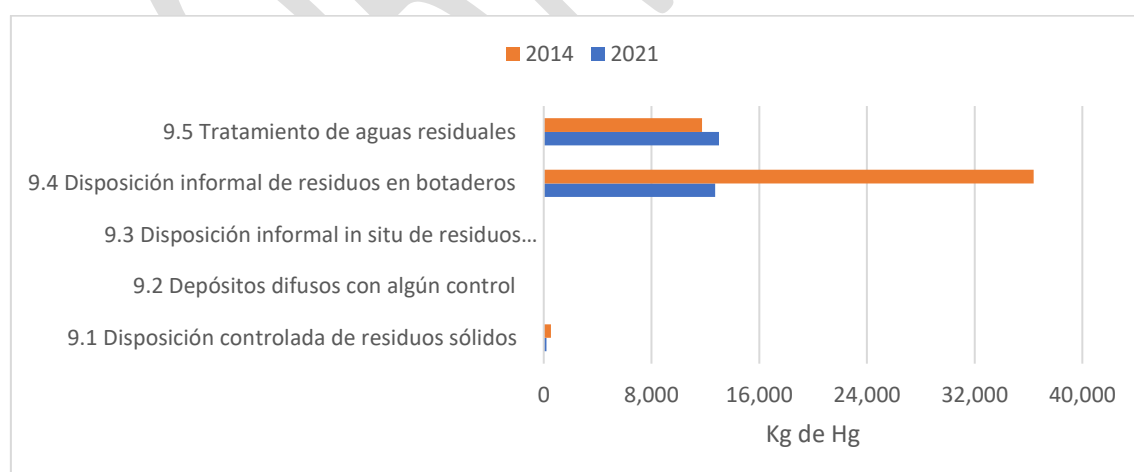
Finalmente, la subcategoría “tratamiento de aguas residuales” presentó un aumento de sus emisiones y liberaciones máximas y mínimas de mercurio desde el 2014 al 2021. Las emisiones mínimas pasaron de 587,3 a 731,1 kg (26%), mientras que las máximas pasaron de 11 745,5 a 13 006,8 kg (11%).

Gráfico 17-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 9



Fuente: Elaboración propia

18. CATEGORÍA 10: Crematorios y cementerios

Esta categoría principal incluye solo dos subcategorías. En la siguiente tabla se muestra las subcategorías indicando si son fuentes que están presentes en el país, las vías de distribución que siguen las emisiones y liberaciones de mercurio, y el enfoque que se tuvo para recopilar la información al realizar el inventario.

Tabla 18-1: Subcategorías, vías de distribución de emisiones de mercurio y enfoques de la categoría "crematorios y cementerios"

	Subcategoría	¿Fuente presente?	Aire	Agua	Tierra	Productos	Residuo	Principal Enfoque
10.1	Crematorios	S	X				x	EN/FP
10.2	Cementerios	S			X			EN/FP

Notas: S= presente. N: Ausente. FP= Enfoque de fuente puntual. EN= Enfoque nacional.

X= Vía de emisión que predomina en la subcategoría.

x= Vías de emisión adicionales, según las fuentes específicas y la situación nacional.

Fuente: PNUMA, 2019

18.1. Crematorios

La cremación es una práctica común en muchas sociedades y una gran cantidad de cremaciones ocurren en el mundo todos los años. Durante este proceso, la mayoría del mercurio emitido se debe a la presencia de los empastes dentales de amalgama que pudiesen tener los cadáveres humanos, pero también pueden emitirse cantidades pequeñas de mercurio presentes en tejidos corporales.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 18-2: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Crematorios"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Cremación de cadáveres	Cantidad de cadáveres cremados (cadáver/a)	Cantidad de Hg en los cadáveres (g Hg/cadáver)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de cremaciones que se realizaron en el país en el 2021. Para esto, si bien la información es limitada ya que actualmente no existe una entidad que recopile la cantidad de cremaciones a nivel nacional, sí se contó con datos proporcionados por el SINADEF, la DIGESA, las DIRESA y algunos crematorios. La información con la que se contó fue la siguiente:

- Según el SINADEF, en el año 2021, se reportó un total de **258 340 defunciones** en el país.
- Según la DIGESA, quien elabora y actualiza el inventario de cementerios y crematorios a nivel nacional, para el 2021 hubo un total de **22 crematorios funcionando**.
- Siete (07) crematorios reportaron un total de 1 400 cremaciones en el 2021

Ya que no se cuenta con estadísticas del número total de cremaciones realizadas en el país, se tuvo que estimar este valor a partir de los datos existente. Sin embargo, para ello se tuvo que asumir lo siguiente:

- La cantidad de cremaciones es la misma para todos los crematorios del país

Bajo dicha asunción y conociendo la cantidad de cremaciones realizadas por 7 crematorios (1400 cremaciones) y el número de crematorios que existen en el país (22 crematorios) se pudo estimar la cantidad de cremaciones que se habrían realizado en todos los crematorios del país. El valor estimado fue **4 400 cremaciones**.

Por otra parte, se requirió conocer la cantidad de mercurio contenido en los cadáveres cremados. Sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.

En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 18-3: Factores de entrada de la subcategoría "Crematorios"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /cadáver cremado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Cremación de cadáveres	1	4

Fuente: PNUMA, 2019

Considerando lo anteriormente descrito, se procedió a calcular las entradas de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 18-4: Entradas de mercurio de la subcategoría "Crematorios"

Actividad	Cantidad de cremaciones – Tasa de actividad (cadáver)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/cadáver)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
Cremaciones a nivel nacional	4 400	1 - 4	4,4	17,6

Fuente: Crematorios, 2022 y DIGESA, 2022

Elaboración propia

Cabe mencionar que el kit de herramientas indica que cuando se hace uso de los factores de entrada predeterminados, es necesario realizar un ajuste a las entradas calculadas. Este ajuste se base en el número de odontólogos por cada 1000 habitantes, para lo cual se utilizó las siguientes fórmulas.

$$Entrada\ ajustada_{min\ o\ max} = Entrada\ precalculada_{min\ o\ max} \times \frac{Factor\ nacional}{Factor\ de\ ajuste}$$

$$Factor\ nacional = \frac{\# de\ dentistas}{\# de\ habitantes} \times 1\ 000$$

Donde:

- El factor nacional es el número de dentista en el Perú por cada 1 000 habitantes
- El factor de ajuste es 0,829190790653228 dentistas en países de referencia/1 000 hab.

A partir de las fórmulas expresadas anteriormente y conociendo que el número de odontólogos en el 2021 fue 6 650 (MINSA, 2021) y que la población nacional fue 33 035 304 habitantes (INEI, 2022), se procedió a calcular las entradas máximas y mínimas ajustadas.

