

---

MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO  
TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE  
DIRECCIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE;

**INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN  
URUGUAY EN EL SECTOR INDUSTRIAL**

Proyecto “Minimización y Manejo Ambientalmente seguro de desechos conteniendo mercurio que afectan a poblaciones expuestas de varios sectores económicos, incluyendo al sector salud, en varios países de América Latina y el Caribe”



Junio de 201

---

## **Autoridades y equipo de trabajo**

### **Ministra de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente**

Arq. Graciela Muslera

### **Director Nacional de Medio Ambiente**

Arq. Jorge Rucks

### **Directora de la División de Control y Desempeño Ambiental**

Ing Silvia Aguinaga

### **Jefa del Departamento de Sustancias Químicas**

Ing. Judith Torres

### **Directora del Centro Coordinador de Basilea para América Latina y el Caribe**

Q.F. Gabriela Medina

**Proyecto “Minimización y Manejo Ambientalmente seguro de desechos conteniendo mercurio que afectan a poblaciones expuestas de varios sectores económicos, incluyendo al sector salud, en varios países de América Latina y el Caribe”**

### **Coordinador regional**

Msc. Ing. Marise Keller

### **Consultores regionales**

Ing. Silvia Lamela

Ing. Héctor Ventimiglia

### **Responsable Técnico Nacional**

Q.F. Beatriz Olivet

## **Agradecimientos**

Este inventario ha sido posible gracias a las personas, instituciones y empresas públicas y privadas, que han aportado su rico conocimiento y su valioso tiempo para procurar afinar los datos vinculados a las entradas y liberaciones de mercurio, con la finalidad de obtener un resultado final ajustado a la realidad nacional del Uruguay.

A todos ellos dirigimos nuestro más sincero reconocimiento y agradecimiento.

Asimismo, se agradece a las instituciones y personas en las mismas, que con su aporte hicieron posible su realización: Secretaría del Convenio de Basilea, Centro Coordinador Regional para América Latina y el Caribe, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

## Tabla de contenido

<b>AUTORIDADES Y EQUIPO DE TRABAJO</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>3</b>
<b>LISTADO DE TABLAS</b> .....	<b>6</b>
<b>LISTADO DE ILUSTRACIONES / CUADROS</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>8</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>2 METODOLOGÍA</b> .....	<b>14</b>
<b>3 ANTECEDENTES</b> .....	<b>16</b>
<b>4 MERCURIO</b> .....	<b>18</b>
<b>5 RESULTADOS SECTOR INDUSTRIAL</b> .....	<b>23</b>
FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO IDENTIFICADAS.....	23
RESUMEN DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO .....	25
5.1 EXTRACCIÓN Y USO DE COMBUSTIBLES Y FUENTES DE ENERGÍA .....	30
5.1.1 <i>Combustión de carbón en grandes centrales de energía</i> .....	33
5.1.2 <i>Otros usos de carbón</i> .....	33
5.1.3 <i>Extracción, refinación y uso de petróleo</i> .....	34
5.1.4 <i>Extracción, refinación y uso de gas natural</i> .....	45
5.1.5 <i>Extracción y uso de otros combustibles fósiles</i> .....	46
5.1.6 <i>Energía obtenida por la quema de biomasa</i> .....	46
5.1.7 <i>Producción de energía geotérmica</i> .....	48
5.2 PRODUCCIÓN PRIMARIA DE METALES.....	48
5.2.1 <i>Extracción primaria de mercurio y procesamiento inicial</i> .....	49
5.2.2 <i>Extracción primaria de oro y plata por amalgamación con mercurio</i> .....	49
5.2.3 <i>Extracción primaria de zinc y procesamiento inicial</i> .....	49
5.2.4 <i>Extracción primaria de cobre y procesamiento inicial</i> .....	49
5.2.5 <i>Extracción primaria de plomo y procesamiento inicial</i> .....	49
5.2.6 <i>Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos de la amalgamación con mercurio</i> .....	49
5.2.7 <i>Extracción primaria de aluminio y procesamiento inicial</i> .....	53
5.2.8 <i>Extracción primaria de metales no ferrosos y procesamiento inicial</i> .....	53
5.2.9 <i>Producción primaria de metales ferrosos</i> .....	53
5.3 PRODUCCIÓN DE OTROS MINERALES Y MATERIALES CON MERCURIO COMO IMPUREZA .....	54
5.3.1 <i>Producción de cemento</i> .....	54
5.3.2 <i>Producción de papel y pulpa</i> .....	57
5.3.3 <i>5.3.3 Producción de cal y agregados livianos</i> .....	60
5.4 USO INTENCIONAL DE MERCURIO EN PROCESOS INDUSTRIALES .....	61
5.4.1 <i>Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio</i> .....	61
5.5 PRODUCTOS DE CONSUMO CON USO INTENCIONAL DE MERCURIO .....	67
5.6 OTROS USOS INTENCIONALES EN PRODUCTOS O PROCESOS.....	68
5.7 RECICLAJE DE METALES.....	68

5.7.1	<i>Reciclaje de metales ferrosos</i> .....	69
5.7.2	<i>Reciclaje de metales no ferrosos</i> .....	70
5.8	INCINERACIÓN DE DESECHOS .....	71
5.9	DISPOSICIÓN DE DESECHOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	73
5.10	CREMATORIOS Y CEMENTERIOS .....	73
5.11	IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES “PUNTOS CALIENTES” .....	73
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>80</b>
	<b>ANEXO I: PLANILLAS DE CÁLCULO</b> .....	<b>82</b>
	<b>ANEXO II: FACTORES DE CONVERSIÓN UTILIZADOS EN FUENTES ENERGÉTICAS</b> .....	<b>87</b>
	<b>ANEXO III: ABREVIATURAS UTILIZADAS</b> .....	<b>88</b>

## Listado de tablas

Tabla 1: Liberaciones industriales de mercurio 2009 .....	9
Tabla 2: Resumen de los resultados del inventario industrial de mercurio .....	12
Tabla 3: Efectos del mercurio sobre la salud .....	21
Tabla 4: Categorías de las fuentes identificadas .....	23
Tabla 5: Descripción de los tipos de resultados .....	25
Tabla 6: Resumen de las liberaciones industriales de mercurio 2009 .....	27
Tabla 7: Volumen de crudo procesado .....	35
Tabla 8: Origen del crudo y contenido de mercurio .....	36
Tabla 9: Resumen de entrada y salidas en la refinación de petróleo .....	37
Tabla 10: Consumo de coque importado 2009 .....	39
Tabla 11: Oferta de Fuel Oil 2009.....	40
Tabla 12: Consumo de Fuel Oil 2009.....	41
Tabla 13: Entradas y salidas en el balance de mercurio para coque de petróleo y fuel oil.....	43
Tabla 14: Oferta de combustibles livianos 2009 .....	44
Tabla 15: Consumo de gasolina, gasoil y otros destilados livianos por sector .....	44
Tabla 16: Destilados livianos, conversión ktep a ton .....	45
Tabla 17: Consumo de biomasa como combustible .....	47
Tabla 18: Consumo de biomasa en la industria .....	47
Tabla 19: Mineral de oro procesado .....	50
Tabla 20: Liberaciones estimadas de mercurio a las distintas vías de liberación en la extracción y purificación de oro .....	53
Tabla 21: Consumo de materias primas y producción de cemento.....	54
Tabla 22: Distribución de las emisiones de mercurio en la producción de cemento .....	56
Tabla 23: Consumo de madera para la fabricación de pulpa de celulosa.....	58
Tabla 24: Sitios potencialmente contaminados con mercurio.....	74
Tabla 25: Análisis de sedimentos en la Bahía de Montevideo.....	76
Tabla 26: Planillas de cálculo.....	82
Tabla 27: Factores de conversión de fuentes energéticas.....	87

## Listado de Ilustraciones / cuadros

Ilustración 1: Escenario de una posible introducción de carbón en la matriz energética y de petróleo.....	10
Ilustración 2: Bioacumulación de mercurio .....	18
Ilustración 3: Cinabrio .....	19
Ilustración 4: Ciclo del mercurio .....	20
Ilustración 5: Abastecimiento de energía por fuente .....	30
Ilustración 6: Consumo energético por sector 2009.....	31
Ilustración 7: Consumo final energético del sector industrial .....	32

## Resumen ejecutivo

Este inventario recoge la información sobre las liberaciones de mercurio en el sector industrial del año 2009 y realiza un avance sobre los sitios potencialmente contaminados. Se realizó en el marco del Proyecto: “Minimización y Manejo Ambientalmente seguro de desechos conteniendo mercurio que afectan a poblaciones expuestas de varios sectores económicos, incluyendo al sector salud, en varios países de América Latina y el Caribe”, cuya ejecución estuvo a cargo del Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. El proyecto se ejecuta simultáneamente en Argentina, Costa Rica y Uruguay. La Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) es la responsable de su implementación en el país.

Se utilizó la herramienta “Instrumental para la Identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio”, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en su versión 2010. La metodología utilizada consiste en identificar las categorías de emisión presentes en el país y cuantificarlas.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las categorías sobre las que se trabajó a nivel industrial y los kg de mercurio liberados por cada una. Es importante mencionar que este inventario no incluye insumos consumidos por la industria pero no incorporados en los productos como termómetros, manómetros, entre otros. Estos son evaluados dentro de la categoría 5.5 y 5.6, fuera del alcance de este inventario. Tampoco incluye el consumo de energía por otros sectores como el transporte y el uso residencial, ni productos en general (amalgamas, lámparas, pilas, interruptores, ABS, entre otros).

**Tabla 1: Liberaciones industriales de mercurio 2009**

C	Categorías de las fuentes	Existe	kg de mercurio liberados totales (ver nota)	Comentarios
5.1	Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía	s	45,5	incluye consumo industrial, centros de transformación y consumo propio de proveedores de energía
5.2	Producción primaria de metales	s	29,5	extracción y purificación de oro
5.3	Producción de otros minerales y materiales con mercurio como impureza	s	150,8	producción de cemento, cal, pulpa de celulosa
5.4	Uso intencional de mercurio en procesos industriales	s	1.140,0	producción de cloro-álcali
5.5	Productos de consumo con uso intencional de mercurio	s	10,4	uso de timerosal en vacunas producidas en el país <sup>1</sup>
5.6	Otros usos intencionales en productos y procesos	n/a	-	<i>no incluido en el alcance</i>
5.7	Producción de metales reciclados (producción secundaria)	s	1,7	se cuantificó el reciclaje de ferrosos
5.8	Incineración de desechos	s	10,5	se evaluó la incineración de desechos hospitalarios.
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	n/a	-	<i>no incluido en el alcance</i>
5.10	Crematorios y cementerios	n/a	-	<i>no incluido en el alcance</i>
<b>SUMA DE LIBERACIONES CUANTIFICADAS DE MERCURIO EN LA INDUSTRIA</b>			<b>1.388</b>	

*Nota: El término "liberaciones" debe entenderse como "salidas" de los procesos industriales. No significa que en su totalidad estén siendo liberadas al ambiente. Por ejemplo, en el caso de los residuos sólidos, en su mayoría están siendo acumulados en forma controlada.*

Como puede verse, el uso intencional de mercurio en procesos industriales, vinculado a la industria de cloro-soda es el principal aporte a las liberaciones industriales en el país en 2009. Esta industria, de muchos años de existencia, se propone en los próximos años reconvertirse a una tecnología de membrana, sin uso de mercurio. Como se señalara anteriormente, estas liberaciones son en su mayoría controladas, siendo casi el 98 % asignada a tratamiento específico del sector con posibilidades de acción sobre los mismos.

En orden de importancia, la categoría que le sigue es la de los materiales que tienen mercurio como impureza. Los aportes provenientes de materias primas extraídas como minerales en la producción de cal, cemento y oro, o la madera utilizada en la producción de celulosa, si bien los datos son escasos, se estima son muy bajos en Uruguay. Al igual que en el caso del petróleo, la naturaleza geológica origina una gran variabilidad entre distintas zonas a nivel mundial. Sin embargo, en varios casos se tomaron valores de la literatura por disponerse de escasos datos analíticos, por lo que algunas sub-categorías posiblemente están sobre-evaluadas.

<sup>1</sup> No se incluyen las vacunas importadas, por ser el alcance industrial solamente.

En cuanto a los combustibles, la variabilidad en el contenido de mercurio según su origen es muy grande. En el caso del petróleo, los crudos importados en los últimos años son de bajo contenido en mercurio (promedio de 3,5 mg/ton) pero en el mundo hay zonas con hasta 600 mg/ton (algunas zonas del este de Asia). Dado que la compra de petróleo aún no considera el contenido de mercurio, el aporte de la refinación podría ser significativamente mayor.

Por otro lado, en el mundo, la principal fuente de emisiones de mercurio es la quema de carbón. En Uruguay no se quema actualmente, pero han existido y es posible que se propongan nuevamente, inversiones destinadas a su incorporación. De tomarse decisiones en este sentido, se aumentaría sensiblemente las liberaciones de mercurio en el país.

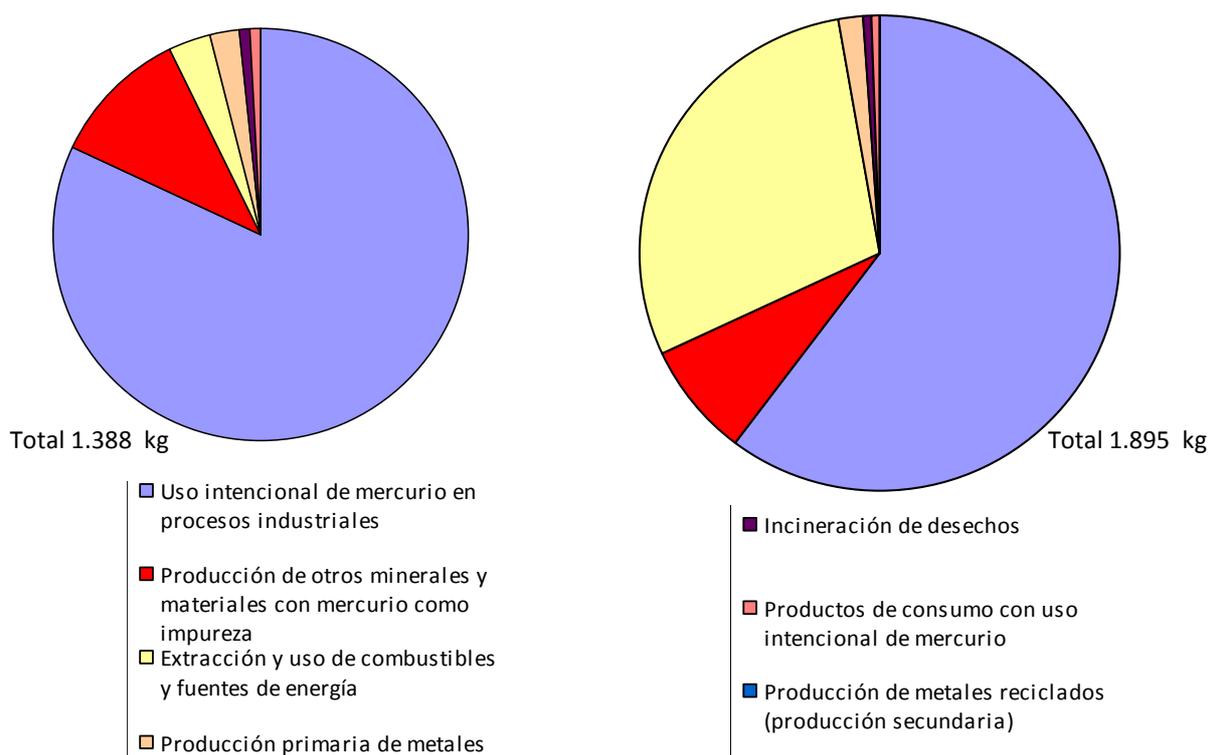
Los resultados pueden verse fuertemente modificados en función de diversos factores, siendo los principales:

- el origen del petróleo refinado
- la incorporación de carbón en la matriz energética

En el gráfico siguiente se muestra como se modificaría la distribución de aportes por la introducción de: una planta de 200MW en base a carbón / la instalación de un horno de cemento a carbón (consumo anual de 56.000 ton) / la instalación de un horno de cemento a coque y carbón (30.000 ton de carbón de coque y 12.000 de carbón mineral) y con la utilización de petróleo con alto contenido de mercurio (300 mg/ton, máximo del rango propuesto por el instrumental).

La totalidad de las emisiones sería 1.895 kg en lugar de 1.388. El aporte de mercurio por los combustibles pasaría de 150 a 550 kg/año. Pero es necesario considerar que este inventario solo alcanza a la industria; la repercusión global sería sensiblemente mayor, ya que el consumo del transporte y residencial no está incluido.

**Ilustración 1: Escenario de una posible introducción de carbón en la matriz energética y de petróleo con alto contenido de mercurio en la industria**



Una limitante encontrada en las evaluaciones de varias sub-categorías, es que los resultados de análisis realizados en el país dan por debajo de los límites de detección. En estos casos, en general se tomó el límite de detección como valor, lo que es razonable desde el punto de vista de una estimación segura en un inventario, pero sería conveniente contar con análisis más sensibles, ya que resulta en una sobre-evaluación de las emisiones. Esto incide especialmente en aquellas categorías que implican grandes volúmenes de materiales con bajo contenido de mercurio (caleras, cementeras, pulpa de celulosa).

En lo que se refiere a los pasivos industriales existentes si bien el tema en general requiere profundización, es significativa la zona en los alrededores de la planta de cloro-soda, dado que si bien la gestión actual es controlada en cuanto a las emisiones de mercurio, la situación en épocas anteriores respondía al conocimiento que existía en ese momento. Este pasivo está en proceso de análisis por la empresa y la DINAMA.

Por otra parte se identificó la zona de la antigua minería en la zona de Corrales como un sitio potencialmente contaminado. Se realizó análisis muy preliminar de la zona de la planta de procesamiento, encontrándose mercurio en el suelo, por lo que se considera necesario ampliar y profundizar esta evaluación. Las muestras de agua del arroyo cercano no dieron evidencia de contaminación.

En la Tabla 2 se presentan las liberaciones a las distintas vías de las sub-categorías identificadas y evaluadas. El detalle de la obtención de los datos, así como la descripción de las distintas categorías de fuentes se presentan en el numeral 5.

**Tabla 2: Resumen de los resultados del inventario industrial de mercurio**

Categorías de las fuentes		Existe? (s/n)	Salidas calculadas de mercurio, Kg/año						Comentarios
			Aire	Agua	Tierra	Impurezas en productos	Desechos generales	Tratamiento sectorial específico	
<b>5.1</b>	<b>Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía</b>								
5.1.2	Otros usos del carbón	S	0,1						Uso metalúrgico en reciclado de metales
5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	S	26,3	0,1		0,7	1,0		No hay extracción. Refinería y uso industrial
5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	S							Muy bajo consumo actual
5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	S	17,6						Leña, residuos de biomasa. Licor negro en categoría de pulpa y papel.
<b>5.2</b>	<b>Producción primaria de metales</b>								
5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	S	0,6	1,2				27,8	Extracción de oro, purificación con cianuro.
<b>5.3</b>	<b>Producción de otros minerales y materiales con mercurio como impureza</b>								
5.3.1	Producción de cemento	S	60,1			24,2	2,3		
5.3.2	Producción de pulpa y papel	S	32,6	21,0		6,0			
5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	S	4,6						
<b>5.4</b>	<b>Uso intencional de mercurio en procesos industriales</b>								
5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	S	23,8			1,2		1115,0	
<b>5.5</b>	<b>Productos de consumo con uso intencional de mercurio</b>								
5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	S		5,2	5,2				Uso de timerosal en vacunas de uso veterinario
<b>5.7</b>	<b>Producción de metales reciclados (producción secundaria)</b>								
5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	S	0,4		0,4		0,4	0,4	
5.7.3	Producción de otros metales reciclados	S							No cuantificado
<b>5.8</b>	<b>Incineración de desechos</b>								
5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	S							Principalmente de la industria farmacéutica. No fue suficientemente evaluado.
5.8.3	Incineración de desechos médicos	S	5,2				5,2		Residuos de origen hospitalario
<b>SUMA DE LIBERACIONES CUANTIFICADAS DE MERCURIO EN LA INDUSTRIA</b>			<b>171,4</b>	<b>27,5</b>	<b>5,6</b>	<b>32,1</b>	<b>8,9</b>	<b>1143,2</b>	

N/A: no alcanzado por el inventario industrial

# 1 Introducción

El presente Inventario de liberaciones de mercurio se realizó en el marco del Proyecto: “Minimización y Manejo Ambientalmente seguro de desechos conteniendo mercurio que afectan a poblaciones expuestas de varios sectores económicos, incluyendo al sector salud, en varios países de América Latina y el Caribe”, cuya implementación quedó a cargo del Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, sito en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). El proyecto se ejecuta simultáneamente en Argentina, Costa Rica y Uruguay. En Uruguay el Proyecto es implementado por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) a través de su División de Control Ambiental, seleccionando al sector industrial y a los pasivos o sitios potencialmente contaminados con mercurio (categoría Hotspots del Toolkit) para la aplicación del Proyecto.

El proyecto se lleva a cabo gracias a un acuerdo de cooperación firmado entre la Secretaría del Convenio de Basilea (SCB) y la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (US-EPA) con el objetivo de brindar a los países la asistencia técnica necesaria que les permita alcanzar una gestión ambientalmente segura de los desechos de mercurio en la región, en cumplimiento de lo establecido por el Convenio de Basilea. Se apunta a mejorar las capacidades locales para la minimización y la gestión ambientalmente segura de los desechos conteniendo mercurio, en el sector priorizado. Uno de los objetivos del proyecto consiste en la realización de un inventario de liberaciones de mercurio en el sector priorizado, como punto de partida para el desarrollo de un Plan de manejo ambientalmente seguro de los desechos.

Para la realización del presente Inventario de liberaciones de mercurio se utilizó la herramienta “Toolkit for identification and quantification of mercury releases” (Instrumental para la Identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio), en adelante citado como Instrumental o Toolkit, en su versión 2010, que fue puesta a disposición de los usuarios por la División Químicos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y que puede encontrarse en el sitio web <http://www.chem.unep.ch/mercury/>.

El Instrumental en su versión 2010 ha desarrollado 2 niveles distintos, con diferentes grados de complejidad y profundidad. En el presente proyecto se ha elegido la aplicación del Inventario Nivel 2, que es el que presenta mayor grado de desarrollo de cada una de las subcategorías, permitiendo así un análisis que se acerque lo más posible a la realidad del país. El inventario suministra, en gran parte de las subcategorías, valores por defecto para los Factores de entrada (contenido de mercurio por unidad de materia prima o de producto), pero siempre que fue posible se trataron de generar dichos factores para la situación concreta del país, a través de la búsqueda de datos históricos o de la realización de nuevos análisis de contenido de mercurio (como por ejemplo en el caso de la madera).

## 2 Metodología

Como fuera mencionado, para la realización del Inventario de liberaciones de mercurio se utilizó como herramienta el “Instrumental para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Mercurio” (Toolkit), Inventario Revisado Nivel 2, publicado por PNUMA Químicos en marzo del 2010. Para los cálculos de liberaciones se utilizó una planilla Excel, aportada como complemento del Instrumental.

El Toolkit pretende ayudar a los países a que identifiquen las principales fuentes de liberación de mercurio y que estimen o cuantifiquen dichas liberaciones a cada una de las vías consideradas:

- Aire,
- Agua,
- Tierra,
- Productos,
- Desechos generales,
- Tratamiento específico de desechos por sector

La metodología del toolkit consta de 4 pasos:

### Primer Paso

Consiste en la aplicación de una matriz de selección con el objetivo de identificar las principales categorías de fuentes presentes en el país, a partir de la categorización brindada por el Instrumental).

### Segundo paso

En esta etapa se hace una clasificación adicional de las principales categorías de fuentes en subcategorías para identificar así las actividades y fuentes de liberaciones de mercurio presentes en el país. Para ello el Instrumental brinda una división de cada una de las categorías en subcategorías, de forma de facilitar el proceso de identificación de fuentes.

### Tercer Paso

Se requiere reunir información cuantitativa de las fuentes identificadas así como la cuantificación de las liberaciones, ya sea con datos de fuentes específicas o con factores por defecto de entrada y de distribución de salidas de mercurio a partir de los datos del instrumental.

El objetivo fundamental del instrumental es permitir el cálculo de la liberación promedio anual en cada vía o vector (aire, agua, tierra, productos, desechos generales, tratamiento específico de desechos por sector) por cada proceso de liberación identificado. Para cada una de las subcategorías, la liberación a cada vía se calcula a partir de la fórmula:

$$\text{Liberación de Hg estimada a la Vía X} = \text{Tasa de actividad} * \text{Factor de entrada} * \text{Factor de distribución a la Vía X}$$

La tasa de actividad hace referencia a la cantidad de materia prima procesada o de producto elaborado, el Factor de entrada al contenido de mercurio por unidad de materia prima ingresada

o de producto elaborado (para cada una de las etapas del ciclo de vida) y el factor de distribución es la fracción de la entrada de mercurio que se libera a la vía considerada. Siempre que fue posible, se trató de estimar los factores de entrada para la realidad concreta de cada una de las actividades estudiadas, a través de datos, información histórica (tanto de las empresas como de organismos públicos de control tal como la DINAMA) y/o de análisis específicos. Cuando no fue posible desarrollar factores de entrada específicos, se utilizaron los factores por defecto suministrados por el Instrumental.

En forma similar, se trabajó con los factores de distribución de las liberaciones suministrados por el instrumental en aquellos casos en que no fue posible determinar los factores propios para cada situación.

Esta etapa de la metodología implicó el conocer la realidad de cada una de las empresas identificadas como potenciales fuentes de liberación de mercurio. Para ello, en una primera instancia se buscaron los datos disponibles tanto en la base de datos de DINAMA (por trámites iniciados para distintas autorizaciones ambientales como en bases públicas de otros organismos, como por ejemplo el Balance energético nacional elaborado anualmente por la Dirección Nacional de Energía (DNE). Básicamente se buscó obtener datos de Tasas de actividad ya disponibles, a los efectos de determinar las principales fuentes de liberación para luego buscar un mayor nivel de detalle en las más relevantes.

Con estos datos preliminares se priorizaron las fuentes, utilizando los factores de entrada (concentración de mercurio por materia prima o producto) sugeridos por el instrumental. A partir de esta priorización se procedió a contactar directamente a las empresas dentro de cada fuente, así como a algunas instituciones públicas para acceder a datos actualizados al período considerado para el inventario.

Se solicitó a las empresas no solo datos de actividad sino, en la medida que estaban disponibles, resultados de mediciones de mercurio tanto en la materia prima que potencialmente podía tener mercurio (p.ej. piedra caliza en las plantas de cemento) como en las salidas del proceso: producto, sub-productos, efluentes líquidos, emisiones atmosféricas y residuos sólidos. De esta manera se pretendió ajustar tanto el Factor de entrada como los factores de distribución a la realidad concreta del país. En algunos casos se complementó con análisis específicos, como en el caso de la madera utilizada para la fabricación de pulpa de papel. Asimismo, en el caso de la minería de oro se analizó mercurio en la salida a la pileta de relave.

Un hecho a resaltar es que, al incorporar factores de entrada acordes a la realidad de Uruguay (siempre que fue posible) categorías de fuentes que inicialmente se consideraron liberaban altos volúmenes de mercurio al ambiente, resultaron ser menores. Un ejemplo de ello es la minería de oro, con tecnología de cianuro, en la que el mineral de oro tiene muy bajo contenido de mercurio.

#### **Cuarto Paso**

Se procede a la compilación de los datos de los pasos 1, 2 y 3, en un formato estandarizado. El formato estandarizado permite visualizar los datos faltantes y generar inventarios comparables y transparentes.

### 3 Antecedentes

En 2001, el Consejo de Administración del PNUMA (GC) decidió iniciar un proceso para llevar a cabo una evaluación mundial del mercurio y sus compuestos. En la 22ava sesión del Consejo de Administración de PNUMA se decidió que era necesaria la toma de acciones nacionales, regionales y globales. A partir de allí se siguen diversas decisiones tendientes a promover acciones de minimización y manejo ambientalmente seguro del mercurio en todas sus fases.

El 14 de Octubre de 2008 el Congreso americano promulgó la Ley de prohibición de exportación de Mercurio 2008, que prohíbe la exportación de mercurio elemental de los Estados Unidos a partir de 2013. La prohibición de exportación del mercurio elemental pretende reducir la disponibilidad del mercurio elemental en el mercado mundial.

El 22 de octubre de 2008, el Consejo y el Parlamento Europeo adoptaron el Reglamento relativo a la prohibición de las exportaciones y al almacenamiento seguro del mercurio metálico - Reglamento (CE) n.º 1102/2008. La prohibición de exportación se inicia el 15 de marzo de 2011 y afecta al mercurio metálico, al mineral de cinabrio, al cloruro de mercurio (I), al cloruro de mercurio (II) y a las mezclas de mercurio metálico con otras sustancias.

En la Reunión de Ministros de Salud y Ambiente en junio de 2005 de los estados miembros de la Organización de los Estados Americanos, declararon su compromiso de establecer una Cooperación Regional en temas prioritarios para la mejora de las condiciones de salud y ambiente de la región, dentro del que se incluyó el manejo seguro de sustancias químicas. En éste se incluyó el incrementar acciones para reducir el uso y las emisiones de mercurio. El grupo ad-hoc de gestión ambiental de sustancias y productos químicos del sub-grupo 6 de Mercosur identifica los aspectos vinculados al mercurio como uno de los principales temas a desarrollar.

Dentro del Plan de Acción MERCOSUR para la Gestión de Sustancias y Productos químicos, de abril de 2006, el mercurio es un producto específicamente contemplado como sustancia prioritaria.

En el área de la salud, la organización Salud sin Daño realizó en 2006 la primer Conferencia Latinoamericana sobre Mercurio en el Cuidado de la Salud, en asociación con el PNUMA y con el auspicio de la OPS, autoridades nacionales y provinciales de la salud y el ambiente de Argentina y organizaciones profesionales de la salud. Esta conferencia motivó que el Hospital de Clínicas, dependiente de la Universidad de la República, realizara una evaluación del uso de mercurio y de aspectos de salud ocupacional en particular en el sector mantenimiento, y un programa de sustitución de termómetros y esfigomanómetros. El Fondo de las Américas realizó una donación de termómetros digitales para otros sectores de la salud a través del Ministerio de Salud Pública y también directamente al Hospital de Clínicas. El MSP promovió la sustitución de termómetros de mercurio en la población a principios de 2009, sin embargo el destino de los mismos no fue resuelto. En 2009, con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud, el Ministerio de Salud Pública elaboró un “Perfil Nacional de Mercurio y Salud”, contribuyendo a dimensionar el problema con el objetivo de aportar a minimizar el uso e importación.

Entre 2009 y 2010, un equipo de trabajo regional realizó el estudio “Análisis de Opciones y Estudio de Factibilidad para el Almacenamiento a largo plazo del Mercurio en América Latina y el Caribe”.

Está en curso actualmente el Proyecto “Gestión Racional de Productos con Mercurio”, con énfasis en lámparas fluorescentes, que tiene como productos un Perfil de lámparas fluorescentes, un Inventario nacional de productos con mercurio, Análisis de Ciclo de vida de lámparas, y un Plan de manejo y Guía de buenas prácticas para el manejo de lámparas de mercurio.

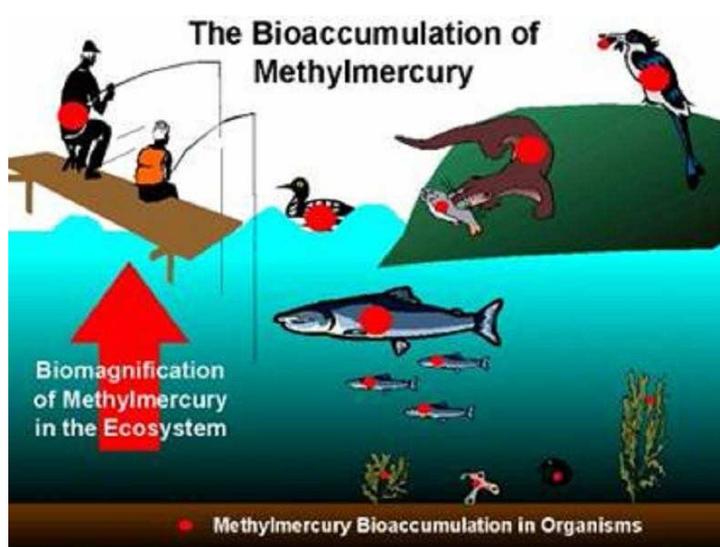
Los antecedentes mencionados muestran un desarrollo creciente de acciones motivadas por la preocupación por el impacto del mercurio en la salud y el ambiente. Este inventario contribuirá al conocimiento necesario para la toma de acciones vinculadas a la contaminación de origen industrial.

## 4 Mercurio

El mercurio ha sido usado por el Hombre desde tiempos remotos pero fue en la era industrial cuando comenzó un uso más intensivo y amplio del mercurio. Esto es debido a sus propiedades químicas únicas. El mercurio es el único metal líquido a temperatura ambiente (su Punto de Ebullición es 356,9°C), muy volátil; tiene un coeficiente de dilatación térmica constante en todo el rango de su fase líquida, lo que lo hace un líquido ideal para termómetros; tiene una elevada conductividad térmica y eléctrica (por lo cual es utilizado en dispositivos eléctricos tales como switches y relés); tiene alta tensión superficial y densidad (Densidad a 25°C: 13,354 kg/m<sup>3</sup>), lo que lo hace muy útil en manómetros, y muy baja solubilidad en agua. Tiene la capacidad de formar amalgamas con muchos elementos, tales como oro, plata, zinc, sodio, etc, razón por la cual se lo ha usado desde hace siglos para la extracción de oro y plata, así como en amalgamas dentales.

El mercurio tiene básicamente 3 especies químicas: mercurio elemental o metálico (Hg<sup>0</sup>), mercurio mercurioso (Hg<sup>+</sup>) y mercúrico (Hg<sup>++</sup>). En su estado mercurioso forma sales inorgánicas y en su estado mercúrico forma tanto sales inorgánicas como compuestos orgánicos. Las sales de mercurio más comunes son el sulfuro de mercurio (HgS), el óxido de mercurio (HgO), el cloruro mercurioso o calomel (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) y el cloruro mercúrico (HgCl<sub>2</sub>).

Cuando el mercurio se combina con compuestos de carbono forma compuestos orgánicos de mercurio u organomercuriales. Dentro de una amplia gama de compuestos orgánicos el metil-mercurio es el más común en el ambiente. El metil-mercurio se genera a partir de la actividad de microorganismos u otros procesos naturales sobre otras especies de mercurio en el medio ambiente. El metil-mercurio es especialmente preocupante puesto que se acumula (se bioacumula y se bio-magnifica) en peces comestibles de agua dulce y de agua salada y en mamíferos marinos a niveles que son muchos miles de veces mayores que los niveles del agua circundante.<sup>2</sup>



**Ilustración 2: Bioacumulación de mercurio**

Fuente: Environment Canada  
<http://www.ec.gc.ca>

<sup>2</sup> *Evaluación Mundial sobre el Mercurio* (2002), IOMC Programa Interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos

### Bioacumulación y biomagnificación

El término **bio-acumulación** significa la acumulación neta en un organismo de metales provenientes de fuentes bióticas (otros organismos) o abióticas (suelo, aire y agua).

El término **bio-magnificación** significa la acumulación progresiva de ciertos metales pesados (y otras sustancias persistentes) de uno a otro nivel trófico sucesivo. Está relacionada con el coeficiente de concentración en los tejidos de un organismo depredador en comparación con el de su presa (AMAP, 1998).

AMAP (1998): Assessment report: *Arctic Pollution Issues*. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, 1998. Citado por el informe *Evaluación Mundial sobre el Mercurio* (2002), IOMC Programa Interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos.

Si la concentración de metilmercurio en el agua de lago se considera que tiene un valor de 1, los factores de bio-acumulación aproximados para microorganismos como el fitoplancton son  $10^5$ , de macroorganismos como zooplancton y planctívoros son  $10^6$  y para piscívoros como el pescado, las aves y los humanos son  $10^7$  (Gobierno de Canadá, <http://www.ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=D721AC1F-1>)

### Ilustración 3: Cinabrio



En la naturaleza se encuentra al mercurio mayoritariamente como sulfuro de mercurio (HgS), un mineral de color rojizo conocido como Cinabrio (concentración promedio de Hg en la corteza terrestre de  $0,05 \text{ g/ton}^3$ ).

Algunos otros minerales de mercurio son: la corderoita ( $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2$ ), la livingstonita ( $\text{HgSb}_4\text{S}_7$ ), la montroidita (HgO), el calomel (HgCl) y el metacinabrio que es una forma negra del sulfuro de mercurio (HgS).

Los depósitos más conocidos y extensos del mineral están en Almadén en España; contienen hasta 8% de Hg<sup>4</sup>. Se extrajo Hg en Almadén desde la época de los Romanos, hasta hace unos pocos años, en que se suspendió la extracción primaria.

Otros países con depósitos minerales de cinabrio son Argelia, China, Estados Unidos, Italia, Kazajstán, México y Perú. Pero en la actualidad solo China y Kazajstán estarían explotando comercialmente sus minas.

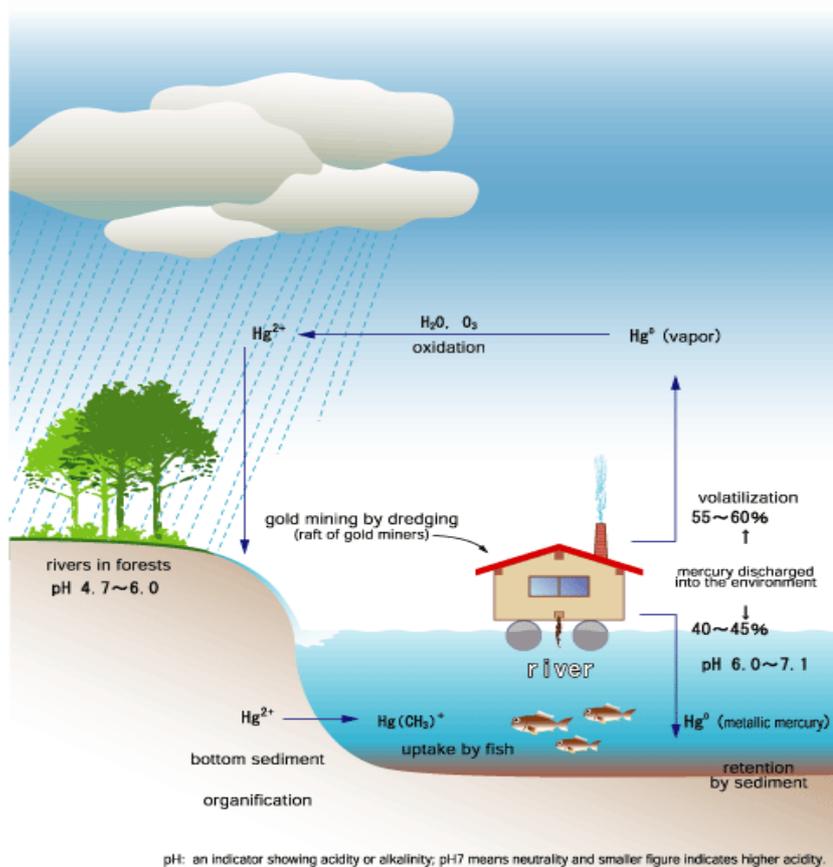
### Efectos en el ambiente

Por ser un elemento, el Hg no se destruye o degrada en sustancias menos dañinas, por lo que una vez liberado persiste en el medio ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en varias formas.<sup>5</sup>

<sup>3</sup>PERU MERCURY INVENTORY 2006; William E. Brooks, Esteban Sandoval, Miguel A. Yopez, 2 and Howell Howard; U.S. Department of the interior; U.S.Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/of/2007/1252/ofr2007-1252.pdf>

<sup>4</sup> Exposure to mercury in the mine of Almadén, Montserrat García Gómez, José Diego Caballero Klink, Paolo Boffetta, Santiago Español, Gerd Sällsten, Javier Gómez Quintana, *Occup Environ Med* 2007;64:389–395. doi: 10.1136/oem.2006.030940. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2078521/pdf/389.pdf>

La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire, pero se producen también emisiones de mercurio de diversas fuentes que van directamente al agua y a la tierra. Las emisiones actuales se añaden al fondo de mercurio existente en el mundo que sigue movilizándose, depositándose en la tierra y el agua y volviendo a movilizarse.