En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 18-5: Entradas ajustadas de mercurio de la subcategoría "Crematorios"

N° de odontólogos en el 2021	Población nacional 2021	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)	Entrada min. ajustada (Kg Hg)	Entrada max. ajustada (Kg Hg)
6 650	33 035 304	4,4	17,6	1,1	4,3

Fuente: MINSA, 2021 e INEI, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. Al respecto, el factor recomendado por el kit es solo para la vía de distribución "aire", cuyo valor es 1 (es decir, se asume que el 100 % del mercurio en los cadáveres cremados se emite al aire).

En la siguiente tabla se muestran las emisiones calculadas

Tabla 18-6: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Crematorios"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire (1)	1,1	4,3
Agua	0,0	0,0
Tierra	0,0	0,0
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos	0,0	1,0
Total	1,1	4,3

Fuente: Elaboración propia

18.2. Cementerios

Los cementerios son áreas donde se entierran los cadáveres humanos. Como tal, un cadáver humano puede contener mercurio, principalmente por amalgamas dentales que no fueron extraídas antes de ser inhumado. En ese sentido, según el kit de herramientas del PNUMA, el mercurio proveniente de esta fuente puede ser liberado a la tierra, y por ello se debe considerar su cálculo.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las expresiones que se tuvieron en cuenta para los cálculos.

Tabla 18-7: Expresiones para calcular las emisiones de mercurio provenientes de la subcategoría "Cementerios"

Actividad	Tasa de actividad	Factor de entrada	Factores de distribución o salida
Inhumación de cadáveres	Cantidad de cadáveres inhumados (cadáver/a)	Cantidad de Hg en los cadáveres (g Hg/cadáver)	Factores predeterminados

Fuente: PNUMA, 2019

Cálculo de entradas de mercurio

Para calcular las entradas de mercurio, primero se requirió conocer la cantidad de inhumaciones que se realizaron en el país en el 2021. Para esto, si bien la información es limitada ya que actualmente no existe una entidad que recopile la cantidad de inhumaciones a nivel nacional, sí se contó con datos proporcionados por el SINADEF, la DIGESA, las DIRESA y algunos cementerios. La información con la que se contó fue la siguiente:

- Según el SINADEF, en el año 2021, se reportó un total de **258 340 defunciones**.
- En el capítulo previo (cremaciones) se concluyó que el número estimado de cremaciones del 2021 fue de **4 400 cremaciones**.

Ya que no se cuenta con estadísticas del número total de inhumaciones realizadas en el país, se tuvo que estimar este valor a partir de los datos existente. Sin embargo, para ello se tuvo que asumir lo siguiente.

- Todas las defunciones se transformaron en inhumaciones a excepción de aquellos cadáveres que fueron cremados

Bajo dicha asunción y conociendo la cantidad de defunciones en el 2021 y el número de cremaciones de ese mismo año, se pudo estimar la cantidad de inhumaciones que se habrían realizado en todos los cementerios del país. El valor estimado fue **253 940 inhumaciones**.

Por otra parte, se requirió conocer la cantidad de mercurio contenido en los cadáveres inhumados. Sin embargo, al no contar con esta información, se decidió utilizar los factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. En la siguiente tabla se presentan los factores de entrada utilizados.

Tabla 18-8: Factores de entrada de la subcategoría "Cementerios"

Proceso	Factores de entrada predeterminados (g Hg /cadáver inhumado)	
	Factor mínimo	Factor máximo
Inhumación de cadáveres	1	4

Fuente: PNUMA, 2019

Considerando lo anteriormente descrito, se procedió a calcular las entradas de mercurio para esta subcategoría. En la siguiente tabla se muestra la tasa de actividad y las entradas máximas y mínimas calculadas.

Tabla 18-9: Entradas de mercurio de la subcategoría "Cementerios"

Actividad	Cantidad de inhumaciones – Tasa de actividad (cadáver)	Factor de entrada min. y max. (g Hg/cadáver)	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)
Inhumaciones a nivel nacional	253 940	1 - 4	253,9	1 015,8

Fuente: SINADEF, 2022

Elaboración propia

Cabe mencionar que, al igual que la subcategoría "cremaciones", el kit de herramientas indica que cuando se hace uso de los factores de entrada predeterminados, es necesario realizar un ajuste a las entradas calculadas. Este ajuste se base en el número de odontólogos por cada 1000 habitantes, para lo cual se utilizó las siguientes fórmulas.

$$Entrada\ ajustada_{min\ o\ max} = Entrada\ precalculada_{min\ o\ max} \times \frac{Factor\ nacional}{Factor\ de\ ajuste}$$

$$Factor\ nacional = \frac{\# de\ dentistas}{\# de\ habitantes} \times 1\ 000$$

Donde:

- El factor nacional es el número de dentista en el Perú por cada 1 000 habitantes
- El factor de ajuste es 0,829190790653228 dentistas en países de referencia/1 000 hab.

A partir de las fórmulas expresadas anteriormente y conociendo que el número de odontólogos en el 2021 fue 6 650 (MINSA, 2021) y que la población nacional fue 33 035 304 habitantes (INEI, 2022), se procedió a calcular las entradas máximas y mínimas ajustadas.

En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 18-10: Entradas ajustadas de mercurio de la subcategoría "Cementerios"

N° de odontólogos en el 2021	Población nacional 2021	Entrada min. (Kg Hg)	Entrada max. (Kg Hg)	Entrada min. ajustada (Kg Hg)	Entrada max. ajustada (Kg Hg)
6 650	33 035 304	253,9	1 015,8	61,6	246,6

Fuente: MINSA, 2021 e INEI, 2022

Elaboración propia

Cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio

Para calcular las emisiones y liberaciones de mercurio se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA. Al respecto, el factor recomendado por el kit es solo para la vía de distribución "tierra", cuyo valor es 1 (es decir, se asume que el 100 % del mercurio en los cadáveres inhumanos se libera a la tierra). En la siguiente tabla se muestran las liberaciones de mercurio calculadas

Tabla 18-11: Emisiones y liberaciones de mercurio de la subcategoría "Cementerios"

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Aire	0,0	0,0

Vías de distribución y factores de distribución	Emisiones y liberaciones de Hg (Kg Hg/a)	
	Mínimas	Máximas
Agua	0,0	0,0
Tierra (1)	61,6	246,6
Productos	0,0	0,0
Tratamiento general de residuos	0,0	0,0
Tratamiento específico de residuos (	0,1	1,7
Total	61,6	246,6

Fuente: Elaboración propia

18.3. Resumen de resultados de categoría 10

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las emisiones mínimas y máximas calculadas para todas las subcategorías de la categoría 10.