La forma en que se libera el mercurio varía según los tipos de fuentes y otros factores. La mayoría de las emisiones al aire son en forma de mercurio elemental gaseoso, que es transportado en todo el mundo a regiones alejadas de las fuentes de emisión. Las emisiones restantes se producen en forma de mercurio gaseoso, inorgánico, iónico (como el cloruro de mercurio) o consolidado en partículas emitidas.

Estas formas tienen un período de vida más corto en la atmósfera y se pueden depositar en

tierras o masas de agua a distancias aproximadas de 100 a 1000 kilómetros

**Ilustración 4: Ciclo del mercurio**

de su fuente. El mercurio elemental en la atmósfera puede transformarse en mercurio iónico, que crea una vía importante para el depósito del mercurio elemental emitido.

Una vez depositado, el mercurio puede cambiar de forma (principalmente por metabolismo microbiano) y convertirse en metilmercurio.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Mercury: A priority for action, The Mercury Issue UNEP

[http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness\\_raising\\_package/default.htm](http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/default.htm)

<sup>6</sup> Evaluación Mundial sobre el mercurio (2002), IOMC Programa Interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos.

### Efectos sobre la salud

El mercurio y sus compuestos son altamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo. Los fetos y los niños pequeños son especialmente susceptibles. La inhalación de vapor de mercurio puede producir efectos dañinos en los sistemas nervioso, digestivo e inmune, pulmones y riñones y puede ser fatal. Las sales inorgánicas del mercurio son corrosivas a la piel, ojos y al tracto gastrointestinal y pueden inducir toxicidad renal si se ingieren. Pueden aparecer desórdenes neurológicos y de comportamiento luego de la inhalación, ingestión o contacto con la piel de diferentes compuestos mercurio, dependiendo del compuesto, la vía de ingreso, el tiempo de exposición, la concentración y la susceptibilidad individual. Los síntomas de intoxicación son: temblores, insomnio, pérdida de memoria, efectos neuromusculares, dolores de cabeza y disfunción cognitiva y motora.

*Tabla 3: Efectos del mercurio sobre la salud*

	Vías de ingreso	Eliminación	Efectos Clínicos
<b>MERCURIO ELEMENTAL (METÁLICO)</b>	Inhalación (volátil a temperatura ambiente, 85% absorción) Digestiva y cutánea	Fecal y urinaria	Sistema nervioso central y periférico (temblores, irritabilidad, insomnio, ataxia, problemas de coordinación, pérdidas de memoria, dolores de cabeza, reducción de la función cognitiva) Riñón (proteinuria leve o grave, hematuria, hasta falla renal aguda) Cardiovascular (aumento de presión arterial, palpitaciones, aumento del ritmo cardíaco en casos de exposición aguda a altas concentraciones) Otros: Respiratorios, ocular, gingival y cutánea. Acrodinia: en niños, exposición crónica
<b>MERCURIO INORGÁNICO (SALES)</b>	Ingestión: 10% absorbido Alta absorción cutánea	Renal	Toxicidad Renal y Gastrointestinal Secundariamente neurológica (temblores, problemas de coordinación, disminución de la respuesta física y mental)

<b>METILMERCURIO</b>	<p>Gastrointestinal: rápida y completa (90%)                  Transplacentaria: se bioconcentra (Los niveles en el Sistema Nervioso Central del feto es 5-7 veces mayor que el materno)</p>	<p>Eliminación por heces, escasa eliminación urinaria</p>	<p>Neurotoxicidad (especialmente al feto en desarrollo en el vientre materno): alteraciones visuales, ataxia, disartria, pérdida de la audición, problemas intelectuales, parálisis cerebral, coma.                  Cardiovascular: alteraciones del ritmo, hipertensión.                  Teratogenicidad: el Metilmercurio es teratógeno                  Carcinogenicidad: posible cancerígeno humano (grupo 2B, IARC)</p>
----------------------	---	---	--

**Valores Guía de la Organización Mundial de la Salud**

Agua: 1 µg/litro para mercurio total<sup>7</sup>

Aire: 1 µg/m<sup>3</sup> (promedio anual)<sup>8</sup>

La OMS estima como tolerable una concentración de 0.2 µg/m<sup>3</sup> para una exposición prolongada por inhalación al vapor de mercurio elemental y una ingesta total de mercurio de 2 µg/kg peso corporal por día.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> WHO (2004) Guidelines for Drinking-water quality 3rd edition. Geneva, World Health Organization. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/GDWQ2004web.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/GDWQ2004web.pdf)

<sup>8</sup> WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe

<sup>9</sup> IPCS (2003) Concise International Chemical Assessment Document 50: Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicads>

## 5 Resultados Sector Industrial

En este ítem se presentan las fuentes de liberación identificadas como existentes en el país. En las siguientes secciones se presenta la cuantificación realizada en el sector industrial, alcanzado en el marco del proyecto.

### Fuentes de liberación de mercurio identificadas

La Tabla 4 muestra las fuentes de liberación de mercurio identificadas solo como presentes o ausentes en el país. Aquellas que no fueron comprendidas en el alcance de este inventario se presentan sombreadas. Es importante tener en cuenta que en la categoría 5.5, de productos conteniendo mercurio, solo se evaluó lo referente a la industria. Ej. en la producción de vacunas de uso veterinario se utiliza timerosal. No se evaluaron categorías de productos que solo se consumen en el país como importación.

Solo las fuentes identificadas como presentes en el sector industrial se incluyen en la evaluación cuantitativa. Se ha incluido, además del sector industrial, la categoría de incineración de desechos (5.8), exceptuando la incineración de desechos realizada informalmente. En la tabla siguiente presentan sombreadas las categorías no evaluadas en este inventario.

*Tabla 4: Categorías de las fuentes identificadas*

C	Sub-C	Categorías de las fuentes	Existe? (s/n)
<b>5.1</b>		<b>Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía</b>	
	5.1.1	Combustión de carbón en grandes centrales de energía	n
	5.1.2	Otros usos del carbón	s
	5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	s
	5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	s
	5.1.5	Extracción y uso de otros combustibles fósiles	s
	5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	s
	5.1.7	Producción de energía geotérmica	n
<b>5.2</b>		<b>Producción primaria de metales</b>	
	5.2.1	Extracción de mercurio y procesamiento inicial	n
	5.2.2	Extracción de oro y plata por amalgamamiento con mercurio	n
	5.2.3	Extracción de zinc y procesamiento inicial	n
	5.2.4	Extracción de cobre y procesamiento inicial	n
	5.2.5	Extracción de plomo y procesamiento inicial	n
	5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	s
	5.2.7	Extracción de aluminio y procesamiento inicial	n
	5.2.8	Extracción de otros metales no ferrosos y procesamiento inicial	n
	5.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	n <sup>10</sup>
<b>5.3</b>		<b>Producción de otros minerales y materiales con mercurio como impureza</b>	
	5.3.1	Producción de cemento	s
	5.3.2	Producción de pulpa y papel	s
	5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	s

<sup>10</sup> Si bien existe una mínima producción de mineral de hierro, no hay producción primaria de hierro metálico.

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Sub-C	Categorías de las fuentes	Existe? (s/n)
<b>5.4</b>		<b>Uso intencional de mercurio en procesos industriales</b>	
	5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	s
	5.4.2	Producción de VCM (monómero de cloruro de vinilo) con catalizador de mercurio	n
	5.4.3	Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio	n
	5.4.4	Producción de otros productos químicos y polímeros con mercurio	n
<b>5.5</b>		<b>Productos de consumo con uso intencional de mercurio<sup>11</sup></b>	
	5.5.1	Termómetros con mercurio	s
	5.5.2	Interruptores eléctricos y relés con mercurio	s
	5.5.3	Fuentes lumínicas con mercurio	s
	5.5.4	Pilas y baterías con mercurio	s
	5.5.5	Poliuretano con uso de catalizador con mercurio	s
	5.5.6	Biocidas y pesticidas con mercurio	n
	5.5.7	Pinturas con mercurio	n
	5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	s
	5.5.9	Productos cosméticos y relacionados con mercurio	s
<b>5.6</b>		<b>Otros usos intencionales en productos y procesos</b>	
	5.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	s
	5.6.2	Manómetros y medidores con mercurio	s
	5.6.3	Productos químicos de laboratorio y equipamiento con mercurio	s
	5.6.4	Uso de mercurio en rituales religiosos y medicina tradicional	n/s
	5.6.5	Usos de productos misceláneos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	s
<b>5.7</b>		<b>Producción de metales reciclados (producción secundaria)</b>	
	5.7.1	Producción de mercurio reciclado	n
	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	s
	5.7.3	Producción de otros metales reciclados	S
<b>5.8</b>		<b>Incineración de desechos</b>	
	5.8.1	Incineración de desechos municipales o generales	n
	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	s
	5.8.3	Incineración de desechos médicos	s
	5.8.4	Incineración de lodos cloacales	n
	5.8.5	Quema informal de desechos	s
<b>5.9</b>		<b>Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales</b>	
	5.9.1	Rellenos sanitarios, depósitos controlados	s
	5.9.2	Disposición difusa con cierto grado de control	s
	5.9.3	Disposición local informal de desechos de la producción industrial	s
	5.9.4	Vertederos informales de desechos	s
	5.9.5	Sistemas/tratamiento de aguas residuales	s
<b>5.10</b>		<b>Crematorios y cementerios</b>	
	5.10.1	Crematorios	s
	5.10.2	Cementerios	s

<sup>11</sup> Solo se evaluaron las sub-categorías de productos que se producen en el país (alcance industrial del inventario).

## Resumen de las liberaciones de mercurio

Si bien las liberaciones se dividen en forma estándar, en agua, tierra y aire, el instrumental propone su distribución en las siguientes vías: Aire, Agua (cuerpos de agua dulce o salada, incluyendo los que llegan a través de los sistemas de saneamiento), Tierra, Residuos generales, Productos (que contienen mercurio intencionalmente o como impureza) y Desechos específicos del sector (que conllevan un tratamiento específico).

En la tabla siguiente se presenta una descripción más detallada y ejemplos de las distintas vías de liberación.

*Tabla 5: Descripción de los tipos de resultados*

Tipo de resultado	Descripción
Entradas de Hg estimadas (kg Hg/año)	Cantidad de mercurio que ingresa a la categoría de fuente con las materias primas, por ejemplo: la cantidad de mercurio calculada a partir del ingreso de piedra caliza en las plantas de cemento
Aire - atmósfera	Fuentes puntuales y difusas desde las cuales se extiende el mercurio de manera local, regional y hemisférica/mundial con las masas de aire. Ejemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de las principales fuentes puntuales, como las centrales de energía , la fundición de metales, la incineración de desechos, las instalaciones de cloro-álcali, la cremación, particularmente debido a amalgamas dentales</li> <li>• Fuentes difusas como la extracción artesanal de oro o quema informal de residuos que contengan lámparas fluorescentes, baterías.</li> <li>• Evaporación de mercurio dispuesto en rellenos sanitarios.</li> </ul>
Agua – medio acuático	Fuentes puntuales y difusas desde las cuales se extiende el mercurio hasta los medios marinos (océanos) y las aguas dulces (ríos, lagos, etc.). Ejemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargas directas de las industrias y las viviendas a los medios acuáticos;</li> <li>• Escorrentía superficial y en forma de lixiviados a partir de suelos y rellenos sanitarios contaminados con mercurio sin membrana de recolección de lixiviado y sistema de limpieza de agua en forma de lixiviados</li> </ul>
Tierra / suelos – medio terrestre	Superficies y suelos en general, desde donde llega al agua subterránea. Ejemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberaciones difusas de productos desechados no recogidos (pilas, termómetros, interruptores de mercurio, dientes con amalgamas, etc.);</li> <li>• Liberaciones locales de las industrias: materiales de obra y almacenaje de desechos;</li> <li>• Vertido de lodos cloacales con contenido de mercurio en tierras agrícolas (fertilizante);</li> <li>• Aplicación de pesticidas con compuestos de mercurio en los suelos, las semillas o las plantas;</li> </ul>

<p>Productos: Productos que deliberada o involuntariamente contienen mercurio;</p>	<p>Productos que contienen mercurio, en forma deliberada o involuntaria, por ejemplo porque el mercurio es una impureza en materiales. Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso deliberado en productos, pesticidas, etc.</li> <li>• Ácido sulfúrico a partir de la desulfuración de los gases de salida (depuración de gases de salida) en plantas de metales no ferrosos;</li> <li>• Cloro e hidróxido de sodio producidos con tecnología cloro-álcali a base de mercurio.</li> </ul>
<p>Desechos generales</p>	<p>Desechos domésticos e institucionales comunes (la mayor parte de los desechos que genera la población) sometidos a tratamiento general, como la incineración o disposición vigilada. Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos de consumo con contenido deliberado de mercurio, como pilas, termómetros, dientes humanos con amalgamas, dispositivos electrónicos con interruptores de acero, luces fluorescentes, etc. que no fueron separados/tratados con sistemas especiales;</li> <li>• Desechos normales de gran volumen con rastros menores de mercurio.</li> </ul>
<p>Tratamiento / disposición de desechos por sector</p>	<p>Desechos industriales y post-consumo que se reúnen y tratan por separado. Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechos industriales peligrosos con alto contenido de mercurio, por lo general debido al uso deliberado del metal, que se almacenan en sitios específicos.</li> <li>• Desechos post-consumo peligrosos con contenido de mercurio, básicamente pilas separadas, termómetros, interruptores de mercurio, dientes con amalgamas, etc.;</li> </ul>

En la Tabla 5 se presenta el resumen de las liberaciones de mercurio de todas las categorías identificadas y que se encuentran dentro del alcance de este inventario.

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

**Tabla 6: Resumen de las liberaciones industriales de mercurio 2009**

C	Sub-C	Categorías de las fuentes	Existe? (s/n/?)	Salidas calculadas de mercurios, Kg/año						Comentarios
				Aire	Agua	Tierra	Impurezas en productos	Desechos generales	Tratamiento o sectorial específico	
<b>5.1</b>		<b>Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía</b>								
	5.1.1	Combustión de carbón en grandes centrales de energía	N	-	-	-	-	-	-	
	5.1.2	Otros usos del carbón	S	0,1	-	-	-	-	-	Uso metalúrgico en reciclado de metales
	5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	S	26,3	0,1	-	-	1,0	-	No hay extracción. Refinería y uso industrial
	5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	S	-	-	-	-	-	-	Muy bajo consumo. Planes de aumento a futuro.
	5.1.5	Extracción y uso de otros combustibles fósiles	N	-	-	-	-	-	-	
	5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	S	17,6	-	-	-	-	-	Leña, residuos de biomasa. No se incluye licor negro por estar en categoría de pulpa y papel.
	5.1.7	Producción de energía geotérmica	N	-	-	-	-	-	-	
<b>5.2</b>		<b>Producción primaria de metales</b>								
	5.2.1	Extracción de mercurio y procesamiento inicial	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.2	Extracción de oro y plata por amalgamamiento con mercurio	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.3	Extracción de zinc y procesamiento inicial	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.4	Extracción de cobre y procesamiento inicial	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.5	Extracción de plomo y procesamiento inicial	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	S	0,6	1,2	-	-	-	27,8	Extracción de oro en Minas de Corrales, purificación con cianuro.
	5.2.7	Extracción de aluminio y procesamiento inicial	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.8	Extracción de otros metales no ferrosos y procesamiento inicial	N	-	-	-	-	-	-	
	5.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	N	-	-	-	-	-	-	

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Sub-C	Categorías de las fuentes	Existe? (s/n/?)	Salidas calculadas de mercurios, Kg/año						Comentarios
				Aire	Agua	Tierra	Impurezas en productos	Desechos generales	Tratamiento o sectorial específico	
<b>5.3</b>		<b>Producción de otros minerales y materiales con mercurio como impureza</b>								
	5.3.1	Producción de cemento	S	60,1	-	-	24,2	2,3	-	
	5.3.2	Producción de pulpa y papel	S	32,6	21,0	-	6,0	-	-	
	5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	S	4,6	-	-	-	-	-	
<b>5.4</b>		<b>Uso intencional de mercurio en procesos industriales</b>								
	5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	y	23,8	-	-	1,2	-	1115,0	Planta de cloro-álcali con tecnología de mercurio.
	5.4.2	Producción de VCM (monómero de cloruro de vinilo) con catalizador de mercurio	n	-	-	-	-	-	-	
	5.4.3	Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio	n	-	-	-	-	-	-	
	5.4.4	Producción de otros productos químicos y polímeros con mercurio	n	-	-	-	-	-	-	
<b>5.5</b>		<b>Productos de consumo con uso intencional de mercurio</b>								
	5.5.6	Biocidas y pesticidas con mercurio	n	-	-	-	-	-	-	
	5.5.7	Pinturas con mercurio	n	-	-	-	-	-	-	
	5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	y	-	5,2	5,2	-	-	-	Uso de timerosal en vacunas de uso veterinario
	5.5.9	Productos cosméticos y relacionados con mercurio	n	-	-	-	-	-	-	
<b>5.6</b>		<b>Otros usos intencionales en productos y procesos</b>								
<b>5.7</b>		<b>Producción de metales reciclados (producción secundaria)</b>								
	5.7.1	Producción de mercurio reciclado	n	-	-	-	-	-	-	
	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	y	0,4	-	0,4	-	0,4	0,4	
	5.7.3	Producción de otros metales reciclados	y	-	-	-	-	-	-	No se cuantificó por falta de información sobre contenido de mercurio
<b>5.8</b>		<b>Incineración de desechos</b>								

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Sub-C	Categorías de las fuentes	Existe? (s/n/?)	Salidas calculadas de mercurios, Kg/año						Comentarios
				Aire	Agua	Tierra	Impurezas en productos	Desechos generales	Tratamient o sectorial específico	
	5.8.1	Incineración de desechos municipales o generales	n	-	-	-	-	-	-	
	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	y	-	-	-	-	-	-	Incinerador de residuos peligrosos, principalmente de la industria farmacéutica no fue suficientemente evaluado.
	5.8.3	Incineración de desechos médicos	y	5,2	-	-	-	5,2	-	Incinerador de residuos de origen hospitalario (no incluye residuos comunes)
	5.8.4	Incineración de lodos cloacales	n	-	-	-	-	-	-	
<b>5.9</b>		<b>Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales</b>								<i>Fuera del alcance</i>
<b>5.10</b>		<b>Crematorios y cementerios</b>								<i>Fuera del alcance</i>
<b>SUMA DE LIBERACIONES CUANTIFICADAS DE MERCURIO EN LA INDUSTRIA</b>				<b>171,4</b>	<b>27,5</b>	<b>5,6</b>	<b>31,4</b>	<b>8,9</b>	<b>1143,2</b>	

## 5.1 Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía

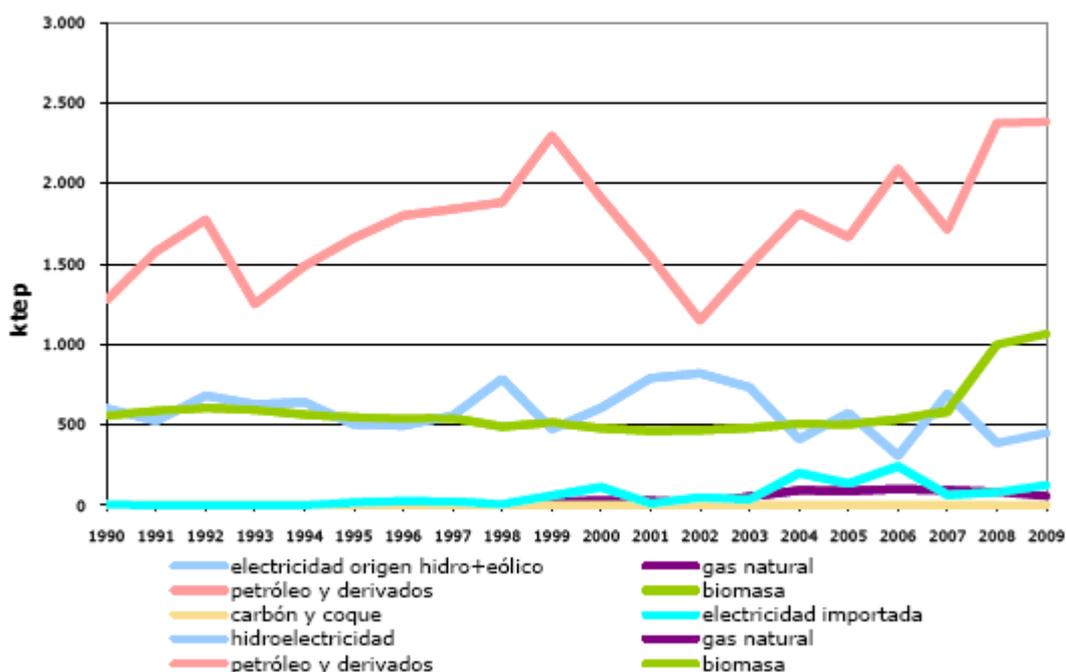
Uruguay no posee fuentes de combustibles fósiles explotables actualmente, por lo que éstos son importados. ANCAP, empresa de propiedad estatal, de acuerdo a su ley de creación tiene el monopolio para la importación y refinación de petróleo y sus derivados así como de otros carburantes, líquidos, semilíquidos y gaseosos. ANCAP refina petróleo y además de ello importa otros combustibles como nafta, gas oil y fuel oil. Asimismo se recibe gas natural a través de gasoductos desde otros países.