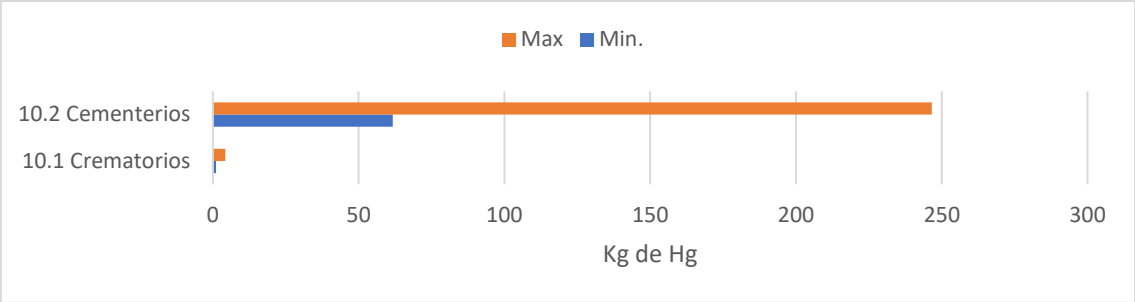
Tabla 18-12: Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 10

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
10. Crematorios y cementerios	1,1	4,3	0,0	0,0	61,6	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,7	250,9
10.1 Crematorios	1,1	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,3
10.2 Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	246,6

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 18-1 muestra que la subcategoría “cementeros” fue la que aportó mayores emisiones mínimas y máximas de mercurio; llegando a ser casi 60 veces mayor que las emisiones y liberaciones provenientes de los crematorios. En total, las emisiones máximas de mercurio de esta categoría alcanzaron los 250 kg; mientras que las emisiones mínimas llegaron a los 62 kg.

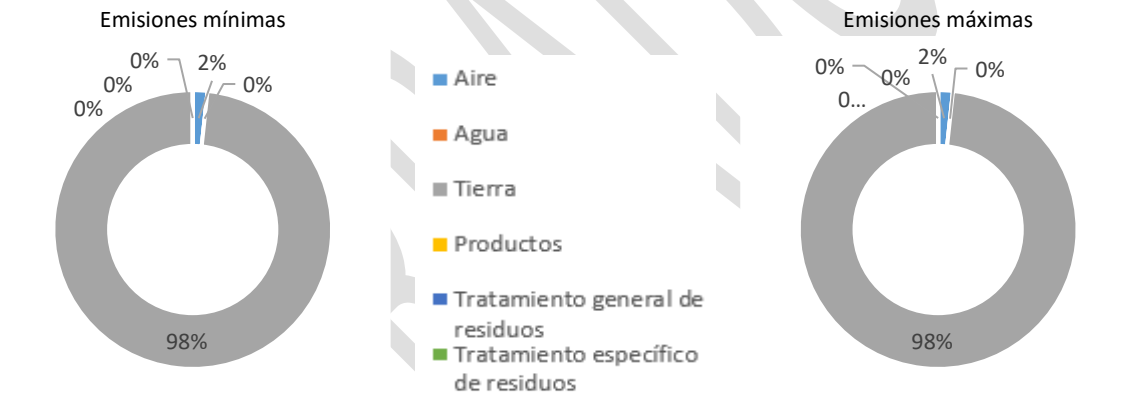
Gráfico 18-1: Total de emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 10



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el gráfico 18-2 se observa que vía de distribución que predominó en las emisiones y liberaciones mínimas y máximas de mercurio fue la “tierra”.

Gráfico 18-2: Distribución de las emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría 10



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación respecto al inventario del 2014, la tabla 18-13 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio; mientras que la tabla 18-14 muestra las variaciones de las emisiones y liberaciones máximas.

Tabla 18-13: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales mínimos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
10. Crematorios y cementerios	4,0	1,1	0,0	0,0	128,8	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	132,8	62,7
10.1 Crematorios	4,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,1
10.2 Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,0	128,8	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,8	61,6

Fuente: Elaboración propia

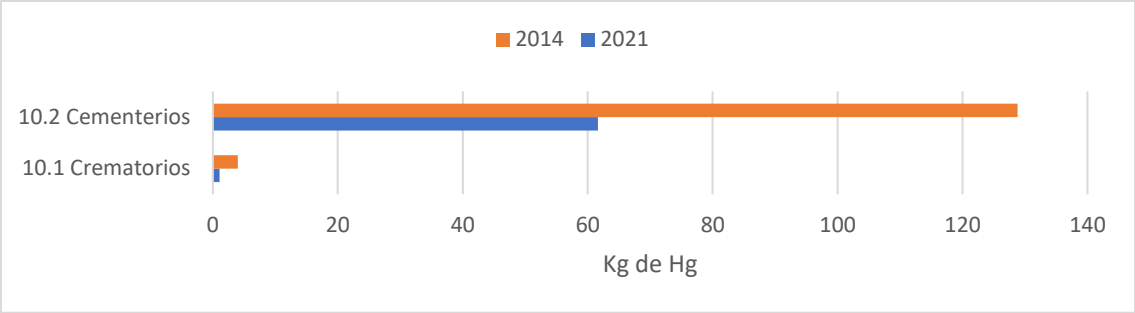
Tabla 18-14: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales máximos	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
10. Crematorios y cementerios	16,0	4,3	0,0	0,0	515,3	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	531,3	250,9
10.1 Crematorios	16,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	4,3
10.2 Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,0	515,3	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	515,3	246,6

Fuente: Elaboración propia

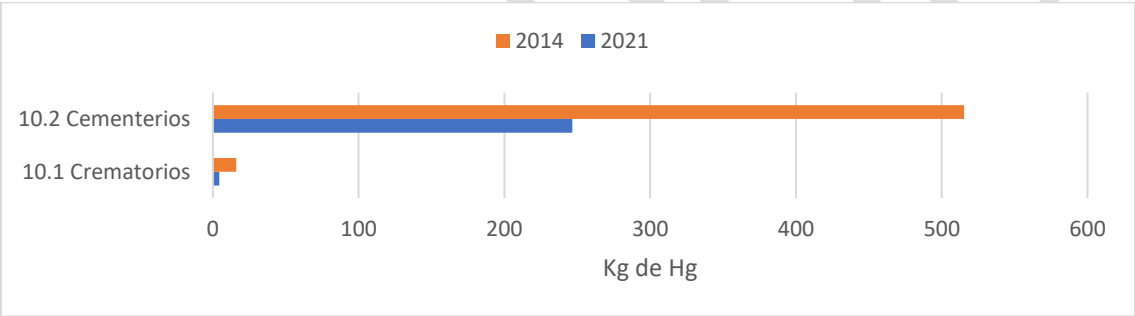
Los gráficos 18-3 y 18-4 muestran que las emisiones y liberaciones máximas y mínimas de mercurio disminuyó para las dos subcategorías existentes. Para el caso “cementerios” las emisiones mínimas y máximas se redujeron de 4 kg a 1,1 kg (73%) y de 16 kg a 4,3 kg (73%) respectivamente; mientras que para el caso de crematorio, las emisiones mínimas y máximas se redujeron de 128,8 kg a 61,6 kg (52%) y de 515,3 kg a 246,6 kg (52%) respectivamente.

Gráfico 18-3: Emisiones y liberaciones mínimas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18-4: Emisiones y liberaciones máximas de mercurio del 2014 y 2021 de la categoría 10



Fuente: Elaboración propia

19. Conclusiones

- La categoría 2 “producción primaria de metales” fue la fuente que generó mayores emisiones mínimas y máximas de mercurio en el 2021 (109 t y 238,3 t respectivamente) y, dentro de ella, la subcategoría “extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio” fue la que aportó mayores emisiones y liberaciones de este metal.
- El “aire” fue la principal vía de distribución que siguió las emisiones y liberaciones mínimas y máximas de mercurio (68% y 38% respectivamente)
- Las emisiones y liberaciones mínimas de mercurio aumentaron casi en 46 t del 2014 al 2021, mientras que las emisiones máximas disminuyeron casi 80 t en el mismo periodo.
- La diferencia entre las emisiones máximas y mínimas totales del 2014 fue 307,5 t, mientras que la diferencia del 2021 fue 179,6 t; es decir, se redujo el margen de incertidumbre en más del 50%. Este se debería a que para la presente actualización se utilizó mayor cantidad de factores de entrada nacionales o específicos (07 en total), lo cual permite reducir la incertidumbre.
- Fueron siete (07) factores de entrada nacionales o específicos que se determinaron para realizar los cálculos de la presente actualización del inventario nacional, y se complementó con 22 factores de entrada establecidos en el kit de herramientas del PNUMA.
- Para todos los cálculos se utilizó los factores de distribución establecidos en el kit de herramientas del PNUMA por no existir información o bibliografía nacional que permita conocer la distribución del mercurio emitido o liberado a través de las cadenas de procesos de las categorías estudiadas.
- La subcategoría que presentó la mayor disminución de emisiones y liberaciones de mercurio (mínimas y máximas) desde el 2014 al 2021 fue “Pilas que contienen mercurio” con una reducción aproximada de 99%.
- Se cuantificó las emisiones y liberaciones de mercurio de dos (02) subcategorías que no pudieron ser cuantificadas en el primer inventario nacional “producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos” (perteneciente a la categoría 3) e “incineración de residuos sólidos no peligrosos” (perteneciente a la categoría 8).

20. Recomendaciones

- Identificar las subcategorías cuyos factores de entrada establecidos en el kit del PNUMA poseen una diferencia significativa entre máximo y mínimo para priorizar la determinación de factores nacionales que permitan reducir la incertidumbre de dichos casos. Por ejemplo, para la subcategoría de “Extracción, refinación y uso de gas natural”, el factor mínimo según el kit de herramientas del PNUMA es $2 \mu\text{g Hg/Nm}^3$ mientras que el factor máximo es $200 \mu\text{g Hg/Nm}^3$.
- Considerando que la subcategoría “extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio” (perteneciente a la categoría 2), es la que aporta mayores emisiones y liberaciones de mercurio, procurar mejorar la sistematización de la información sobre el uso de mercurio y uso de retortas por parte de los titulares mineros de la MAPE tanto los formalizados, como aquellos que se encuentran en proceso.
- Centralizar la información sobre la cantidad de inhumaciones y cremaciones a nivel nacional, ya que la información es dispersa, de modo que algunas DIRESA o GERESA cuentan con dicha información de sus jurisdicciones; sin embargo, no es en todas. Esto ocurre ya que la normativa sectorial que regula los cementerios y crematorios, no establece una autoridad que recopile esta información o la obligación que los titulares de cementerios o crematorios la reporten.
- Trabajar en coordinación con centros de investigación o universidades que puedan estudiar la distribución del mercurio emitido y liberado en las diferentes cadenas de producción.

21. Referencias

- Cavanagh, J., & Glover, M. (1992). *Las minas del Perú*. Peru Reporting.
- Defensoría del Pueblo. (2001). *INFORME DEFENSORIAL Nº 62 : EL CASO DEL DERRAME DE MERCURIO QUE AFECTÓ A LAS LOCALIDADES DE SAN SEBASTIÁN DE CHOROPAMPA, MAGDALENA Y SAN JUAN, EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA*.
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (2022). *Memoria Anual 2021*.
- García Delgado, F. (22 de Febrero de 2019). ¿Qué es La Pampa y por qué era tan peligrosa esta zona de Madre de Dios? *El Comercio*.
- Ministerio de Cultura. (2017). *Complejo Minero Santa Bárbara de Huancavelica, Perú*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Boletín estadístico minero - Enero 2022*.
- Ministerio de la Producción - PRODUCE. (2022). *Anuario Estadístico Industrial, Mipym y Comercio Interno 2021*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos*.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Conservación y Uso Sostenible de Ecosistemas para la Provisión de Servicios Ecosistémicos*.
- Ministerio del Ambiente. (2020). *Evaluación inicial del Convenio de Minamata*. Obtenido de https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/minamata_initial_assessment/Peru-MIA-2020-ES.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2008). *Mercurio - Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional*. Ginebra. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78130/9789243596570_spa.pdf
- Planet Gold. (2021). *Diagnóstico y organización de la información sobre volumen de mercurio descrito en los instrumentos ambientales y expedientes técnicos de la MAPE formalizada y en vías de formalización*.
- PNUMA. (2012). *Guía Práctica - Reducción del uso de mercurio en la minería de oro artesanal y de pequeña escala*.
- PNUMA. (2019). *Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases | Reference Report and Guideline for Inventory Level 2 (1.5 ed.)*.
- Promigas Perú. (2022). *Informe del sector gas natural Perú - Cifras 2021*.
- Sierra, Y. (2018). Perú: Madre de Dios, Huancavelica, Puno y Cusco están expuestas a la contaminación por mercurio. *MONGABAY*.
- Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (2019). *Plan de Cierre de PASivos Ambientales de la Mina "Santa Barbara" aprobado mediante Resolución Directoral N° 011-2009-MEM/AAM*.
- Turner, S. (1997). *The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Perú: High-Sulfidation Mineralization in a Flow Dome Setting*. Colorado, U.S.A.: PhD. Thesis, Colorado School of Mines.

UNEP. (2008). *Uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*.

UNEP/AMAP. (2012). *Technical Report. Final Draft (13 November 2012, Technical Background Report on Global Mercury Emissions and Releases)*.

Valdivia Infantas, Z. (2019). PRODUCCIÓN DE ARRABIO CON CARBÓN TÉRMICO Y PRERREDUCCIÓN. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann*.