En lo que se refiere a la matriz energética, si bien tiene una componente hidroeléctrica importante en relación a otros países, es muy dependiente de las precipitaciones, como puede verse en el cuadro siguiente<sup>12</sup>. Las grandes variaciones en el abastecimiento de petróleo y derivados, así como electricidad importada, van en sentido contrario a la hidroelectricidad.

En el gráfico puede verse también el salto cualitativo de la biomasa en los últimos años, uno de cuyos componentes importantes es la producción de energía a partir de licor negro de una planta procesadora de pulpa de papel. En el 2008 se introduce la electricidad de origen eólico.

Nota: las unidades del gráfico son ktep = kilo toneladas equivalentes de petróleo

**Ilustración 5: Abastecimiento de energía por fuente**

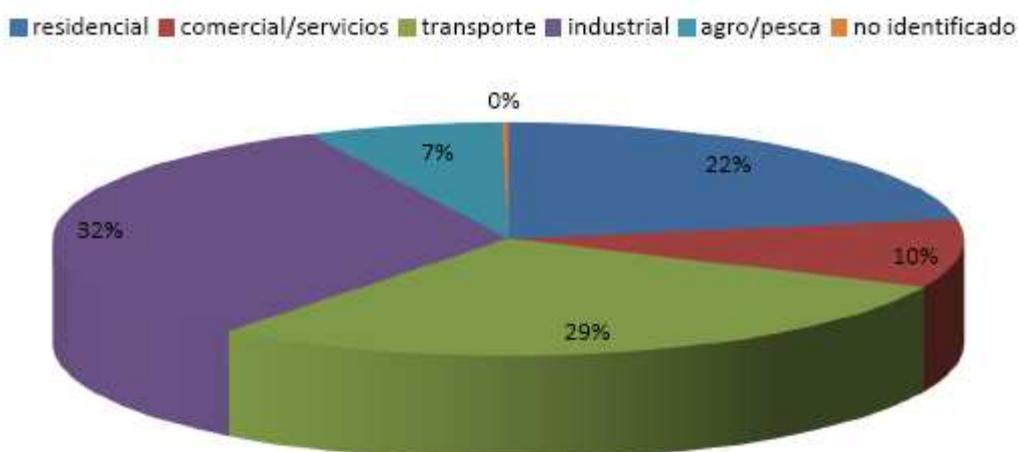


<sup>12</sup> Fuente: Balance energético 2009, Dirección Nacional de Energía, Ministerio de Industria, Energía y Minería.

En 2008, año caracterizado por escasas precipitaciones, el abastecimiento de energía fue principalmente proveniente del petróleo y derivados (61%). La hidroelectricidad participó en un 10% y la biomasa creció desde 16% en 2006 a 25% en 2008.

En el consumo final por sector puede verse el peso relativo de los sectores industrial, transporte y residencial. Esto es relevante para la comprensión de los resultados de la aplicación del instrumental al sector industrial en esta categoría de fuentes, ya que considerará la tercera parte del consumo energético total. Esto no significa que corresponda a la tercera parte de las liberaciones de mercurio porque las emisiones dependen del tipo de energético. Además, la refinación de petróleo incluida en la sub-categoría 5.1.3 no está incluida en el gráfico siguiente como un consumo, como tampoco lo está el consumo de energéticos de los centros de transformación.

**Ilustración 6: Consumo energético por sector 2009**



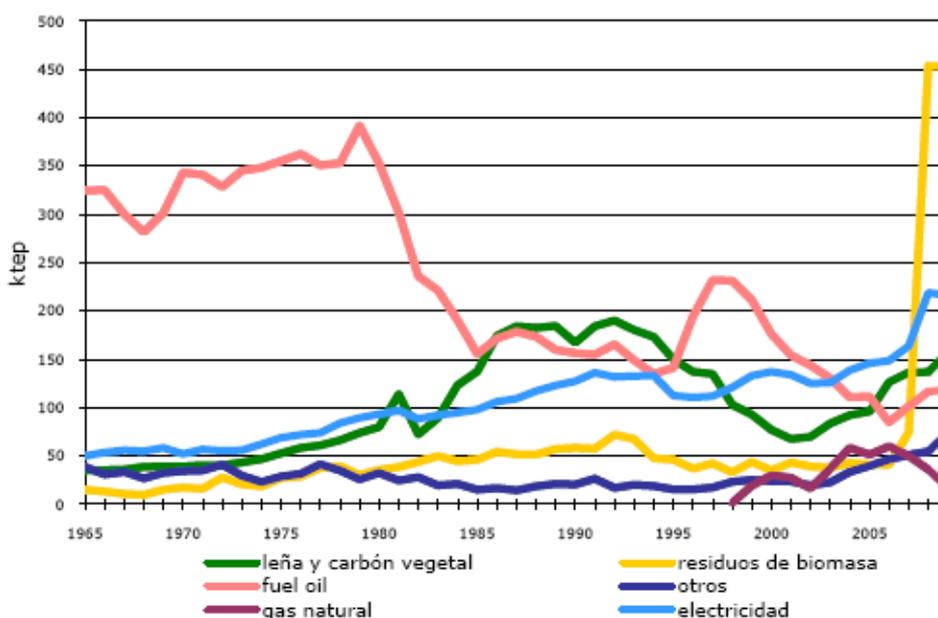
La demanda de energía crece sistemáticamente, desde la década del 90, siendo notoria la crisis económica del 2002 (ver gráfico X), que se revierte en 2004 y alcanzando en 2009 los 3.299 ktep.

*El aumento en la generación de energía a partir de biomasa, la introducción de otras energías renovables y la variabilidad en la generación hidroeléctrica permiten visualizar un panorama difícil de pronosticar en la matriz energética. Sin embargo, como se menciona en el análisis específico de la refinación de petróleo, a los efectos de la liberación de mercurio al ambiente, será más significativo el origen del mismo que otras variables.*

*La posible introducción de carbón en la matriz energética, planteada por varios proyectos industriales (cementerías, minería, e incluso para la generación de energía eléctrica por parte de la empresa estatal) modificaría drásticamente el panorama vinculado a las emisiones de mercurio por fuentes energéticas.*

En lo que refiere al sector industrial, objeto de este inventario, el gráfico siguiente muestra las fuentes energéticas utilizadas, donde se ve el aumento significativo de la componente de biomasa, motivada principalmente como se mencionó antes, en la generación de energía a partir de la quema de licor negro. Otras energías renovables van también en aumento (incluidas en otros).

**Ilustración 7: Consumo final energético del sector industrial**



Para la cuantificación de los datos presentados para esta categoría, la fuente general es la Dirección Nacional de Energía (DNE), del Ministerio de Industria y Energía, correspondiente al balance energético 2009. Excepto en el caso de la Refinería de petróleo de ANCAP, se toman los datos de esta fuente en ktep (kilo toneladas equivalentes de petróleo) o tep (toneladas equivalentes de petróleo) y por medio de un factor para cada energético (basado en el poder calorífico inferior) se convierten a la unidad adecuada para ser utilizada en el inventario. De esta forma se centraliza la fuente de información evitándose que existan diferencias en las apreciaciones de cada sub-categoría. La fuente de datos para los factores de conversión también es la DNE.

*Es importante tener en cuenta que existen ciertos acuerdos en la realización de balances energéticos a nivel mundial. En particular, en lo referido a la venta de combustibles a barcos y aviones (denominado venta a bunkers), se considera como consumo interno a aquellos de bandera nacional y como exportación lo entregado a los de bandera extranjera. Para que las emisiones derivadas de actividades como transporte internacional de carga y pasajeros, pesca y otros, con bandera extranjera, sean consideradas, es necesario que sean incluidas en los inventarios por el país que lo vende, ya que no aparecerán como importaciones en otros inventarios. Este hecho no afectará a este inventario en particular, que tiene como alcance solo el sector industrial.*

**Se incluye en este inventario el uso de combustibles y fuentes de energía a nivel industrial y de los centros de transformación de energía** (ej. Usinas térmicas de generación de energía eléctrica). No se incluye el consumo residencial, comercio y servicios ni el transporte por estar fuera del alcance delimitado por el Proyecto bajo el cual se ejecuta el inventario.

### **5.1.1 Combustión de carbón en grandes centrales de energía**

Actualmente no existe la fuente en el país, pero la empresa de generación de energía eléctrica de propiedad estatal (UTE) está considerando dentro de su plan estratégico la inclusión de carbón como energético dentro de la expansión de la producción de electricidad, si bien es hoy un proyecto que requiere maduración. Por otro lado, una planta cementera ya ha proyectado dentro de su actualización tecnológica, la inclusión del carbón mineral como combustible. Y otro proyecto de planta cementera se propone incluirlo como combustible junto a residuos de biomasa. Asimismo, un emprendimiento extractivo consideró incluir la generación de energía en base a carbón, con un consumo importante del mismo.

*La inclusión del carbón en la matriz energética podría modificar sensiblemente el aporte a las liberaciones de mercurio, no solo del sector energético sino en el perfil general, pudiendo ser el mayor o uno de los mayores aportes a las liberaciones de mercurio del país cuando la planta de cloro-álcali haya sustituido su tecnología.*

### **5.1.2 Otros usos de carbón**

Dentro de esta sub-categoría se identificó básicamente el uso metalúrgico del coque de carbón, tanto a partir de la información suministrada por la DNE como lo que surge de las consultas realizadas a los importadores. El coque de carbón cumple varias funciones en el proceso: energético, reductor y una baja proporción queda incorporada en el producto final.

En Uruguay no hay extracción primaria de metales (excepto oro y un bajo volumen de mineral de hierro), por lo que el uso metalúrgico se limita al reciclaje de chatarra.

Sin embargo es necesario considerar que un emprendimiento que se instalaría para la extracción de hierro, ha planteado la posibilidad de usar carbón como energético. Dado que el emprendimiento en cuestión es de grandes dimensiones, la incorporación del uso de carbón influiría negativa y sensiblemente en las emisiones globales de mercurio.

#### **Tasa de actividad:**

La importación de coque de carbón equivale a 300 tep. Para convertir a toneladas se divide entre el factor de conversión de 0,68 tep/ton (tonelada equivalente de petróleo/tonelada):

$$300 \text{ tep} \div 0,68 \text{ tep/ton} = 441 \text{ ton}$$

**Factor de entrada:**

No se dispone de datos de contenido de mercurio en el coque importado, por lo que se utiliza el factor sugerido por el instrumental: 0,27 g Hg/ton

Así la entrada total de mercurio por “otros usos del carbón” se estima como:

<b>Entrada total de mercurio por otros usos del carbón</b>	=	<i>Tasa de actividad</i>	*	<i>Factor de entrada</i>	÷	<i>Factor de conversión</i>	=	<b>0,12 kg Hg</b>
		441 ton de coque de carbón		0,27 g Hg/ton de coque de carbón		1000 g Hg / kg Hg		

**Factores de distribución:**

Se utilizan los factores sugeridos en el instrumental para la situación de ausencia de dispositivos para el control de emisiones, en base a la evaluación realizada por la DINAMA en el año 2008 de las fundiciones existentes. En esta situación, el instrumental propone que el total de las emisiones se consideren liberadas a la atmósfera.

Aire: 0,12 kg Hg x 1 = 0,12 kg Hg

**5.1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo**

Como se mencionó anteriormente, Uruguay no es un productor de petróleo en la actualidad. El crudo es importado y refinado por una única empresa, ANCAP, de propiedad estatal.

Esta subcategoría a su vez se divide para su evaluación en:

- Refinación de petróleo (5.1.3.1.)
- Uso de coque de petróleo y fuel oil (5.1.3.2.)
- Uso de gasolina, gas oil y otros destilados livianos (5.1.3.3.)

Esta subdivisión se basa en el distinto contenido de mercurio previsto en cada caso: crudo, derivados pesados (fuel oil y coque) y derivados livianos (gasolina, diesel y otros destilados livianos).

**5.1.3.1. Refinación de petróleo**

El factor determinante de las emisiones provenientes de la refinación del petróleo es el contenido de mercurio en el crudo. En base a la información disponible se realiza la evaluación, cuyos resultados, como se detalla más adelante, muestran escenarios variables.

**Tasa de actividad:**

En la tabla siguiente se presenta la evolución del volumen de crudo procesado en los últimos años, tomando como fuente la información suministrada por ANCAP.

*Tabla 7: Volumen de crudo procesado*

Año	Volumen (m <sup>3</sup> )	Ton
2007	1.814.666	1.569.686
2008	2.407.291	2.082.307
2009	2.194.323	1.898.089
Promedio		1.850.027

Densidad media: 0,865 ton/m<sup>3</sup>

Las diferencias existentes se justifican por las paradas de la refinería para mantenimiento, motivo por el cual se toma el promedio de los 3 años, muy similar al valor 2009.

**Factor de entrada:**

El instrumental propone un rango muy amplio de contenido de mercurio (5 a 300 mg/ton), por lo que se procuró ajustarlo en función del petróleo refinado localmente. Para ello se tomó en cuenta el origen del crudo (importaciones, Fuente de datos: ANCAP) y datos de contenido de mercurio en los mismos para establecer un factor de entrada ponderado. Se evaluaron los años 2007 a 2009.

En el artículo “Mercury in Crude Oil Processed in the United States (2004)”, elaborado por S. Mark Wilhelm, L. Liang, D.Cussen y D. Kirchgessner, se presenta un pormenorizado estudio sobre mercurio en crudos refinados en EUA. En el mismo se concluyó que el contenido de mercurio del petróleo refinado en EUA era de  $3,5 \pm 0,6$  mg/ton (promedio ponderado. Se analizaron crudos de diversos orígenes. Las determinaciones individuales tuvieron datos desde no detectables (<0,5 mg Hg/ton) a 600 mg Hg/ton (Tailandia), justificado por las distintas naturalezas geológicas. En el estudio se analizaron distintas técnicas de análisis y muestreo, especies en que se encuentra el mercurio y se presentan datos promedio de contenido para crudos de distintos orígenes.

De esta fuente se toman los contenidos de mercurio de los crudos utilizados en Uruguay, siendo los principales en los últimos años los provenientes de Venezuela, Rusia y Angola. A partir de estos datos y los volúmenes relativos de importación, se calculó el contenido medio de mercurio en los crudos procesados en Uruguay:

**Tabla 8: Origen del crudo y contenido de mercurio**

Origen	% del crudo consumido en el período 2007-2009	Hg mg/ton
Venezuela	59,2	4,2
Rusia	30,2	3,1
Angola	7,7	1,6
Irán	1,9	0,8 <sup>13</sup>
Guinea Ecuatorial	1,0	0,3
Promedio ponderado		3,5

Para su utilización en el instrumental, como mejor estimación del Factor de entrada, se toma el promedio de los 3 años: 3,5 mg Hg/ton. En Consideraciones y seguimiento se comenta sobre valores máximos y mínimos que se pueden considerar.

**Así la entrada total de mercurio por la contribución de la refinación de petróleo es:**

<b>Entrada total de mercurio por la refinación de petróleo</b>	=	<i>Tasa de actividad</i> 1.850.027 ton de petróleo crudo	*	<i>Factor de entrada</i> 3,5 mg Hg/ton de petróleo	÷	<i>Factor de conversión</i> 1.000.000 mg Hg / kg Hg	=	<b>6,5 kg Hg</b>
--	---	---	---	---	---	--	---	------------------

**Factores de distribución:**

Se aplican los factores de distribución propuestos por el instrumental. El instrumental no incluye la liberación en productos, ya que se consideran específicamente en otras sub-categorías para asegurar que no se contabilizan por duplicado. Por este motivo, las entradas a la subcategoría Refinación (6,5 kg) son menores que las salidas (2,7kg).

Para el cálculo de la liberación en una vía determinada se multiplica el factor de distribución de la vía que se va a calcular por la entrada de mercurio de la subcategoría. Ej: para la liberación al aire  $0,25 \times 6,5 = 1,6$ .

En la tabla siguiente se muestran el resumen de las entradas y salidas de la refinación de petróleo.

<sup>13</sup> No hay análisis realizado al crudo de Irán. El crudo de Iraq tiene una media de 0,7 y el de Kuwait 0,8. Se toma el mayor dato de los dos.