Wilhelm, S. L. (2007). *Mercury in crude oil processed in the United States*. Environmental Science & Technology.

BORRADOR

22. Anexos

BORRADOR

Anexo 1: Resumen de factores de entrada utilizados

Categoría de la fuente	Factores de entrada		Fuente
	Min.	Max	
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía			
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	
1.2 Otros usos del carbón	Antracita: 0,04 mg Hg/Kg Bituminoso: 0,01 mg Hg/Kg	Antracita: 0,63 mg Hg/Kg Bituminoso: 0,67 mg Hg/Kg	PNUMA
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	Extracción y refinación: 1,8 mg Hg/t Consumo combustibles: 1 mg Hg/t Consumo coque: 10 mg Hg/t	Extracción y refinación: 3,4 mg Hg/t Consumo combustibles: 10 mg Hg/t Consumo coque: 100 mg Hg/t	PNUMA
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	Extracción y refinación: 2 µg Hg/Nm3 Consumo: 1 ng Hg/Nm3	Extracción y refinación: 200 µg Hg/Nm3 Consumo: 4,3 ng Hg/Nm3	PNUMA, PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., 2022
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	0,007 g Hg/t 0,028 g Hg/t	0,07 g Hg/t 0,28 g Hg/t	PNUMA
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	
2. Producción primaria de metales			
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	Se tuvo la cantidad directa de Hg	Se tuvo la cantidad directa de Hg	PNUMA, planetGOLD Perú
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	2 g Hg/t	45 g Hg/t	Cavanagh y Glover (1992)
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	1 g Hg/t	30 g Hg/t	PNUMA
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	

Categoría de la fuente	Factores de entrada		Fuente
	Min.	Max	
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	Concentración mínima de Hg en mena de titulares mineros	Concentración máxima de Hg en mena de titulares mineros	Titulares mineros
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	0,05 g Hg/t	0,05 g Hg/t	PNUMA
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio			
3.1 Producción de cemento	Sin co-incineración: 0,004 g Hg/t Con co-incineración: 0,06 g Hg/t	Sin co-incineración: 0,5 g Hg/t Con co-incineración: 1 g Hg/t	PNUMA
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	Junín: 0,67 g Hg/t Cajamarca: 0,5 g Hg/t	Junín: 1,49 g Hg/t Cajamarca: 3,15 g Hg/t	Titulares mineros
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales			
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	Se tuvo la cantidad directa de Hg	Se tuvo la cantidad directa de Hg	QUIMPAC S.A.
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio			

Categoría de la fuente	Factores de entrada		Fuente
	Min.	Max	
5.1 Termómetros con mercurio	Termómetros médicos: 0,5 g Hg/termómetro Termómetro ambiental: 2 g Hg/termómetro Termómetro industrial: 5 g Hg/termómetro Termómetro laboratorio: 1 g Hg/termómetro	Termómetros médicos: 1,5 g Hg/termómetro Termómetro ambiental: 5 g Hg/termómetro Termómetro industrial: 200 g Hg/termómetro Termómetro laboratorio: 40 g Hg/termómetro	PNUMA
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	0,02 g Hg/hab	0,25 g Hg/hab	PNUMA
5.3 Fuentes de luz con mercurio	Tubos fluorescentes: 2 mg Hg/lámpara Lámpara compacta fluorescente: 1,4 mg Hg/lámpara Vapor de Hg de alta presión 15 mg Hg/lámpara Lámpara de sodio de alta presión: 10 mg Hg/lámpara Lámpara de haluro metálico: 5 mg Hg/fuente de luz	Tubos fluorescentes: 15 mg Hg/ lámpara Lámpara compacta fluorescente: 4 mg Hg/ lámpara Vapor de Hg de alta presión 70 mg Hg/ lámpara Lámpara de sodio de alta presión: 30 mg Hg/ lámpara Lámpara de haluro metálico: 150 mg Hg/ lámpara	PNUMA
5.4 Pilas que contienen mercurio	Óxido de Hg: 320 Kg Hg/t	Óxido de Hg: 320 Kg Hg/t	PNUMA
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	0,01 g Hg/hab	0,05 g Hg/hab	PNUMA
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	
5.7 Pinturas	-	-	
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	10 000 g Hg/t	50 000 g Hg/t	PNUMA
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio			
6.1 Empastes de amalgamas dentales	Uso y eliminación de amalgama: 0,05 g Hg/hab	Uso y eliminación de amalgama: 0,02 g Hg/hab	PNUMA
6.2 Manómetros y medidores	0,005 g Hg/hab	0,005 g Hg/hab	PNUMA
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	Productos químicos: cálculo directo de entradas de Hg Equipos de laboratorio: 0,04 g Hg/hab	Productos químicos: cálculo directo de entradas de Hg Equipos de laboratorio: 0,04 g Hg/hab	PNUMA, SUNAT
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	

Categoría de la fuente	Factores de entrada		Fuente
	Min.	Max	
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	
7. Producción de metales reciclados			
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,2 g Hg/vehículo reciclado	2 g Hg/vehículo reciclado	PNUMA
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	
8. Incineración de residuos			
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	0,2 g Hg/t RRSS no peligroso	4 g Hg/t RRSS no peligroso	PNUMA
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	8 g Hg/t RRSS peligroso	40 g Hg/t RRSS peligroso	PNUMA
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	8 g Hg/t RRSS hospitalarios	40 g Hg/t RRSS hospitalarios	PNUMA
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	0,2 g Hg/t RRSS quemado	4 g Hg/t RRSS quemado	PNUMA
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales			
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	0,2 g Hg/t RRSS municipales no peligrosos	4 g Hg/t RRSS municipales no peligrosos	PNUMA
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	0,2 g Hg/t RRSS dispuestos en botadero	4 g Hg/t RRSS RRSS dispuestos en botadero	PNUMA

Categoría de la fuente	Factores de entrada		Fuente
	Min.	Max	
9.5 Tratamiento de aguas residuales	Efluentes domésticos: 0,5 ug Hg/L Efluente industrial: 0,5 ug Hg/L	Efluentes domésticos: 10 ug Hg/L Efluente industrial: 1,8 ug Hg/L	PNUMA
10. Crematorios y cementerios			
10.1 Crematorios	1 g Hg/cadáver cremado	4 g Hg/cadáver cremado	PNUMA
10.2 Cementerios	1 g Hg/cadáver inhumado	4 g Hg/cadáver inhumado	PNUMA

Nota: “-” no se utilizaron dichos factores por ser fuentes no presentes en el país y/o que no entraron al cálculo.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Entradas mínimas y máximas de mercurio en el 2014 y 2021

Categoría de la fuente	Entradas min (kg/a)			Entradas max (kg/a)		
	2014	2021	Variación	2014	2021	Variación
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	172,5	156,4	-9%	5 774,9	4 939,9	-14%
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	13,6	18,0	33%	635,6	413,0	-35%
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	22,2	26,6	20%	142,5	22,5	-84%
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	41,1	37,6	-8%	4 105,1	3 763,7	-8%
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	95,6	74,1	-23%	891,8	740,6	-17%
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-
2. Producción primaria de metales	56 687,4	144 369,9	155%	256 532,8	276 477,8	8%
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	37 839,2	102 691,4	171%	55 296,4	121 489,9	120%
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	1 278,5	1 192,8	-7%	28 766,9	26 838,3	-7%
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	1 126,3	557,1	-51%	33 789,7	16 712,8	-51%
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	16 083,8	39 892,5	148%	138 320,3	111 400,7	-19%
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	359,6	36,0	-90%	359,6	36,0	-90%
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	262,0	1 296,3	395%	7 216,6	12 647,1	75%
3.1 Producción de cemento	262,0	465,9	78%	7 216,6	10 549,6	46%
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-

Categoría de la fuente	Entradas min (kg/a)			Entradas max (kg/a)		
	2014	2021	Variación	2014	2021	Variación
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	-	830,4	-	-	2 097,4	-
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	1 109,9	3 864,0	248%	1 109,9	3 864,0	248%
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	1 109,9	3 864,0	248%	1 109,9	3 864,0	248%
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	-	-	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	2 959,9	1 126,0	-62%	19 772,3	10 223,0	-48%
5.1 Termómetros con mercurio	1 473,8	155,8	-89%	9 678,1	678,0	-93%
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	574,4	627,7	9%	7 179,7	7 845,7	9%
5.3 Fuentes de luz con mercurio	351,6	17,9	-95%	1 205,5	89,1	-93%
5.4 Pilas que contienen mercurio	273,0	3,3	-99%	273,0	3,3	-99%
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	287,2	313,8	9%	1 435,9	1 569,1	9%
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	-	7,6	-	-	37,8	-
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	6 060,3	3 374,4	-44%	7 921,0	3 374,4	-57%
6.1 Empastes de amalgamas dentales	334,5	1 608,4	381%	1 337,8	1 608,4	20%
6.2 Manómetros y medidores	4 289,9	156,9	-96%	5 147,2	156,9	-97%
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	1 435,9	1 609,2	12%	1 435,9	1 609,2	12%
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-

Categoría de la fuente	Entradas min (kg/a)			Entradas max (kg/a)		
	2014	2021	Variación	2014	2021	Variación
7. Producción de metales reciclados	0,1	0,9	1 018%	0,8	8,9	1 032%
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,1	0,9	1 018%	0,8	8,9	1 032%
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-
8. Incineración de residuos	1 161,4	61,3	-95%	11 599,0	712,2	-94%
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	-	0,2	-	-	3,4	-
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	0,6	2,9	368%	3,1	14,5	368%
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	2,4	31,3	1 185%	12,2	156,7	1 186%
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	1 158,4	26,9	-98%	11 583,7	537,6	-95%
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	9 506,0	2 380,0	-75%	100 932,9	45 864,2	-55%
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	5 279,1	1 006,9	-81%	52 791,3	20 137,4	-62%
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	3 639,6	636,0	-83%	36 396,1	12 720,1	-65%
9.5 Tratamiento de aguas residuales	587,3	737,1	26%	11 745,5	13 006,8	11%
10. Crematorios y cementerios	132,8	62,7	-53%	531,3	250,9	-53%
10.1 Crematorios	4,0	1,1	-73%	16,0	4,3	-73%
10.2 Cementerios	128,8	61,6	-52%	515,3	246,6	-52%
Total	68 546,4	154 312,0	125%	411 391,5	312 498,2	-24%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Emisiones y liberaciones de mercurio de todas las subcategorías

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	104,8	1 535,6	804,1	2 257,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	2 375,0	939,8	6 167,9
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	13,5	309,8									4,5	103,3	18,0	413,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	13,4	108,9	796,5	1 504,5							3,9	13,6	813,8	1 626,9
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	3,8	376,4	7,5	752,7							22,6	2 258,2	33,9	3 387,4
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	74,1	740,6											74,1	740,6
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Producción primaria de metales	79 599,3	100 363,0	13 794,8	18 692,7	14 071,4	80 872,4	735,0	18 291,5	0,0	0,0	806,8	20 035,3	109 007,3	238 254
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	77 794,4	91 517,6	12 962,0	15 593,6	11 935,1	14 378,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102 691,4	121 490

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	119,3	2 683,8	23,9	536,8	0,0	0,0	501,0	11 272,1	0,0	0,0	548,7	12 345,6	1 192,8	26 838,3
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	55,7	1 671,3	11,1	334,3	0,0	0,0	234,0	7 019,4	0,0	0,0	256,3	7 687,9	557,1	16 712,8
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	1 595,7	4 456,0	797,9	2 228,0	2 136,3	66 493,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4 529,9	73 177,8
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	34,2	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8	36,0	36,0
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	777,8	7 588,2	0,0	0,0	259,3	2 529,4	0,0	0,0	0,0	0,0	259,3	2 529,4	1 296,3	12 647,1
3.1 Producción de cemento	279,5	6 329,8	0,0	0,0	93,2	2 109,9	0,0	0,0	0,0	0,0	93,2	2 109,9	465,9	10 549,6
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	498,2	1 258,5	0,0	0,0	166,1	419,5	0,0	0,0	0,0	0,0	166,1	419,5	830,4	2 097,4

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	386,4	386,4	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	0,0	0,0	3 361,7	3 361,7	3 864,0	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	386,4	386,4	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	0,0	0,0	3 361,7	3 361,7	3 864,0	3 864,0
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	110,6	1 013,7	69,6	317,7	63,1	786,5	0,0	0,0	882,7	8 105,1	0,0	0,0	1 126,0	10 223,0
5.1 Termómetros con mercurio	15,6	67,8	46,7	203,4	0,0	0,0	0,0	0,0	93,5	406,8	0,0	0,0	155,8	678,0
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	62,8	784,6	0,0	0,0	62,8	784,6	0,0	0,0	502,1	6 276,5	0,0	0,0	627,7	7 845,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	0,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	84,7	0,0	0,0	17,9	89,1
5.4 Pilas que contienen mercurio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	3,3	3,3