**Tabla 9: Resumen de entrada y salidas en la refinación de petróleo**

Extracción, refinación y uso de petróleo	Etapas del ciclo de vida - Refinación
Tasa de actividad	1.850.027 ton de crudo
Factor de entrada	3,5 mg Hg/ton de crudo
Entrada calculada	6,5 kg Hg
<b>Factores de distribución de salida para:</b>	
- Aire	0,25
- Agua(/aguas residuales)	0,01
- Tierra	0
- Productos	<i>se incluyen en otras subcategorías</i>
- Tratamiento de desechos generales (incluye rellenos)	0,15
- Tratamiento específico de desechos por sector	0
<b>Salidas/liberaciones calculadas hacia:</b>	
- El aire	1,62 kg Hg
- El agua (/aguas residuales)	0,06 kg Hg
- La tierra	0
- Los productos	0
- El tratamiento de desechos generales	0,97 kg Hg
- El tratamiento específico de desechos por sector	0

### Consideraciones y seguimiento

- Si bien se entiende que las liberaciones de mercurio calculadas para el promedio de los años 2007 a 2009 han sido adecuadamente estimadas, el hecho de que las importaciones de crudo no tengan en consideración el contenido de mercurio, implica que las liberaciones futuras podrían ser mayores o menores, en función de los posibles orígenes y políticas de compra.
  - Para tener una idea de cuanto podría modificarse el aporte proveniente de la refinación de petróleo, podemos considerar el máximo contenido de mercurio del rango propuesto por el instrumental (300mg Hg/ton), lo que implicaría, con la misma tasa de actividad, un valor de entrada de 555kg Hg/año (en lugar de 6.5kg). La liberación atribuible a la presente categoría (no incluyendo la liberación proveniente de la combustión de los productos) sería 227kg Hg/año.
  - El valor calculado para las emisiones 2009 es más bajo que el mínimo del rango propuesto por el instrumental. Podría calcularse un mínimo considerando que todo el crudo se comprara a Rusia (3.1mg Hg/ton), lo que daría una entrada de 5,7kg Hg/año, en lugar de 6.5kg. La liberación atribuible a la presente categoría (no incluyendo la liberación proveniente de la combustión de los productos) sería 2,34kg Hg/año, valores que no difieren mucho del calculado.

- Acerca de las mediciones de contenido de Hg en crudo, recién a partir del año 2010 existen normas ASTM para ello y aún no hay equipos en el país adecuados para aplicar estas técnicas, por lo que no se confirmaron analíticamente los contenidos de mercurio en los crudos utilizados en Uruguay. Las técnicas actualmente disponibles en el país presentan un límite de detección diez veces mayor que el valor estimado para las concentraciones de mercurio en crudo. Las técnicas ASTM 2010 son:
  - ASTM D7622 - 10 Standard Test Method for Total Mercury in Crude Oil Using Combustion and Direct Cold Vapor Atomic Absorption Method with Zeeman Background Correction
  - ASTM D7623 - 10 Standard Test Method for Total Mercury in Crude Oil Using Combustion-Gold Amalgamation and Cold Vapor Atomic Absorption Method

### **5.1.3.2. Uso de coque de petróleo y fuel oil**

El coque de petróleo se usa como combustible principalmente en la producción de cemento (coque importado) y en la refinería que lo genera como subproducto. Como otros usos, se encuentra básicamente el metalúrgico, que en el caso de Uruguay se limita al reciclaje de chatarra, y dentro de esta principalmente ferrosa.

El fuel oil (FO) es utilizado como energético, y también tiene una componente importada (principalmente utilizada en las centrales térmicas) y nacional (uso industrial, calefacción, y transporte).

Para la cuantificación se contabilizan por separado los aportes del coque y del fuel oil. En la Tabla 13, al final de la sección se presenta el conjunto de los resultados obtenidos.

#### **5.1.3.2.1. Uso de coque de petróleo**

El coque de petróleo tiene origen en la importación directa y como subproducto de la refinería. Dado que tienen distinta capacidad energética (a partir de los datos disponibles de la DNE), y hay distinto conocimiento sobre su posible contenido de mercurio, se separan para su cuantificación.

##### **a. Uso de coque de petróleo importado**

###### **Tasa de actividad:**

El coque de petróleo importado se utiliza como combustible en plantas de cemento y también en el reciclaje de metales. Para el coque importado se utilizan los consumos declarados por las empresas en el país.

**Tabla 10: Consumo de coque importado 2009**

Empresa	Consumo coque (ton)
Cementera	38.976
Fundición	813
<b>Total</b>	<b>39.789</b>

Este valor total tiene una diferencia de solo 0,4% por encima del valor obtenido de la conversión de las toneladas equivalentes de petróleo:  $31.700 \text{ tep} \div 0,8 \text{ tep/ton} = 39.625 \text{ ton}$ .

**Factor de entrada:**

El instrumental propone un rango para el petróleo de 5 a 300 mg/ton con un valor sugerido de 55 mg/ton cuando no hay más información, y para el coque de petróleo un rango de 10 a 100 mg/ton con un valor sugerido también de 55 mg/ton.

Considerando que el petróleo del cual proviene el coque importado (Golfo de Mexico) tiene un contenido de mercurio de 1.3 mg Hg/ton crudo (tomados de la misma fuente citada en la refinación de petróleo), se propone considerar la misma proporción sugerida en el instrumental, asignándose 13 mg Hg/ton.

Así la entrada total de mercurio por la contribución del uso de coque de petróleo importado sería:

$$39.789 \text{ ton/año} \times 1,3 \text{ mg Hg/ton} \div 1.000.000 \text{ mg/kg} = 0,05 \text{ kg Hg}$$

**Factores de distribución:**

En el caso del consumo de coque de petróleo, dado que el principal consumo (98%) es una planta productora de cemento, se utilizan los factores de distribución que le corresponden a su sistema de control de emisiones (control de particulados con reciclado de polvos). Otras contribuciones a las emisiones correspondientes a la producción de cemento se incluyen en la sub-categoría 5.3.1.

Aire: 0,7

Emisión estimada al aire:  $0,05 \text{ kg Hg} \times 0,7 = 0,04 \text{ kg Hg}$

Producto: 0,3

Emisión estimada en productos:  $0,05 \text{ kg Hg} \times 0,3 = 0,02 \text{ kg Hg}$

**b. Uso de coque de petróleo de producción nacional****Tasa de actividad:**

La refinería produce coque de petróleo que utiliza internamente en su totalidad: 26.600 tep, lo que equivale con un factor de conversión de 0,9386 tep/ton a 28.340 toneladas.

$$26,6 \text{ tep} \div 0,9386 \text{ tep/ton} = 28.340 \text{ ton}$$

**Factor de entrada:**

El instrumental propone un rango para el petróleo de 5 a 300 mg/ton con un valor sugerido de 55 mg/ton cuando no hay más información, y para el coque de petróleo un rango de 10 a 100 mg/ton con un valor sugerido también de 55 mg/ton.

Considerando que el petróleo del cual proviene el coque (producción nacional) tiene un contenido de mercurio ya estimado (ver en el numeral 5.1.3.1), se propone considerar el mismo valor que para el petróleo que entra a la refinería: 3,5 mg Hg/ton, asumiendo el mantenimiento de la misma proporción sugerida en el instrumental.

Así la entrada total de mercurio por la contribución del uso de coque de petróleo de origen nacional sería:

$$28.340 \text{ ton/año} \times 3,5 \text{ mg Hg /ton} \div 1.000.000 \text{ mg/kg} = 0,1 \text{ kg Hg}$$

**Factores de distribución:**

Se toman los factores de emisión sugeridos por el instrumental, para la situación de ausencia de dispositivos de control, que asume que la totalidad de las emisiones son a la atmósfera:

$$\text{Aire: } 0,1 \times 1 = 0,1 \text{ kg Hg}$$

**5.1.3.3.2. Uso de fuel oil**

El fuel oil se utiliza en la industria como combustible. En forma similar al coque, hay consumo de FO importado y también del generado en la refinería de petróleo. El FO importado es consumido en su mayor parte en los centros de transformación a energía eléctrica (centrales térmicas). En la tabla siguiente se presentan los datos de producción nacional e importación.

*Tabla 11: Oferta de Fuel Oil 2009*

OFERTA DE FO	Fuel oil pesado	Calefacción	Intermedio	Motores	Total
	Ktep	Ktep	ktep	ktep	Ktep
Nacional (refinería)	204,53	40,29	327,68	13,07	<b>585,6</b>
Importación	305,46				<b>305,5</b>
Exportación	43,98	0,08	330,76		<b>374,8</b>
Nota: Las diferencias entre la oferta y el consumo que se presentan, están justificadas en el balance de la DNE como variaciones de inventario.					

Como puede verse en la tabla anterior, un volumen muy importante de FO figura como exportación. Esto se debe a que allí se incluye, por los motivos anteriormente descritos, la venta a buques y otros medios de transporte de bandera extranjera (bunkers).

En la tabla siguiente se muestra el consumo de FO por sector, separado en los distintos tipos comercializados.

**Tabla 12: Consumo de Fuel Oil 2009**

CONSUMO DE FO	Fuel oil pesado	Calefacción	Intermedio	Motores	Total
	Ktep	Ktep	ktep	ktep	Ktep
Consumo propio de la refinería	118,18	0,04			118,2
Centros de transformación	226,27			13,07	239,3
Industrial	108,58	9,81			118,4
Residencial	4,17	21,97			26,1
Servicios	0,37	7,11			7,5
Transporte	0,31	0,52			0,8
Total	457,88	39,45	0	13,07	510,3
Total consumo "industria"	453,03	9,85		13,07	475,9

Notas:

- El FO pesado consumido por los centros de transformación es importado en su totalidad.
- El consumo "industria" incluye los centros de transformación y el consumo propio de la refinería

En la tabla, como Total "industria" se encuentra el consumo incluido en el alcance de este inventario (475,9 ktep).

Para la cuantificación, se calculan por separado los aportes a las liberaciones del FO de producción nacional y del importado debido al distinto conocimiento existente acerca de su origen y contenido de mercurio.

#### a. Uso de fuel oil importado

##### Tasa de actividad:

El FO importado es consumido mayoritariamente por las centrales térmicas de generación de energía eléctrica, que consumieron 226.270 tep de las 305.500 importadas de FO pesado. Con un factor de conversión de 0,9569 tep/ton, resulta en 306.287 ton de FO.

$$305.500 \text{ tep} \div 0,9569 \text{ tep/ton} = 306.287 \text{ ton de FO importado}$$

##### Factor de entrada:

El instrumental propone un rango de contenido de mercurio de 10 a 100 mg Hg/ton de FO. Dado que no existe información sobre el FO importado se toma el valor medio sugerido en el instrumental de 55 mg Hg/ton FO.

$$306.287 \text{ ton} \times 55 \text{ mg/ton} \div 1.000.000 \text{ mg/kg} = 20,15 \text{ kg Hg/año}$$

**Factores de distribución:**

Las centrales térmicas de transformación de energía no tienen sistemas de control de emisiones, por lo que las liberaciones en su totalidad son al aire:

Aire: 20,15 kg Hg/año

**b. Uso de fuel oil producción nacional**

De las 475,9 ktep consumidos por la industria, centros de transformación y el propio consumo de la refinería, 305,5 ktep son importadas y fueron evaluadas en el ítem anterior. La diferencia (170,4 ktep) se asume corresponde al consumo del mismo sector, de FO refinado en el país.

A nivel industrial el consumo se distribuye entre muchos emprendimientos. Dado que El FO no es una buena opción desde el punto de vista económico ya hace muchos años, hay una importante conversión a otros combustibles, principalmente leña y en algunos grandes consumidores a coque de petróleo.

**Tasa de actividad:**

A nivel industrial se consumieron 170.400 tep, el factor de conversión es 0,9569 tep/ton, lo que resulta en 178.075 ton de FO consumidas a nivel industrial.

$170.400 \text{ tep} \div 0,9569 \text{ tep/ton} = 178.075 \text{ ton de FO refinado en el país}$

**Factor de entrada:**

El instrumental propone un rango para el petróleo de 5 a 300 mg/ton con un valor sugerido de 55 mg/ton cuando no hay más información, y para el fuel oil un rango de 10 a 100 mg/ton con un valor sugerido también de 55 mg/ton.

Haciendo las mismas consideraciones que en el caso del coque de petróleo de origen nacional, el petróleo del cual proviene el coque (producción nacional) tiene un contenido de mercurio ya estimado (ver en el numeral 5.1.3.1). Se propone considerar el mismo valor que para el petróleo que entra a la refinería: 3,5 mg Hg/ton, asumiendo el mantenimiento de la misma proporción sugerida en el instrumental (mismo valor sugerido para petróleo que para fuel oil).

Así la entrada total de mercurio por la contribución del uso de fuel oil de origen nacional sería:

$178.075 \text{ ton/año} \times 3,5 \text{ mg/ton} \div 1.000.000 \text{ mg/kg} = 0,62 \text{ kg Hg}$

**Factores de distribución**

Se consideran los factores de distribución para emisiones no controladas, dada que esa es la situación general de las calderas a FO en el país.

Aire: 0,62 kg Hg

En la tabla siguiente se resumen las entradas y salidas correspondientes al aporte de la combustión del coque de petróleo y el fuel oil para uso industrial, de los centros de transformación y el consumo propio de la refinería de petróleo:

**Tabla 13: Entradas y salidas en el balance de mercurio para coque de petróleo y fuel oil**

Uso de coque de petróleo y fuel oil	Coque de petróleo importado	Coque de petróleo nacional	Fuel oil importado	Fuel oil nacional	Totales
<b>Tasa de actividad</b>	39.789 ton	28.340 ton	306.287ton	178.075 ton	-
Factor de entrada	1,3 mg Hg/ton <sup>14</sup>	3,5 mg Hg/ton <sup>15</sup>	55 mg Hg/ton <sup>3</sup>	3,5 mg Hg/ton	-
Entrada calculada	0,06 kg Hg	0,10 kg Hg	20,15 kg Hg	0,62 kg Hg	23,05 kg Hg
<b>Factores de distribución de salida para:</b>					
- Aire	0,7	1	1	1	-
- Agua(/aguas residuales)	0	0	0	0	-
- Tierra	0	0	0	0	-
- Productos	0,3	0	0	0	-
- Tratamiento de desechos generales	0	0	0	0	-
- Tratamiento específico de desechos por sector	0	0	0	0	-
<b>Salidas/liberaciones calculadas hacia:</b>					
- El aire	0,04	0,10	20,15	0,62	22,83 kg Hg
- El agua (/aguas residuales)	0	0	0	0	
- La tierra	0	0	0	0	
- Los productos	0,02	0	0	0	
- El tratamiento de desechos generales	0,	0	0	0	0,22 kg Hg
- El tratamiento específico de desechos por sector	0	0	0	0	

### Comentarios y seguimiento

Es de hacer notar las diferencias resultantes en las emisiones al considerar las emisiones provenientes del combustible producido en la refinería o importado, dadas las estimaciones realizadas de los factores de entrada. Tal como se comentara en lo referente a la elección de los factores de entrada para el crudo, las liberaciones anuales serán determinadas por el origen del crudo, fuel oil y coque importado en cada período.

#### 5.1.3.3. Uso de gasolina, gas oil y otros destilados livianos

En la tabla siguiente se presenta la oferta de gasolina, gas oil y otros destilados livianos, así como la exportación.

<sup>14</sup> Factor por defecto

<sup>15</sup> Factores estimados de acuerdo al origen del petróleo

*Tabla 14: Oferta de combustibles livianos 2009*

OFERTA LIVIANOS	Gasoil - diesel oil	Naftas auto	Keroseno	Nafta aviación	Turbo	Supergas	Propano	Fuel gas	Total (ktep)
	ktep	ktep	ktep	Ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	Ktep
Nacional (refinería)	683,4	463,9	7,7	0,3	63,2	83,1	11,4	61,6	<b>1374,6</b>
Importación	745,1	47,0		1,8	5,8	21,8	7,7		<b>829,2</b>
Exportación	126,1	146,8			66,2		3,2		<b>342,3</b>

Al igual que en el caso del FO, también en estos combustibles hay venta a bunkers dentro de lo que figura como exportación

A continuación se presenta el consumo de los derivados livianos del petróleo por sector. El transporte es el principal usuario, seguido de las centrales térmicas para generación de energía eléctrica. La industria como tal no es un consumidor importante, si bien, a los efectos de este inventario se agrupa junto con las centrales térmicas y el consumo propio de la refinería (resaltados en la tabla).

*Tabla 15: Consumo de gasolina, gasoil y otros destilados livianos por sector*

Destilado	Gasoil - diesel oil	Naftas auto	Keroseno	Nafta aviación	Turbo	Supergas	Propano	Fuel gas	Total
	ktep	ktep	ktep	Ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	Ktep
Consumo propio	1,3							61,6	<b>62,9</b>
Centrales térmicas	478,1								<b>478,1</b>
Industria	160,7	0,3	1,3			1,2	9,3		<b>172,8</b>
Residencial	30,3		6,1			98,7	1,5		<b>136,6</b>
Comercio y servicios	30,5		0,6			4,6	4,4		<b>40,1</b>
Transporte	588,9	334,4		2,6	2,1				<b>928,0</b>
Agro y pesca	0,5	11,6							<b>12,1</b>
No identificado		2,7							
No energético	0,4		0,4						<b>0,8</b>
<b>Total (ktep)</b>	<b>1290,7</b>	<b>349</b>	<b>8,4</b>	<b>2,6</b>	<b>2,1</b>	<b>104,5</b>	<b>15,2</b>	<b>61,6</b>	<b>1834,1</b>
<b>Total industria (ktep)</b>	<b>640,1</b>	<b>0,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,2</b>	<b>9,3</b>	<b>61,6</b>	<b>713,8</b>

Nota: consumo propio se refiere al consumo en la planta que lo produce (refinería).

#### Tasa de actividad:

En la tabla siguiente se presentan los datos de Industria (en sentido amplio), incluyendo el uso industrial, centros de transformación a energía eléctrica y consumo propio de la refinería y su transformación a toneladas.

*Tabla 16: Destilados livianos, conversión ktep a ton*

Destilado	Industria	Factor conversión	Cantidad
	ktep	kep/kg	ton
Gasoil - diesel oil	640,1	1,0203	627.365
Naftas automotrices	0,3	1,047	287
Keroseno	1,7	1,0341	1.644
Supergas	1,2	1,091	1.100
Propano	9,3	1,0975	8.474
Fuel gas	61,6	1,3059	47.169
<b>Total:</b>			<b>686.039</b>

Notas:

- Industria: industria, centros de transformación y consumo propio de la refinería
- Se incluye el uso no energético del keroseno

A partir de los cálculos anteriores se calcula la tasa de actividad en 686.039 ton de gasolina, diesel y otros destilados livianos.

#### **Factor de entrada:**

Suponiendo que todo el consumo de la industria sea importado (la peor condición, ya que se supone que no se conoce el origen y se toma el factor por defecto sugerido por el instrumental), el factor de entrada sería 5.5 mg Hg/ton. De esta forma, la entrada por contribución de los derivados livianos del petróleo sería:

$$686.039 \text{ ton} \times 5.5 \text{ mg Hg/ton} \div 1.000.000 \text{ mg/kg} = 3,77 \text{ kg Hg}$$

#### **Factores de distribución**

Considerando que no hay sistemas adecuados para el tratamiento de las emisiones, todas las liberaciones de la combustión van al aire. Aproximadamente 478 de 686 kton corresponden al consumo de una central térmica a gasoil.

Aire: 3,77 kg Hg

#### **5.1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural**

Uruguay no cuenta con yacimientos actualmente en uso de gas natural (GN), por lo que éste es importado a través de un gasoducto desde otros países. El hecho de que este suministro no es estable ha limitado su utilización. Sin embargo se prevé realizar inversiones importantes como una planta regasificadora en los próximos años, lo que traería consigo seguramente un importante aumento de la oferta y uso del GN. Una de las centrales de transformación térmica existentes, que hoy en día consume Gasoil, podría consumir 1,8 millones de m<sup>3</sup>/día, unas 25 veces el consumo actual.

**Tasa de actividad:**

De los 48.200 tep de GN ingresado al país, 4.100 corresponden a los centros de transformación, 16.400 al sector residencial, 14.900 a comercio y servicios y 16.900 a la industria.

Los centros de transformación de energía y la industria suman 21.000 tep (4.100 + 16.900). Multiplicando por 1.000 para convertirlo a kep y dividiendo por el factor de conversión 0,830 kep/m<sup>3</sup> se obtiene una tasa de actividad de 25.301.205 m<sup>3</sup>

$$21.000 \text{ tep} \times 1.000 \text{ kep/tep} \div 0,830 \text{ kep/m}^3 = 25.301.205 \text{ m}^3/\text{año}$$

**Factor de entrada:**

Como factor de entrada se toma el sugerido por el instrumental (0,22 µg Hg/Nm<sup>3</sup>), dado que no se poseen al momento más datos.

**Así la entrada total de mercurio por la contribución del uso de gas natural en industria y centros de transformación es:**

$$25.301.205 \text{ Nm}^3/\text{año} \times 0,22 \text{ µg Hg/Nm}^3 \div 1 \times 10^9 \text{ µg/kg} = 0,006 \text{ kg}$$

**Factores de distribución:**

El GN que se importa es ya de calidad para el consumo. Se asume que la totalidad de las liberaciones son al aire.

Aire: 0,006 kg

**5.1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles**

En este ítem, el toolkit incluye el uso de la turba y esquistos bituminosos. Al igual que otras fuentes como carbón y petróleo, no son explotadas o producidas en el país actualmente.

El esquisto no se importó en el período considerado y, de acuerdo a la información recibida de la DNE no se usa actualmente en el país, si bien hay estudios realizados que confirman su presencia en el Departamento de Cerro Largo.

Las empresas que figuran importando turba son del rubro agropecuario, donde la turba no se utiliza como combustible.

**5.1.6 Energía obtenida por la quema de biomasa**

El consumo de biomasa (aproximadamente 50% correspondiente a leña y el resto a residuos de biomasa como residuos forestales y de aserradero, licor negro, bagazo de caña, cáscara de arroz, cáscara de girasol, casullo de cebada y otros), que había venido disminuyendo desde 1992, ha repuntado en los últimos años, debido al aumento de consumo de leña en la industria a partir del 2007 y por el gran aumento en el consumo industrial de residuos de biomasa,

fundamentalmente licor negro. En la tabla siguiente se presentan los datos de consumo en ktep de los distintos tipos de biomasa en 2009.

*Tabla 17: Consumo de biomasa como combustible*

Sector	Leña	Cáscara de arroz	Cáscara girasol	Bagazo	Casullo cebada	Residuos forestales	Licor negro	Total
	ktep	ktep	ktep	ktep	Ktep	ktep	ktep	ktep
<b>Centros transformación</b>	0,6			0,8			108,7	110,1
<b>Industria</b>	156,7	17,7	2,3	17,1	0,6	1,2	407,3	602,9
<b>Residencial</b>	295,0							295,0
<b>Com y serv</b>	19,5							19,5
<b>Transporte</b>								
<b>Agro y pesca</b>	29,5							29,5
<b>Total (ktep)</b>	501,3	17,7	2,3	17,9	0,6	1,2		1.056,9
<b>Total industria (ktep)</b>	157,3	17,7	2,3	17,9	0,6	1,2	516,0	712,9

A los efectos del inventario, se resalta lo incluido como industria.

#### Tasa de actividad:

El consumo de biomasa correspondiente al alcance del inventario (industria y centros de transformación) se convierte por medio del factor de conversión a toneladas y luego por el contenido de humedad a toneladas de biomasa seca, ya que el factor de entrada sugerido por defecto en el instrumental tiene esa base. El licor negro no se contabilizará en esta categoría, dado que se incluye dentro de las emisiones del sector pulpa de papel.

*Tabla 18: Consumo de biomasa en la industria*

Biomasa	Industria	Factor conversión	Cantidad en base húmeda	Humedad en base seca	Cantidad en base seca
	ktep	tep/ton	ton	%	ton
Leña	157,3	0,27	582.593	30	448.148
Bagazo	17,88	0,18	99.333	49	66.667
Cáscara de arroz	17,7	0,27	65.556	8	60.700
Cáscara girasol	2,28	0,38	6.000	8	5.556
Residuos forestales	1,16	0,27	4.296	30	3.305
Casullo cebada	0,6	0,3712	1.616	8	1.497
<b>Total</b>	<b>196,92</b>		<b>759.394</b>		<b>585.871</b>

Como ejemplo se detalla la conversión en el caso de la leña.

$157.300 \text{ tep} \div 0,27 \text{ tep/ton} = 582.593 \text{ ton de leña consumida por la industria (base húmeda)}$

$582.593 \text{ ton leña húmeda} / (1 + \% \text{ Humedad base seca}) = 448.148 \text{ ton leña seca}$

De la tabla se extrae la tasa de actividad para el consumo de biomasa como energético en el alcance del inventario es 585.871 ton/año.

**Factor de entrada:**

Como factor de entrada se toma el sugerido por el instrumental (0,03 g Hg/ton biomasa seca), dado que no se poseen al momento suficientes datos para considerar. El análisis realizado sobre chips de madera suministrados por una empresa fabricante de pulpa de celulosa, dieron valores por debajo del límite de detección, 0,02 mg/kg o g/ton en base seca.

**Así la entrada total de mercurio por la contribución del uso energético de biomasa en industria y centros de transformación se estima en:**

$$585.871 \text{ ton/año} \times 0,03 \text{ g Hg/ton} \div 1000 \text{ g/ kg} = 17,6 \text{ kg mercurio al año}$$

**Factores de distribución:**

Se estima que todas las liberaciones son al aire, ya que no existen tratamientos específicos en general.

Aire: 17,6 kg

**Comentarios y seguimiento**

Para afinar esta estimación sería conveniente realizar un muestreo representativo de la biomasa utilizada y bajar los límites de detección de los ensayos.

**5.1.7 Producción de energía geotérmica**

No existe la fuente en el país.

**5.2 Producción primaria de metales**

La única producción primaria de metales que hay en el país actualmente es la de oro, utilizando proceso de extracción del metal con cianuro y un bajo volumen de mineral de hierro, que sería utilizado directamente por las cementeras.

También existen proyectos diversos de explotación de minerales metálicos, que requerirán análisis y seguimiento.

En cuanto a la geoquímica del suelo en el país, la información suministrada por la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) sobre las prospecciones multielemento en que se incluyó mercurio, abarca solo algunas zonas del país: 12.000 km<sup>2</sup> (de una superficie continental del país de 176.220 km<sup>2</sup>), localizadas al suroeste del país. Los resultados de la prospección realizada en esa zona dan un contenido de mercurio por debajo del límite de detección de 0,050 mg/kg. Por otro lado, los análisis realizados por el emprendimiento de extracción de oro que

funciona al norte del país presenta datos concordantes (ver comentarios en la categoría 5.2.6), con el 90% de los resultados de análisis prospectivos por debajo de 0,02 mg/kg. Asimismo, los datos provenientes de la explotación de áridos, por ejemplo caliza para la fabricación de cal y cemento también son bajos

Los datos existentes permiten suponer que los suelos uruguayos son pobres en mercurio, por lo que los minerales extraíbles tendrían muy bajos niveles de contenido de mercurio. Sin embargo, es deseable contar con datos de otras zonas del país para poder afirmarlo con seguridad.

### **5.2.1 Extracción primaria de mercurio y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de mercurio en el país.

### **5.2.2 Extracción primaria de oro y plata por amalgamación con mercurio**

En base a la información suministrada por DINAMIGE, no se realiza extracción de oro y plata por amalgamación con mercurio a nivel industrial desde la segunda década del siglo XX. Las zonas en que se realizó, en particular Minas de Corrales y minas cercanas, en el departamento de Rivera, son de interés en la identificación de posibles pasivos.

De acuerdo a esta fuente, la minería artesanal ha existido a un nivel muy menor, no habiéndose constituido en base a la información recogida, como una fuente de sustento permanente ni suficiente para los actores locales. Cuando se visitó la zona, no se observaron instalaciones, si bien se recibieron comentarios sobre la realización de bateo como actividad ocasional.

### **5.2.3 Extracción primaria de zinc y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de zinc actualmente en el país.

### **5.2.4 Extracción primaria de cobre y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de cobre actualmente en el país.

### **5.2.5 Extracción primaria de plomo y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de plomo en el país.

### **5.2.6 Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos de la amalgamación con mercurio**

En el país existe actualmente un emprendimiento de minería del oro en funcionamiento, con características de explotación a cielo abierto en la zona de Minas de Corrales, en el departamento de Rivera, al norte del país, cuyas características se mencionan a continuación.

La técnica aplicada para la recuperación del oro (y también de la plata presente en el mineral) es con utilización de cianuro por el método lixiviación con carbón (carbon in leach). La primera

etapa del proceso es la molienda, para generar la mayor superficie posible (triturador primario). El material molido entra a la planta, previo agregado de cal sólida en la cinta transportadora. Se alimenta a 2 unidades de molienda húmeda de distintas características, obteniéndose un tamaño de partícula muy fino, que se bombea a tanques de lixiviación con agitación para mantener la pulpa en suspensión. En el primer tanque (son 7 tanques en serie) se dosifica cianuro. Se inyecta oxígeno para oxidar el oro. En este proceso el oro se va separando del mineral formando un complejo con cianuro. A contracorriente se agrega carbón activado que concentra el oro. El carbón es retenido por unos tamices que permiten pasar la pulpa pero no el carbón. Al final se tiene un barro agotado en oro, que se bombea a la represa de relaves. Allí sedimenta el mineral molido y el sobrenadante vuelve a la planta, en circuito cerrado.

Para recuperar el oro contenido en el carbón se hace un proceso de desorción en caliente con soda y cianuro de sodio, obteniéndose una solución acuosa rica en oro. Sobre ella se hace un proceso de electrólisis. El oro, que está complejado con cianuro sufre una oxidación, pasa a forma metálica, en forma de barro, se seca, se mezcla con fundente, se hace una colada a alta temperatura y se forman los lingotes de oro y plata (metal doré).

La represa de relaves está impermeabilizada con arcilla y geomembrana de polietileno de alta densidad, contando con el correspondiente monitoreo del drenaje inferior. Se cuenta con una planta de tratamiento para vertidos eventuales del vaso de la represa de represa. En el tiempo de funcionamiento del emprendimiento se han ampliado unas y cerrado otras.

Para el control de posibles impactos en el medio, derivados básicamente de las liberaciones de cianuro, sulfatos (por oxidación de piritas) y nitratos (por restos de explosivos), se monitorea el desagote de las canteras y escurrido de las pilas de estéril. Los pluviales de la planta de procesamiento son conducidos a la represa de agua fresca de donde se toma para el proceso. Asimismo se realiza seguimiento de las fuentes de agua y de especies acuáticas en la zona.

#### **Tasa de actividad:**

Acerca de los datos de entrada, el instrumental propone el mineral procesado y el contenido de mercurio en el mismo.

En la tabla siguiente se muestra la evolución del mineral procesado desde 2006. Se toma como tasa de actividad el mineral procesado en 2009.

*Tabla 19: Mineral de oro procesado*

<b>Año</b>	<b>Mineral procesado (ton)</b>
2006	1.278.252
2007	1.291.639
2008	1.269.086
2009	1.476.531

**Factor de entrada:**

Como factor de entrada el instrumental propone un rango de 10 a 100 g Hg/ton mineral extraído. Se procuró ajustar este factor a la realidad nacional, dado que es conocida la gran variabilidad que existe debido a las distintas naturalezas geológicas.

Para ello se consideraron los datos del análisis de minerales realizados por la empresa minera a lo largo de varios años. Estos resultados permiten asegurar que el mineral de oro que se explota en la zona de Corrales tiene un contenido extremadamente bajo de mercurio. El valor máximo detectado es 0,06 g Hg/ton y 90% de los resultados son inferiores o iguales a 0,02 g Hg/ton de mineral.

Como factor de entrada se toma 0,02 g Hg/ton de mineral, como un valor de seguridad, ya que el valor medio es inferior.

**En resumen, para la entrada de mercurio por la extracción y procesamiento inicial de oro corresponde:**

<b>Entrada de mercurio por la extracción y procesamiento inicial de oro</b>	=	<i>Tasa de actividad</i> 1.476.531 ton de mineral procesado	*	<i>Factor de entrada</i> 0,02 g Hg/ton de mineral procesado	÷	<i>Factor de conversión</i> 1000 g Hg / kg Hg	=	<b>29,53 kg Hg</b>
---	---	--	---	---	---	---	---	------------------------

**Factores de distribución:**

Acerca de los factores de salida, el instrumental propone la asignación siguiente: Aire 0,02 – Agua 0,04 – Tierra 0,9 – Productos 0,04. Esta distribución se propone en general para todos los métodos de recuperación de oro distintos del amalgamamiento con mercurio. Se realizan las precisiones correspondientes a la situación de la minera existente en Uruguay.

Productos:

En el caso de la explotación existente en el país, no se libera mercurio a los productos, dado que el producto final es un lingote, que es previamente fundido a temperaturas superiores a 800°C, temperatura a la que se vaporizaría el posible contenido. Se propone que la emisión de productos se considere como emisión al aire.

Aire:

El factor propuesto de liberaciones al aire es de 0,02. Los puntos posibles se encuentran tanto en la planta como en la posible evaporación de la represa de relave. No existe otra información, por lo que se asume este valor como posible.

Por otro lado, asumiendo que lo que va a productos, dado el proceso de formación de lingotes a alta temperatura, llegará al aire, este aporte se incluye también.

De esta forma, la liberación al aire sería:

$$29,53 \text{ kg Hg/año} \times (0,02 + 0,04) = 1,77 \text{ kg liberados al aire}$$

Agua:

El agua introducida en el proceso de molienda llega con el relave a la represa. Desde estas, el mineral molido sedimenta y se compacta naturalmente. El agua rica en cal y cianuro que va quedando en la superficie es bombeada a la planta para reusarla en el proceso. Parte del agua se evapora contribuyendo a las emisiones al aire mientras que una fracción menor infiltra y es conducida junto con el agua sub-superficial hacia un pozo de monitoreo donde se monitorea la calidad y el caudal.

La aplicación del factor por defecto sugerido por el instrumental (0,04) daría 1,18 kg/año.

$$29.53 \text{ kg Hg/año} \times 0,04 = 1,18 \text{ kg/año liberados al agua}$$

Se realizó un muestreo de lo que sale de la planta y entra a la pileta de relaves, para tener algún dato con que poder comparar. Éste dio por debajo de lo detectable en el sedimento, pero no fue posible analizar el líquido, por lo que el resultado no es concluyente.

La empresa realiza controles periódicos del lixiviado de la pileta de relaves, si bien en el pozo de monitoreo ya se encuentra diluido por el escurrimiento de otras fuentes naturales. El análisis de mercurio en este lugar da por debajo de lo detectable (0,2 µg/l) y el caudal es de 315 m<sup>3</sup>/día<sup>16</sup>. Tomando el límite de detección y el caudal, se obtiene un valor de 0,022kg/año, sensiblemente menor al anterior.

Tierra, desechos generales, tratamiento /disposición sectorial específica:

El mineral molido luego de la extracción del oro es bombeado hacia la represa de relaves que, como se mencionó previamente, está impermeabilizada con arcilla y geomembrana y es monitoreada periódicamente. Se entiende que este destino es asignable a “tratamiento / disposición sectorial específico”.

De esta forma lo que no fue incluido como liberación al aire y al agua se incluye dentro de esta categoría:

$$29.53 \text{ kg Hg/año} \times 0,9 = 26,58 \text{ kg de mercurio en las piletas de relave por año.}$$

Al presentar este dato, cabe resaltar que el cálculo de entrada de mercurio surgen de tomar 0,02 mg Hg/ton de mineral como factor de entrada, siendo este un valor de seguridad, que surge de que el 90% de las muestras de mineral analizado tienen un valor menor a 0,02.

A efectos de contar con datos reales de este proceso específico, se realizó un muestreo del barro que sale de la planta y entra a la represa de relaves, analizando las fracciones sólida y líquida. Los niveles de mercurio dieron por debajo de lo detectable en el sedimento, pero no fue posible analizar el líquido con alto contenido de cianuro, por lo que el resultado no es concluyente.

---

<sup>16</sup> Fuente: Informe Ambiental 2009, Minera San Gregorio

**Tabla 20: Liberaciones estimadas de mercurio a las distintas vías de liberación en la extracción y purificación de oro**

Vía de liberación		Aire	Agua	Tierra	Productos	Desechos generales	Tratamiento / disposición sectorial específico
<b>Sugerido por Toolkit</b>	Factor	0,02	0,04	0,9	0,04		
	Kg	0,59	1,18	26,58	1,18		
<b>Propuesto</b>	Factor	0,06	0,04				0,9
	kg	1,77	1,18				26,58

### Consideraciones y seguimiento

En el proceso de análisis de la información disponible para los factores de salida, se observa que sería conveniente profundizar en la generación de la información para cada proceso de purificación específico para ser incluidos en el instrumental.

Por otro lado, la roca que no se procesa, denominada “estéril”<sup>17</sup>, es acumulada en la zona de extracción, habilitando la exposición a los agentes externos que pueden viabilizar la disolución de los minerales, entre ellos los de mercurio. Este aspecto no es aún considerado por el instrumental y se entiende conveniente analizar su posible inclusión.

Es de interés poder analizar el contenido de mercurio en el relave, tanto en el sedimento como en el líquido, que en esta oportunidad presentó problemas para su análisis por aspectos técnicos.

#### 5.2.7 Extracción primaria de aluminio y procesamiento inicial

No se realiza extracción primaria de aluminio en el país.

#### 5.2.8 Extracción primaria de metales no ferrosos y procesamiento inicial

No se realiza extracción primaria de otros metales no ferrosos en el país.

#### 5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos

Actualmente no se realiza producción primaria de metales ferrosos, si bien hay un bajo nivel de extracción de mineral de hierro que sería consumido en hornos de cemento.

Existe un emprendimiento que está evaluando la explotación a gran escala de mineral de hierro, del que se proponen como posibles etapas posteriores, posiblemente por otras empresas, la producción de hierro metálico.

<sup>17</sup> El nombre de “estéril” se refiere a la roca sobre la que no se extrae oro. No significa que no lo contenga, sino que no es económicamente viable con los procesos en uso y los precios del mercado. Esta es una realidad dinámica y es posible que pilas de estéril antes desechadas, sean incorporadas a un proceso de extracción. Por este motivo, no se utiliza habitualmente la técnica de disponer la roca estéril para rellenar las canteras.

### 5.3 Producción de otros minerales y materiales con mercurio como impureza

En esta categoría se incluye la producción de minerales y otros que tienen mercurio como impureza. Si bien el contenido puede ser muy bajo, el volumen manejado hace necesario su inclusión para evaluar su aporte.

Agrupa la producción de cemento, de pulpa y papel, de cal y agregados livianos. Las tres subcategorías están presentes Uruguay.

#### 5.3.1 Producción de cemento

En el país funcionan cinco plantas de cemento. Dos plantas no producen clinker y hay un total de cinco hornos, algunos por proceso húmedo y otros por proceso seco y con distintos tipos de control de emisiones.

El instrumental no incluye en esta categoría las fuentes de energía que se describen en los energéticos que correspondan y lo que provenga del tratamiento de residuos.

En la tabla siguiente se presentan los datos de consumo y producción de las empresas en 2009 así como el tratamiento de emisiones en cada una (en forma esquemática).

*Tabla 21: Consumo de materias primas y producción de cemento*

Empresa	Consumo caliza	Consumo caliza, hierro, arcilla	Producción de clinker	Producción cemento	Tratamiento de emisiones	
1 Vía seca	711.885	720.528	449.545 <sup>1</sup>	408.056	Ciclones, torre enfriamiento 1 horno con PES	Reciclado de polvo de horno, molino y secado de clinker
2 Vía húmeda	245.951	253.164	150.247	226.579 <sup>2</sup>	1 horno con PES de baja eficiencia, 1 horno sin controles	Sin reciclado de polvo
3 Vía seca	241.849	264.206	150.578	152.646	2 hornos con PES	Reciclado de polvo de horno
<b>Total</b>	<b>1.199.685</b>	<b>1.237.898</b>	<b>750.370</b>	<b>787.281</b>		

<sup>1</sup> Parte del clinker se vende a otra empresa

<sup>2</sup> Cemento producido a partir de clinker propio y comprado

El origen de las emisiones de mercurio en las plantas de cemento es el contenido como elemento traza en las materias primas y otros materiales que se usan como combustible. En algunos casos la quema de sustancias peligrosas puede aumentar sensiblemente esas emisiones.