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	31,4	156,9	15,7	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	266,8	1 333,8	0,0	0,0	313,8	1 569,1
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	0,0	0,0	7,2	35,9	0,4	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	37,8
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	176,7	176,7	1 043,7	1 043,7	128,3	128,3	98,9	98,9	705,7	705,7	611,6	611,6	2 764,9	2 764,9
6.1 Empastes de amalgamas dentales	0,1	0,1	513,9	513,9	128,3	128,3	98,9	98,9	128,8	128,8	128,8	128,8	998,9	998,9
6.2 Manómetros y medidores	15,7	15,7	47,1	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	94,1	94,1	0,0	0,0	156,9	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	160,9	160,9	482,7	482,7	0,0	0,0	0,0	0,0	482,7	482,7	482,7	482,7	1 609,2	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Producción de metales reciclados	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,9	8,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,9	8,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Incineración de residuos	44,1	624,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	87,3	61,3	712,2
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	0,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	0,2	3,4
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	1,4	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	7,2	2,9	14,5
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	15,7	78,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	78,4	31,3	156,7
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	26,9	537,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	537,6
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	73,7	1 473,4	556,8	10 269,3	508,8	10 176,1	0,0	0,0	151,9	2 517,2	92,1	1 494,3	1 383,3	25 930,3
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	10,1	201,4	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	203,4
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	63,6	1 272,0	63,6	1 272,0	508,8	10 176,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	636,0	12 720,1
9.5 Tratamiento de aguas residuales	0,0	0,0	493,1	8 995,3	0,0	0,0	0,0	0,0	151,9	2 517,2	92,1	1 494,3	737,1	13 006,8

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max
10. Crematorios y cementerios	1,1	4,3	0,0	0,0	61,6	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,7	250,9
10.1 Crematorios	1,1	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,3
10.2 Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	246,6
Total	81 274,7	113 169,2	16 307,7	32 619,3	15 131,5	94 781,0	872,5	18 429,0	1 740,6	11 331,0	5 179,5	30 494,6	120 506,5	300 824

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Comparación de emisiones y liberaciones mínimas de mercurio entre el 2014 y 2021

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	145,7	104,8	8,6	707,1	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	30,8	31,0	190,7	842,8
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	19,6	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	4,5	31,4	18,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	17,5	13,4	2,2	699,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,9	22,5	716,8
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	12,9	3,8	6,4	7,5	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	16,2	22,6	41,2	33,9
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	95,6	74,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,6	74,1
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Producción primaria de metales	29 323,1	79 599,3	6 110,9	13 794,8	17 834,1	14 071,4	2 307,4	735,0	0,0	0,0	1 112,0	806,8	56 687,4	109 007,3
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	27 402,2	77 794,4	5 407,7	12 962,0	5 029,3	11 935,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37 839,2	102 691,4
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	155,0	119,3	24,9	23,9	0,0	0,0	522,7	501,0	0,0	0,0	575,9	548,7	1 278,5	1 192,8

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	112,6	55,7	22,5	11,1	0,0	0,0	473,1	234,0	0,0	0,0	518,1	256,3	1 126,3	557,1
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	1 311,6	1 595,7	655,8	797,9	12 804,8	2 136,3	1 311,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16 083,8	4 529,9
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	341,7	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	1,8	359,6	36,0
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	183,4	777,8	0,0	0,0	0,0	166,1	78,6	93,2	0,0	0,0	0,0	259,3	262,0	1 296,3
3.1 Producción de cemento	183,4	279,5	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	93,2	0,0	0,0	0,0	93,2	262,0	465,9
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	-	498,2	-	0,0	-	166,1	-	0,0	-	0,0	-	166,1	-	830,4
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	111,0	386,4	11,1	38,6	11,1	38,6	11,1	38,6	0,0	0,0	965,6	3 361,7	1 109,9	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	111,0	386,4	11,1	38,6	11,1	38,6	11,1	38,6	0,0	0,0	965,6	3 361,7	1 109,9	3 864,0
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
de mercurio														
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	251,1	110,6	456,5	69,6	57,4	63,1	0,0	0,0	2 194,9	882,7	0,0	0,0	2 959,9	1 126,0
5.1 Termómetros con mercurio	147,4	15,6	442,1	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0	884,3	93,5	0,0	0,0	1 473,8	155,8
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	57,4	62,8	0,0	0,0	57,4	62,8	0,0	0,0	459,5	502,1	0,0	0,0	574,4	627,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	17,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	334,0	17,0	0,0	0,0	351,6	17,9
5.4 Pilas que contienen mercurio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	273,0	3,3	0,0	0,0	273,0	3,3
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	28,7	31,4	14,4	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	244,1	266,8	0,0	0,0	287,2	313,8
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	-	0,0	-	7,2	-	0,4	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	7,6
6. Otros productos y procesos con uso intencional de mercurio	435,7	176,7	1 908,0	1 043,7	26,8	128,3	20,1	98,9	3 114,7	705,7	555,1	611,6	6 060,3	2 764,9
6.1 Empastes de amalgamas dentales	6,7	0,1	147,2	513,9	26,8	128,3	20,1	98,9	66,9	128,8	66,9	128,8	334,5	998,9

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
6.2 Manómetros y medidores	429,0	15,7	1 287,0	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2 574,0	94,1	0,0	0,0	4 289,9	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	0,0	160,9	473,9	482,7	0,0	0,0	0,0	0,0	473,9	482,7	488,2	482,7	1 435,9	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Producción de metales reciclados	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Incineración de residuos	1 161,1	44,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	17,2	1 161,4	61,3
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	-	0,1	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,1	-	0,2
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4	0,6	2,9
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	2,2	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	15,7	2,4	31,3
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	1 158,4	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 158,4	26,9

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	416,8	73,7	747,9	556,8	2 929,1	508,8	0,0	0,0	109,3	151,9	77,2	92,1	4 280,2	1 383,3
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	52,8	10,1	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,3	10,2
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	364,0	63,6	364,0	63,6	2 911,7	508,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3 639,6	636,0
9.5 Tratamiento de aguas residuales	0,0	0,0	383,4	493,1	17,4	0,0	0,0	0,0	109,3	151,9	77,2	92,1	587,3	737,1
10. Crematorios y cementerios	4,0	1,1	0,0	0,0	128,8	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	132,8	62,7
10.1 Crematorios	4,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,1
10.2 Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,0	128,8	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,8	61,6
Total	32 031,9	81 274,7	9 243,0	16 210,7	20 987,3	15 038,3	2 422,8	965,7	5 418,9	1 740,6	2 741,0	5 179,5	72 844,8	120 409,5

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Comparación de emisiones y liberaciones máximas de mercurio entre el 2014 y 2021