**Tasa de actividad y factores de entrada:**

El instrumental ofrece dos formas posibles para el cálculo de las emisiones: a partir de la producción de cemento o a partir del consumo de materias primas. Como se mencionara antes, no se incluyen los combustibles utilizados por estar evaluados en las categorías de energéticos. Estos son coque, FO y en bajas cantidades combustibles líquidos alternativos (aceites usados de automotores, hidrocarburos de agua de sentina y residuos de industria de biodiesel - glicerol).

Considerando tasa de actividad y factor de entrada en función del cemento producido

La cantidad de cemento producido por año es 787.281 ton, en 2009.

Los valores sugeridos por el instrumental para el factor de entrada están en el rango de 0,02 a 0,2 g Hg/ton de cemento (valor medio de 0,11 g Hg/ton) para el caso de no incineración de sustancias peligrosas. En el caso de que se incineran sustancias peligrosas que contengan mercurio, se sugieren factores en un rango de 0,08 a 0,8 g Hg/ton de cemento (media de 0,44 g Hg/ton). Si bien en una planta se queman combustibles líquidos alternativos (fase oleosa de agua de sentina, lubricantes usados de automotores, glicerol), dado el bajo volumen y bajo contenido de mercurio que estos contienen (por debajo del límite de detección), este aporte sería despreciable. Por este motivo se consideran los factores de entrada sin quema de sustancias peligrosas.

El instrumental sugiere que cuando no se tengan suficientes datos se considere como factor de seguridad el máximo del rango propuesto. A continuación se presenta el aporte de mercurio tomando los valores máximo, medio y mínimo del rango propuesto:

$$787.281 \text{ ton} \times 0,2 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/ kg} = 157,45 \text{ kg Hg (máximo del rango)}$$

$$787.281 \text{ ton} \times 0,11 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/ kg} = 86,60 \text{ kg Hg (media del rango)}$$

$$787.281 \text{ ton} \times 0,02 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/ kg} = 15,74 \text{ kg Hg (mínimo del rango)}$$

Considerando tasa de actividad y factor de entrada para materias primas

El contenido de mercurio en caliza (97% de la materia prima para la fabricación de clinker), a partir de datos de análisis suministrados por una de las cementeras de dos regiones distintas del país, da valores por debajo de lo detectable con las técnicas actualmente en uso en el país: menor a 0,05 mg Hg/kg caliza. No se cuenta al momento con información sobre el contenido en los demás minerales (arcilla y mineral de hierro) que también son agregados en la etapa de fabricación de clinker.

Si se considera el aporte por la caliza, tomando el límite de detección, la entrada total de mercurio sería 60kg.

$$1.199.685 \text{ ton caliza} \times 0,05 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/ kg} = 60,0 \text{ kg Hg}$$

El yeso es agregado luego de la fabricación del clinker, por lo que es esperable que el mercurio contenido en él vaya a productos. Corresponde señalar que el instrumental en esta categoría al momento actual solo incluye los aportes de los materiales previos al proceso pirolítico.

Conclusiones sobre tasa de actividad y factor de entrada

Dado que la información disponible para el cálculo de las emisiones a partir de las materias primas es aún incompleta, se opta por considerar el valor medio del rango propuesto por el instrumental (86,6 kg Hg/año). Este valor es conservador y consistente con una estimación conservadora del aporte de la caliza (60 kg Hg/año, calculado a partir del límite de detección).

**Así, el aporte de la sub-categoría producción de cemento se estima en: 86,6 kg Hg/año**

**Factores de distribución:**

Para definir la distribución en las diferentes vías, se diferencia en función de los tipos de control de emisiones que tienen los cinco hornos. Tres hornos tienen reciclado de polvo y filtros electrostáticos para la retención de material particulado, uno de ellos con torre de enfriamiento y ciclones. Un horno tiene solo filtro electrostático y los polvos se desechan como relleno y otro no tiene ningún tipo de control. Es de mencionar que en los análisis realizados por la empresa sobre los polvos desechados, el mercurio se encuentra por debajo de los límites de detección.

En los cálculos se tuvo en cuenta que parte del cemento de una empresa es producido con clinker de otra, para asignar las emisiones según el tipo de horno. En la tabla siguiente se presentan las emisiones calculadas a las distintas vías.

*Tabla 22: Distribución de las emisiones de mercurio en la producción de cemento*

Producción de cemento	Retención de particulados y reciclado de polvo	Retención de particulados y disposición de polvos	Sin tratamiento	Total
<b>Tasa de actividad</b>	622.441	103.849	60,991	<b>787.281 ton de cemento</b>
Factor de entrada	0,11	0,11	0,11	<b>0,11 g Hg/ton de cemento</b>
Entrada calculada	68,47	11,42	6,71	<b>86,60 kg Hg</b>
<b>Factores de distribución de salida para:</b>				
- Aire	0,7	0,6	0,8	
- Agua(/aguas residuales)				
- Tierra				
- Productos	0,3	0,2	0,2	
- Tratamiento de desechos generales (incluye rellenos)		0,2		
- Tratamiento específico de desechos por sector				
<b>Salidas/liberaciones calculadas hacia:</b>				
- El aire	47,93	6,85	5,37	<b>60,15 kg Hg</b>
- El agua (/aguas residuales)				

Producción de cemento	Retención de particulados y reciclado de polvo	Retención de particulados y disposición de polvos	Sin tratamiento	Total
- La tierra				
- Los productos	20,54	2,28	1,34	24,16 kg Hg
- El tratamiento de desechos generales		2,28		2,28 kg Hg
- El tratamiento específico de desechos por sector				

Estos resultados, como se mencionó son estimados en base a lo sugerido con el instrumental, dado que los datos de análisis existentes sobre los materiales dan son escasos. Posiblemente están sobrevalorados dado que los datos existentes presentan datos por debajo de lo detectable.

#### **Comentarios y seguimiento:**

Para el seguimiento, se sugiere profundizar la información sobre contenido de mercurio en las distintas materias primas. Por un lado procurar disminuir el límite de detección en los análisis y obtener datos de los demás materiales (arcilla, mineral de hierro, yeso).

Es importante tener en cuenta que uno de los hornos tiene autorización para la quema de distintos tipos de residuos combustibles, algunos de los cuales podrían contener mercurio, modificando los cálculos de las emisiones. En la actualidad los utilizados, lo son en muy baja proporción y no presentan niveles detectables de mercurio.

#### **5.3.2 Producción de papel y pulpa**

Al igual que en la producción de cemento, esta sub-categoría se caracteriza por utilizar materiales con muy bajos contenidos de mercurio pero en grandes cantidades.

En el país 2 empresas producen pulpa de celulosa, ambas por proceso Kraft. Una de ellas constituye el 94% del consumo de madera y su producto final es la pulpa de celulosa. La otra tiene como producto final papel para impresión y escritura.

En el proceso Kraft, los chips de madera son procesados bajo presión en un digestor en una solución acuosa de soda y sulfuro de sodio (licor de cocción o licor blanco), con el objetivo de separar la lignina de la celulosa. A través de varios procesos, se produce la pulpa lavada que entra a un proceso de blanqueado, antes de ser prensada y secada. Parte del mercurio originalmente contenido en la madera puede quedar en el papel y el resto en el licor de cocción usado que contiene la lignina y hemicelulosas (licor negro). El licor negro se concentra y quema en una caldera de recuperación para producir energía, mientras se recuperan los productos químicos allí contenidos. Estos constituyen el licor verde, que se alcaliniza por medio de agregado de cal para producir licor blanco nuevamente. El lodo de cal se calcina en un horno de cal para recuperar la cal que es también reutilizada.

El mercurio contenido en la madera y otros productos (ej. soda, clorato de sodio, ácido sulfúrico, cal) irá principalmente a emisiones atmosféricas a través de los hornos de recuperación de productos químicos y de cal, que serán más o menos retenidos en función de los sistemas de tratamiento existentes.

El instrumental en esta sub-categoría, dado los datos con que se cuenta, solo incluye como entradas las provenientes de la biomasa, y no de otros materiales no combustibles utilizados (los combustibles son considerados en la categoría 5.1). En este inventario, el aporte de la cal se incluyó en la categoría correspondiente (5.3.3). En el caso de la soda, las emisiones resultantes de las plantas con tecnología de mercurio de cloro-álcali son consideradas como vía productos dentro de la categoría correspondiente. La planta de mayor porte utiliza soda de plantas con tecnología de membrana.

#### Tasa de actividad:

Para los cálculos de entrada, el consumo de madera se presenta en la siguiente tabla:

*Tabla 23: Consumo de madera para la fabricación de pulpa de celulosa*

	Consumo madera (ton)	Comentarios
Empresa 1	118.965	Consumo promedio 2007-2008, dado que 2009 no es un año típico y para 2010 se prevé aumento respecto de 10% a este volumen
Empresa 2	1.866.844	Calculado a partir de los m <sup>3</sup> de madera y una densidad media, en base seca de 488 kg/m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>1.985.809</b>	

Como consumo de madera, en esta tabla se presenta solo aquella utilizada para la fabricación de pulpa. Una de las empresas consume madera como leña, pero esta es evaluada en la categoría de biomasa como fuente energética.

La tasa de actividad a considerar es la cantidad de madera consumida para la fabricación de pulpa de celulosa: 1.985.809 ton/año.

#### Factor de entrada:

El factor de entrada medio sugerido por el instrumental es de 0,03 g Hg/ton de madera, con un rango de 0,007-0,07 g Hg/ton.

En el marco del proyecto se realizaron análisis a dos pilas de chips de madera utilizadas por una de las empresas. Una de las pilas es de eucaliptus grandis, la especie que se utiliza mayoritariamente y otra de mezcla de otras especies de eucaliptos. Ambos dieron valores por debajo de lo detectable, siendo el límite de detección 0,02 mg Hg/kg.

Por otro lado, la empresa suministró datos de análisis en corteza y en lixiviado de corteza realizados durante 2009, que dieron también por debajo del límite de detección: 0,05 mg Hg/l en lixiviado y 0,1 mg Hg/kg en corteza total.

Como factor de entrada se toma el valor medio del rango sugerido por el instrumental, siendo este un factor conservador, 30% por encima del calculado a partir de los límites de detección de los análisis realizados.

$$1.985.809 \text{ ton} \times 0,03 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/kg} = 59,6 \text{ kg Hg}$$

#### **Factores de distribución:**

Los factores de distribución propuestos por el instrumental son preliminares: todas las emisiones al aire cuando no hay ningún sistema de control y 0,9 al aire, 0,1 a desechos generales cuando hay algún tipo de retención de particulados o precipitador electrostático. Se señala que en las otras vías de emisión, el instrumental plantea interrogantes sin datos sugeridos.

Dado que las empresas tienen precipitadores, las emisiones estimadas serían (utilizando los factores por defecto):

Aire:  $59,6 \text{ kg Hg} \times 0,9 = 53,6 \text{ kg Hg}$

Desechos generales:  $59,6 \text{ kg Hg} \times 0,1 = 6,0 \text{ kg Hg}$

Para el análisis detallado de los datos disponibles en Uruguay, se toman los provenientes de la empresa de mayor porte, que representa el 94% del consumo de madera.

Los datos disponibles sobre las emisiones al aire en el horno de recuperación en cuanto al contenido de mercurio son anuales. En 2008 se midieron 0,2 mg Hg/s y en 2009 el valor fue 0,01 mg Hg/s. Multiplicando estos valores por los tiempos de operación del horno resulta una emisión al aire de 6,1 y 0,3 kg Hg/año. Si bien estos valores son muy diferentes y se desconoce el motivo, están uno y dos órdenes por debajo de la estimación realizada. Corresponde recordar que la estimación se basa en un contenido de mercurio en la madera sugerido por el instrumental.

Por otro lado, en base a los análisis de mercurio en los efluentes (promedio 0,8 mg/m<sup>3</sup>) y el caudal anual de los mismos (73.000 m<sup>3</sup>/d y 365 días de operación anuales) la emisión al agua se estimaría en 21kg Hg en 2009. Esto implicaría, un factor de 0,35, tomando como total el estimado de 59,6kg Hg.

En lo que se refiere a los desechos, su lixiviado es monitoreado y los valores de mercurio son no detectables.

Por lo expresado anteriormente, se resuelve, para esta fase del inventario asignar las siguientes emisiones a las distintas vías:

Aire:  $32,6 \text{ kg Hg}$

Agua:  $21 \text{ kg Hg}$

Desechos generales:  $6 \text{ kg Hg}$

**Comentarios y seguimiento:**

Al igual que en algunas otras categorías, la poca disponibilidad de datos y los límites de detección de las técnicas (especialmente en la determinación de los factores de entrada en materiales en los que el mercurio es una impureza) conducen a que en general los resultados que deben ser considerados como indicativos.

Para avanzar en la información, se considera que el primer paso sería procurar más datos de análisis de mercurio en las emisiones atmosféricas.

**5.3.3 5.3.3 Producción de cal y agregados livianos**

En Uruguay funcionan varias caleras. Una de ellas se diferencia por su volumen de producción, teniendo la infraestructura para la producción de cemento, que hoy no está en uso. La mayoría tiene hornos artesanales y ninguna tiene controles en las emisiones. La información de esta sub-categoría no es completa y en varios casos los datos no pudieron ser actualizados.

Por otro lado, en la fabricación de pulpa de papel se utiliza cal. Una de las plantas tiene su propio horno de cal. En este caso, la producción de cal no es un dato útil, ya que se recicla a partir del lodo de cal y los cálculos para la entrada de mercurio se hacen en función de la caliza consumida.

**Tasa de actividad y factor de entrada:**Caleras

La producción estimada de cal en las 5 empresas consideradas es de 49.890 ton/año. Como se mencionó antes, estos datos no corresponden en todos los casos a 2009.

Los datos disponibles de contenido de mercurio en la piedra caliza de Uruguay, provienen de los análisis realizados por las empresas que extraen en la caliza para la fabricación de cemento, y en todos los casos son menores al límite de detección, que con las técnicas aplicadas en Uruguay, son de de 0,05 mg/kg.

La estimación del aporte sería (considerando el límite de detección como factor de seguridad):

$$48.890 \text{ ton cal/año} \times 0,05 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/ kg} = 2,69 \text{ kg Hg}$$

Fabricación de pulpa de celulosa

Una planta de celulosa importa caliza para la fabricación de cal que utiliza en su proceso, y consume 21.600 ton de caliza. Su proveedor tiene como especificación máxima 0,09mg/kg.

Considerando el máximo de la especificación, también un cálculo conservador,

$$21.600 \text{ ton caliza} \times 0,09 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/ kg} = 1,94 \text{ kg Hg}$$

El único dato disponible proviene de los controles anuales de las emisiones del horno de cal de la planta de celulosa. En 2008 el valor dio 0,001 mg/s y en 2009 fue menor a 0,004 mg/s, que correspondería a 0,12 kg Hg usando el límite de detección de 2009, como mayor valor.

**Así la entrada total de mercurio por la producción de cal se estima en:**

$$2,69 + 1,94 = 4,63 \text{ kg Hg}$$

**Factores de distribución:**

Dada la insuficiencia de información disponible, se toma lo propuesto en el instrumental, en que todas las emisiones sean consideradas al aire, con lo que la estimación sería:

Aire: 4,63 kg Hg

## **5.4 Uso intencional de mercurio en procesos industriales**

De las cuatro sub-categorías previstas dentro de esta categoría en el Toolkit, en Uruguay solo se encuentra presente la primera de ellas: la producción de cloro-soda con tecnología de celda de mercurio.

### **5.4.1 Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio**

Existe una única planta de elaboración de cloro-soda, ubicada en el Departamento de San José, en un predio cercano a la desembocadura del Río Santa Lucía en el Río de la Plata. La planta funciona en este predio ininterrumpidamente desde 1958, con varias modificaciones y aumentos en su capacidad instalada desde 1.012 toneladas anuales de Cloro al comienzo de su actividad a 14.600 toneladas en la actualidad.

La planta cuenta con 22 celdas electrolíticas que son alimentadas con una solución concentrada de salmuera previamente tratada (para reducir el contenido de otros minerales) donde se hace circular corriente continua de alta intensidad, para producir la electrólisis de la salmuera (descomposición en cloro gas y en sodio metálico). El sodio se disuelve en el mercurio formando una amalgama que es conducida al descomponedor, dentro del cual reacciona con agua alcalina para formar soda líquida e hidrógeno gaseoso, recuperándose el mercurio que retorna al depósito de alimentación de las celdas.

Si bien el mercurio trabaja en circuito cerrado, se requiere su reposición periódica para mantener un nivel aceptable en circulación. Las salidas primarias de mercurio del circuito ocurren tanto en forma de emisiones gaseosas (puntuales, acompañando al hidrógeno básicamente, y difusas o fugitivas), junto con los efluentes líquidos, con los residuos sólidos y con los productos. Las emisiones atmosféricas puntuales pasan por filtros específicos, mientras que los efluentes pasan por resinas que retienen el mercurio. De esta forma, el mercurio en lugar de liberarse al agua y aire se transforma en un residuo sólido. Buena parte de este mercurio retenido podría llegar a ser recuperable si la escala y tecnología disponible lo permiten. Asimismo, cambios en la legislación podrían llevar a que este tratamiento ser exigible.

Desde hace varios años, la autoridad ambiental ha solicitado y la empresa ha venido implementando diversas medidas de mejora en su proceso industrial de forma de reducir gradualmente las liberaciones de mercurio al ambiente, y por tanto su consumo, a través de la aplicación de buenas prácticas operativas, mejoras en el proceso y tecnologías de fin de tubo

(tratamiento de efluentes y de emisiones gaseosas). Respecto al manejo de los residuos sólidos contaminados con mercurio generados en el proceso, las prácticas también se han ido modificando. Desde el año 1992, la empresa almacena sus residuos contaminados dentro de tarrinas plásticas, cerradas de 200 L y de 1000 L, los que se encuentran acumulados dentro de su predio industrial.

Por otra parte, es relevante destacar que la empresa tiene previsto cambiar la tecnología de procesamiento, de celda de mercurio a membrana, eliminando de esta manera el principal contaminante del proceso. Este cambio de tecnología implica de hecho la construcción de una nueva planta, que se hará en el mismo predio de la empresa, y podría comenzar dentro de 2 a 5 años, dependiendo de algunos factores externos.

Debido al peso relativo que tiene esta subcategoría, se hizo mucho hincapié en la necesidad de conocer lo más acertadamente posible tanto el consumo de mercurio como las emisiones a cada una de las vías de distribución.

La realización de un balance de mercurio en una planta de cloro soda es una tarea compleja de realizar y requiere una preparación por parte de la planta, tanto de sus instalaciones como de las prácticas de trabajo; incluso en algunos casos requiere modificaciones en el diseño, paradas de planta y mucho tiempo de preparación. Tanto Euro Chlor, la asociación de la industria de cloro de Europa, como The Chlorine Institute, desarrollaron sus propias guías para apoyar a sus asociados a realizar el balance de mercurio.<sup>18</sup> Dentro del alcance de este proyecto, no era el objetivo realizar un balance siguiendo las sugerencias de estas guías, sin embargo se intentó obtener los datos más confiables posibles. Asimismo existen experiencias documentadas como la llevada adelante por USEPA en la Planta de Olin, en la que se puede apreciar las dificultades para la realización de un balance.<sup>19</sup>

Para la realización del balance, el período de tiempo considerado que se acordó con la empresa fue Diciembre de 2009 a Noviembre de 2010, dado que en el mismo no había cambios en la infraestructura que se supusiera podían modificar la situación de las emisiones de mercurio.