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	2 645,1	1 535,6	645,4	2 074,0	0,0	0,0	561,7	0,0	0,0	0,0	2 112,8	2 375,0	5 965,1	5 984,7
1.1 Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas (más de 300 MW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2 Otros usos del carbón	336,9	309,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	485,1	103,2	822,1	413,0
1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo	136,7	108,9	4,1	1 321,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	13,6	145,5	1 443,7
1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural	1 279,7	376,4	641,4	752,7	0,0	0,0	561,7	0,0	0,0	0,0	1 622,9	2 258,2	4 105,7	3 387,4
1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6 Energía y producción de calor de biomasa	891,8	740,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	891,8	740,6
1.7 Producción de energía geotérmica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Producción primaria de metales	59 332,8	100 363,0	14 378,3	18 692,7	117 070,4	80 872,4	37 232,4	18 291,5	0,0	0,0	28 518,8	20 035,3	256 532,8	238 254,8
2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2 Extracción de oro con procesos de amalgamación de mercurio	40 844,2	91 517,6	7 502,6	15 593,6	6 949,6	14 378,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55 296,3	121 489,9
2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc	3 488,3	2 683,8	560,1	536,8	0,0	0,0	11 761,0	11 272,1	0,0	0,0	12 957,6	12 345,6	28 766,9	26 838,3

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
2.4 Extracción y procesamiento inicial de cobre	3 379,0	1 671,3	675,8	334,3	0,0	0,0	14 191,7	7 019,4	0,0	0,0	15 543,3	7 687,9	33 789,7	16 712,8
2.5 Extracción y procesamiento inicial de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6 Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos a la amalgamación de mercurio	11 279,8	4 456,0	5 639,9	2 228,0	110 120,9	66 493,7	11 279,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	138 320,3	73 177,8
2.7 Extracción y procesamiento inicial de aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.9 Producción primaria de metales ferrosos	341,7	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	1,8	359,6	36,0
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	5 051,6	7 588,2	0,0	0,0	0,0	419,5	2 165,0	2 109,9	0,0	0,0	0,0	2 529,4	7 216,6	12 647,1
3.1 Producción de cemento	5 051,6	6 329,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2 165,0	2 109,9	0,0	0,0	0,0	2 109,9	7 216,6	10 549,6
3.2 Producción de pasta y papel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3 Producción de cal y agregados ligeros de hornos livianos	-	1 258,5	-	0,0	-	419,5	-	0,0	-	0,0	-	419,5	-	2 097,4
3.4 Otros minerales y materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	2 219,8	386,4	222,0	38,6	222,0	38,6	222,0	38,6	0,0	0,0	19 312,5	3 361,7	22 198,2	3 864,0
4.1 Producción de cloro-álcali con celdas de mercurio	2 219,8	386,4	222,0	38,6	222,0	38,6	222,0	38,6	0,0	0,0	19 312,5	3 361,7	22 198,2	3 864,0

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
4.2 Producción de cloruro de vinilo con catalizador de dicloruro de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de sulfato de mercurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4 Otra producción de productos químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	1 889,7	1 013,7	2 975,2	317,7	718,0	786,5	0,0	0,0	14 189,4	8 105,1	0,0	0,0	19 772,3	10 223,0
5.1 Termómetros con mercurio	967,8	67,8	2 903,4	203,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5 806,9	406,8	0,0	0,0	9 678,1	678,0
5.2 Interruptores eléctricos y electrónicos, contactos y relés con mercurio	718,0	784,6	0,0	0,0	718,0	784,6	0,0	0,0	5 743,8	6 276,5	0,0	0,0	7 179,7	7 845,7
5.3 Fuentes de luz con mercurio	60,3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 145,2	84,7	0,0	0,0	1 205,5	89,1
5.4 Pilas que contienen mercurio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	273,0	3,3	0,0	0,0	273,0	3,3
5.5 Poliuretano con catalizador de mercurio	143,6	156,9	71,8	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1 220,6	1 333,8	0,0	0,0	1 435,9	1 569,1
5.6 Biocidas y pesticidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.7 Pinturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.8 Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.9 Productos cosméticos y otros relacionados	-	0,0	-	35,9	-	1,9	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	37,8
6. Otros productos y procesos con uso intencional de	541,5	176,7	2 606,7	1 043,7	107,0	128,3	80,3	98,9	3 829,7	705,7	755,8	611,6	7 921,0	2 764,9

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
mercurio														
6.1 Empastes de amalgamas dentales	26,8	0,1	588,7	513,9	107,0	128,3	80,3	98,9	267,6	128,8	267,6	128,8	1 337,8	998,9
6.2 Manómetros y medidores	514,7	15,7	1 544,2	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3 088,3	94,1	0,0	0,0	5 147,2	156,9
6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio	0,0	160,9	473,9	482,7	0,0	0,0	0,0	0,0	473,9	482,7	488,2	482,7	1 435,9	1 609,2
6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos y medicinas tradicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 Usos de productos diversos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Producción de metales reciclados	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,8	8,9
7.1 Producción de mercurio reciclado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,8	8,9
7.3 Producción de otros metales reciclados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Incineración de residuos	11 597,5	624,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	87,3	11 599,0	712,2
8.1 Incineración de residuos sólidos no peligrosos	-	1,7	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	1,7	-	3,4
8.2 Incineración de residuos sólidos peligrosos	2,8	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	7,2	3,1	14,5
8.3 Incineración de residuos de establecimientos de salud	11,0	78,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	78,4	12,2	156,7

Categoría y subcategoría de la fuente	Emisiones y liberaciones mínimas de Hg (kg/a)													
	Aire		Agua		Tierra		Productos		Tratamiento general de residuos		Tratamiento específico de residuos		Totales	
	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021	2014	2021
8.4 Incineración de lodos residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.5 Quema al aire libre de residuos sólidos	11 583,7	537,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 583,7	537,6
9. Disposición de residuos y tratamiento de aguas residuales	4 167,5	1 473,4	11 313,4	10 269,3	29 465,6	10 176,1	0,0	0,0	2 185,4	2 517,2	1 542,9	1 494,3	48 674,8	25 930,3
9.1 Disposición controlada de residuos sólidos	527,9	201,4	5,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	533,2	203,4
9.2 Depósitos difusos con algún control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.3 Disposición informal in situ de residuos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.4 Disposición informal de residuos en botaderos	3 639,6	1 272,0	3 639,6	1 272,0	29 116,9	10 176,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36 396,1	12 720,1
9.5 Tratamiento de aguas residuales	0,0	0,0	7 668,5	8 995,3	348,7	0,0	0,0	0,0	2 185,4	2 517,2	1 542,9	1 494,3	11 745,5	13 006,8
10. Crematorios y cementerios	16,0	4,3	0,0	0,0	515,3	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	531,3	250,9
10.1 Crematorios	16,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	4,3
10.2 Cementerios	0,0	0,0	0,0	0,0	515,3	246,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	515,3	246,6
Total	87 461,7	113 169,2	32 141,0	32 436,0	148 098,6	92 671,0	40 261,4	20 538,9	20 204,8	11 331,0	52 244,3	30 494,6	380 411,8	300 640,8

Fuente: Elaboración propia