#### **Tasa de actividad y factor de entrada:**

La entrada de mercurio corresponde al consumo anual de mercurio, el cual se estimó a partir de las reposiciones de mercurio al sistema (a las bascas de las celdas), las que registra el operario de celdas en su planilla de trabajo.

En el período considerado el consumo de mercurio fue de 1140 kg y la producción de cloro fue de 14.676 toneladas. A partir de estos datos se calculó un factor de entrada de 77,86 g Hg/ton Cl<sub>2</sub>.

---

<sup>18</sup> Euro Chlor Publication, "Guidelines for making a mercury balance in a chlorine plant", 4<sup>th</sup> Edition, April 2008, The Chlorine Institute, Inc, "Guidelines for conducting a mercury balance", May 1999.

<sup>19</sup> Characterization of Mercury Emissions at a Chlor-Alkali Plant, John S. Kinsey, U.S.EPA, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>

### **Factores de distribución:**

Al igual que en el caso anterior, se intentó determinar con la mayor precisión posible las salidas de mercurio a las distintas vías posibles.

En primer lugar, de las 6 vías de distribución previstas para esta subcategoría en el toolkit, se entendió que con las prácticas de manejo actuales, no se estarían dando liberaciones directas a la Tierra. Tampoco hay desechos de mercurio yendo junto con desechos generales puesto que hace muchos años que todos los residuos que pueden contener mercurio se almacenan internamente.

En cuanto a las restantes vías posibles de liberación, la empresa realiza análisis de mercurio rutinarios y frecuentes a los efluentes líquidos, a las emisiones gaseosas puntuales y a los productos. Fue necesario estimar las liberaciones de mercurio en las emisiones fugitivas y las que acompañan los residuos sólidos.

#### Agua (efluentes líquidos)

Calculado sobre la base de valor medio de mercurio en efluentes líquidos y valor medio de caudal emitido.

Agua - valor estimado: 0,034 kg Hg/año

#### Aire (emisiones atmosféricas)

##### 1. Emisiones fugitivas: Atmósfera de celdas

Se determinó por un lado el caudal medio de renovación de la sala de celdas por parte de una empresa especializada en ventilación industrial. Por otro lado el Laboratorio de la empresa determinó la concentración de mercurio en el aire extraído de la Sala de celdas en condiciones de celda abierta (durante el mantenimiento de una celda) y de celda cerrada, ponderándose la misma en función de los tiempos de apertura de celda a lo largo del año. Si bien la medida se hizo directamente en el ducto que está encima de la celda abierta, hay un total de 6 ductos de extracción, por lo que al multiplicarse por el caudal total extraído, el valor máximo obtenido está seguramente sobre-evaluado porque los ductos sobre las celdas cerradas, seguramente tenían menores niveles de contenido en mercurio.<sup>20</sup>

Aire 1 (emisiones fugitivas atmósfera celdas) - valor estimado: 22 kg Hg/año

##### 2. Emisiones puntuales de tratamientos de Hidrógeno y vapores de celdas y emisión en la planta de HCl

Se calcula la emisión diaria para cada sistema de tratamiento sobre la base de la determinación de Hg y de caudal en cada muestreo. Luego se promedian esas emisiones

---

<sup>20</sup> El laboratorio de la empresa siguió los lineamientos de la norma "EN 13211 Air quality. Stationary source emissions. Manual method of determination of the concentration of total mercury".

diarias para cada sistema y con ese valor se anualizan las mismas. Se suman los sistemas según emitan al aire o pasen por el sistema de producción de HCl<sup>21</sup>.

Aire 2 (emisiones puntuales): 1,76 kg Hg

Total de emisiones al aire:  $22 + 1,76 = 23,76$  kg Hg

### Productos

1. Salida de Hg con productos a base de NaOH.

Se calcula sobre la base de los análisis periódicos (mínimo semanal) de Hg a la salida de los filtros de soda cáustica y la producción total de la misma, suponiendo que el mismo se distribuye entre todos los productos derivados de ella.<sup>22</sup>

Productos 1: 1,24 kg Hg

2. Salida de Hg con Cloro líquido

La empresa no detecta Hg en cloro licuado ni en agua usados para su lavado o ácido sulfúrico usado para secado.<sup>23</sup>

### Residuos sólidos: Tratamiento específico de desechos por sector)

Como ya se mencionó, la empresa almacena la totalidad de los residuos que pueden contener mercurio, para lo cual utiliza tarrinas plásticas de 1 m<sup>3</sup> de capacidad. En base a la información disponible, básicamente de fecha de generación del residuo, se procedió a muestrear los residuos generados en el período considerado para este estudio. Los criterios seguidos para la estimación del contenido de mercurio, difirieron de acuerdo al residuo considerado:

1. Mercurio retenido en barros de salmuera:

Se hizo un muestreo de 9 tarrinas conteniendo barros generados en el período. De cada tarrina se obtuvieron 3 sub-muestras a diferentes profundidades (inferior, medio y superior) que luego se mezclaron generando una muestra por tarrina. Luego se mezclaron las muestras de 3 tarrinas para obtener 3 muestras compuestas correspondientes a 9 tarrinas. Cada muestra se analizó por duplicado, obteniéndose en todos los casos valores promediados entre duplicados, aunque muy disímiles en las 3 muestras compuestas (515 mg/kg, 300 mg/kg y 3.240 mg/kg). Dado que estas muestras son compuestas entre distintas tarrinas y que análisis de otras muestras han dado valores de 1.000 y 380 mg Hg/kg, ninguna de ellas puede desestimarse.

---

<sup>21</sup> El muestro, que se hace quincenalmente, se realiza siguiendo los lineamientos de EN 13211 *Air quality. Stationary source emissions. Manual method of determination of the concentration of total mercury.*

<sup>22</sup> Norma interna de la empresa basada en *Food Chemical Codex V.*

<sup>23</sup> Norma interna de la empresa basado en *Food Chemical Codex IV.*

A partir de la concentración promedio de mercurio en los barros de salmuera y de la cantidad de barros generados en el período, se estimó la cantidad de mercurio contenida en los barros.

Junto con los barros de salmuera se incluyeron los barros del saturador de salmuera que se habían recogido al final del periodo considerado, luego de una limpieza del saturador.

Tratamiento específico 1: 146 kg Hg

## 2. Mercurio retenido en relleno de Desamalgamador en desuso

Corresponde al relleno de un desamalgamador que durante el período considerado, fue sustituido. No se hizo análisis del mismo por lo que para la estimación del contenido de mercurio se tomó un dato bibliográfico.<sup>24</sup>

Tratamiento específico 2: 60 kg Hg

## 3. Mercurio retenido en barros de la planta de tratamiento de efluentes líquidos

Se calculó sobre la base del contenido medio de Hg en los tanques de la planta de tratamiento luego de ser procesados (Hg en estado +2) y antes de ser pasados por resina desmercurizante. La mayor parte de este mercurio queda finalmente como HgS luego de la regeneración de las resinas<sup>25</sup>.

Tratamiento específico 3: 57 kg Hg

## 4. Mercurio retenido en masa desmercurizante con 10% de S

Obtenido directamente por diferencia de masa al final de uso y al inicio (al ser colocadas en los sistemas de desmercurización de corrientes gaseosas).

Tratamiento específico 4: 191 kg Hg

## 5. Mercurio retenido en los filtros de soda

Calculado sobre la base de la diferencia entre el contenido de Hg antes de pasar por filtros de soda y luego de los mismos, descontando el Hg recuperable que queda dentro del tanque receptor de la soda antes de ser filtrada<sup>26</sup>.

Tratamiento específico 5: 228 kg Hg

Total mercurio contabilizado en residuos sólidos:  $146 + 60 + 57 + 191 + 228 = 682$  kg Hg

---

<sup>24</sup> Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry, European Commission, December 2001

<sup>25</sup> Norma interna basada en Manual de Procedimientos Analíticos para Agua y Efluentes. M.V.O.T.M.A, 80013.

<sup>26</sup> Norma interna basada en *Food Chemical Codex V*.

Mercurio no contabilizado:

Como en todo balance de mercurio en una planta de cloro álcali, nunca es posible cerrar 100% el mismo. En este caso, la diferencia de mercurio que no pudo ser contabilizada directamente corresponde al 38% del mercurio consumido (432kg). Algunas explicaciones posibles para esta diferencia son:

- Acumulación de mercurio que ocurre dentro de cañerías, tanques y equipos que solo pueden ser retirados con purgas adecuadas en los puntos bajos (no siempre previstos en los diseños originales de las plantas) o con la parada de planta para el desarme y/o vaciado de algunos equipos y cañerías.
- Dificultad en medir correctamente la cantidad de mercurio ingresada al sistema
- Errores en la determinación de mercurio en los residuos sólidos, debido a la incertidumbre en el muestreo y la gran variabilidad en el contenido de mercurio en los mismos.

Si bien la acumulación de mercurio dentro del sistema es un hecho real, reportado en la bibliografía (y verificado durante el desarme de un equipo en la planta, donde se recuperaron 60kg de mercurio), no hay elementos como para estimar cuál es el porcentaje del “consumo” que puede haberse acumulado. Por esta razón, se decidió considerar que todo el mercurio ingresado al sistema corresponde a mercurio que salió del sistema y por tanto se debía adjudicar la diferencia a una o varias vías de distribución. El Instrumental presenta dos escenarios de salida diferentes: uno en el cual el mercurio “no contabilizado” se informa junto con el mercurio en los residuos que van a tratamiento específico o reciclado, y otro en el cual dicho mercurio se distribuye a las distintas vías.

Para este caso, debido a que las vías de liberación Agua y Productos se consideran muy bien medidas, la Vía Aire se ha medido de forma de minimizar las incertidumbres y no hay salidas a las Vías Tierra o Desechos generales, dada la gestión que se hace de los residuos, se entendió que lo más acertado era adjudicar el mercurio no contabilizado a la Vía de liberación Tratamiento específico de desechos por sector, que por otra parte es la que se estimó con mayor nivel de incertidumbre.

En conclusión, las salidas de mercurio en la categoría cloro-álcali por tecnología de mercurio serían las siguientes:

Vía de liberación	Aire	Agua	Tierra	Productos	Desechos generales	Tratamiento específico de desechos por sector (ver nota)
Liberaciones de Hg en kg/año	23,76	0,03		1,24		1.114,97

Nota: este valor incluye lo estimado como residuos sólidos en acopio y lo no contabilizado. Como se mencionó antes, la variabilidad en los datos de los residuos sólidos y la comprobación de acumulación de mercurio en distintas partes del equipamiento (tanques y tubos, que al momento de mantenimiento o desmantelamiento se recuperará) y la evaluación de que las estimaciones realizadas a las otras vías son adecuadas, permite realizar esta asignación.

### **Consideraciones y seguimiento**

Como ya se mencionó, existe una gran incertidumbre en la determinación de la cantidad de mercurio que realmente se libera a alguna de las vías de distribución posible y que por tanto necesita reponerse debido a las acumulaciones que ocurren en el sistema. Por otra parte la estimación del mercurio contenido en los residuos está afectada por la variabilidad entre muestras. Para poder estimar mejor tanto las entradas como las liberaciones de mercurio en la planta, sería necesario mejorar tanto los procedimientos de determinación del consumo (utilizando para ello los criterios detallados en las Guías del Chlorine Institute y/o de Euro Chlor antes mencionadas) como las mediciones sobre los residuos. Sin embargo, este esfuerzo tiene altos costos y dificultades técnicas importantes, por lo que, a partir de los distintos estudios realizados (ej EPA), se ha optado por privilegiar la aplicación de mejores prácticas.<sup>27</sup>

El amplio rango sugerido por el instrumental, de consumo de mercurio por ton de Cloro producido, evidencia la diversidad existente en estas prácticas: 25 a 400 g Hg/ton Cl<sub>2</sub>. La planta existente en Uruguay consume 78 g Hg/ton Cl<sub>2</sub>, lo que la situaría en el primer quintil del rango propuesto.

En lo que se refiere a mejorar las mediciones sobre los residuos sólidos, que muestran una importante variabilidad, se sugiere implementar un muestreo y análisis de los residuos a medida que se van generando, de forma de poder identificar las causas de variación, así como evitar la separación del mercurio en los materiales almacenados.

## **5.5 Productos de consumo con uso intencional de mercurio**

En esta categoría se incluyen los termómetros, interruptores, llaves, contactos, lámparas, baterías, biocidas y pesticidas, pinturas, productos farmacéuticos, productos veterinarios y cosméticos conteniendo mercurio, así como poliuretano con mercurio como catalizador.

Si bien esta categoría no se incluye en este inventario, se identificó que en la producción nacional de vacunas de uso veterinario se utiliza timerosal (tiosalicilato de etilmercurio) como conservante.

---

<sup>27</sup> Ver "Seventh Annual Report to EPA for 2003, The Chlorine Institute,  
<http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>,

Ver: Fact Sheet: Proposed Amendments to Air Toxics Substances: Mercury Emissions from Cell Chlor-Alkali Plants, [http://www.epa.gov/airtoxics/hgcellcl/20080530\\_chloralkali\\_fs.pdf](http://www.epa.gov/airtoxics/hgcellcl/20080530_chloralkali_fs.pdf)

En 2009 se importaron 21 kg de timerosal y, considerando el contenido de mercurio en el mismo (49,6%), se estima una entrada de 10,4 kg /año.

Este mercurio estará básicamente contenido en los productos (vacunas), parte de lo cual es consumido en el país y parte es exportado. Será eventualmente liberado al agua y a la tierra. Los productos defectuosos que descarta la industria son incinerados y su emisión irá posiblemente al aire.

En forma arbitraria se propone una liberación en partes iguales a agua y tierra.

Agua: 5,2 kg Hg

Tierra: 5,2 kg Hg

## **5.6 Otros usos intencionales en productos o procesos**

Dentro de esta categoría se incluye el uso de amalgamas conteniendo mercurio, manómetros y otros medidores, uso de mercurio metálico en rituales religiosos o medicina folklórica y otros usos de productos y mercurio metálico.

Esta categoría no está incluida en el alcance de este inventario, por lo que no se desarrolla.

## **5.7 Reciclaje de metales**

Esta categoría incluye el reciclado de mercurio, de metales ferrosos y de metales no ferrosos. En el país no existe reciclado de mercurio.

Los materiales ingresados a los hornos son de diversos orígenes y calidades, pudiendo tratarse de chatarra propiamente dicha, lingotes, escorias de fundición, lodos, entre otros. De este modo pueden contener restos diversos dependiendo de la preselección del material y la calidad y especificaciones del producto a obtener.<sup>28</sup>

Sobre los portes de actividad, son muy diversos, existiendo un claro corte entre una acería de gran volumen (100.000 ton), otras de mediano porte (30 toneladas anuales) y otras muy pequeñas (varias de ellas no alcanzan a procesar 10 toneladas de material al año), que han ido disminuyendo sus niveles de actividad o son empresas relativamente nuevas que mantienen la producción en condiciones precarias y con grandes incertidumbres. Parte del sector se desarrolla en la informalidad, principalmente la fundición de plomo, y la fundición de cables para extraer cobre o aluminio.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Fuente: Informe de diagnóstico de situación del desempeño ambiental del sector de fundiciones y de la aplicabilidad de las herramientas de control, DINAMA, 2009

<sup>29</sup> Misma fuente.

### 5.7.1 Reciclaje de metales ferrosos

La actividad de reciclaje (fundición) de metales ferrosos se halla fuertemente concentrada, procesando una empresa cerca del 99 % de la chatarra ferrosa ofertada en el mercado.<sup>30</sup>

La fuente de mercurio en el reciclaje de metales ferrosos proviene principalmente de elementos como interruptores o llaves contenidos en los productos desechados. Se menciona que si bien los vehículos más modernos han suprimido estos elementos, el uso cada vez mayor de la tecnología ABS, incorpora más mercurio. El instrumental sugiere utilizar como tasa de actividad la cantidad de vehículos que son enviados como chatarra y propone un factor de entrada por vehículo.

Sin embargo, el sector en Uruguay, y posiblemente en otros países, tiene características que lo hacen particular, dado que antes de llegar a la empresa de fundición, los distintos productos (ej. autos, heladeras y otros electrodomésticos) pasan por diversos actores, en general pequeños y en muchos casos informales, que los desarmen y toman distintos elementos de valor. Esto implica, además, que transcurre considerable tiempo hasta su llegada a la fundición propiamente dicha, y llegan partes, casi siempre ya sin pintura.

Existe un bajo número de vehículos que entran enteros a la empresa de fundición, por circunstancias vinculadas a seguros de automotores. Los vehículos ingresados enteros en 2009 son 580 unidades, que representan solo 350 de las 57.100 toneladas de chatarra procesada. Se estima entran desde desarmaderos de autos, ya casi solo chapa, otras 300 ton.

Considerando solo el aporte proveniente de los vehículos ingresados enteros a la fundición, y el factor de entrada medio del instrumental (rango 0,2 – 2 g Hg/vehículo), resultaría en:

$$580 \text{ vehículos} \times 1,1 \text{ g Hg/vehículo} \div 1.000 \text{ g/kg} = 0,64 \text{ kg Hg/año}$$

Considerando los vehículos que provienen de los desarmaderos, 300 toneladas básicamente de chapa (sin neumáticos, motor, asientos, etc) y estimando 300kg por vehículo, esto provendría de 1.000 vehículos:

$$1.000 \text{ vehículos} \times 1,1 \text{ g Hg/vehículo} \div 1.000 \text{ g/kg} = 1,1 \text{ kg Hg/año}$$

El total por vehículos reciclados sería: 1,74 kg Hg/año

En lo que respecta a la distribución, los factores sugeridos por el instrumental son arbitrarios, e indicativos de que las vías aire, tierra y desechos generales podrían ser importantes. La principal empresa tiene controles de emisión que incluyen retención de polvos que luego son dispuestos en un relleno de seguridad propio. Estos polvos se han analizado por la empresa en un laboratorio externo dando valores por debajo de lo detectable en el polvo (< 1mg Hg/kg) y en el lixiviado (<0,005 mg Hg/L).

Las etapas de corte y desarmado, también influyen en las liberaciones al aire, tierra y desechos generales, en el caso de los vehículos que llegan desde los desarmaderos.

---

<sup>30</sup> Misma fuente

Se modifican los factores de distribución sugeridos en el instrumental para incluir el tratamiento específico, también en forma arbitraria:

Aire:	$0,25 \times 1,74 \text{ kg Hg} = 0,44 \text{ kg Hg/año}$
Tierra:	$0,25 \times 1,74 \text{ kg Hg} = 0,44 \text{ kg Hg/año}$
Desechos generales:	$0,25 \times 1,74 \text{ kg Hg} = 0,44 \text{ kg Hg/año}$
Tratamiento específico:	$0,25 \times 1,74 \text{ kg Hg} = 0,44 \text{ kg Hg/año}$

### Consideraciones y seguimiento

Es importante considerar que el valor estimado tiene muchas imprecisiones. No se incluyen allí otros equipos como heladeras y electrodomésticos y los datos de los vehículos suponen un cierto contenido en mercurio, que se desconoce.

Para tener mejor información se requeriría un estudio pormenorizado de los elementos que contienen mercurio que entran en el circuito de reciclaje de metales, pero se debe evaluar si es relevante realizarlo.

### 5.7.2 Reciclaje de metales no ferrosos

En principio, los metales no ferrosos como aluminio, cobre o cinc, que se reciclan habitualmente en muchos países, pueden contener mercurio, pero están poco descritos, como plantea el instrumental. El mercurio contenido en los minerales originales, no termina en el producto en forma significativa, dado los procesos de producción de los mismos. Por tanto, al igual que en el reciclaje de metales ferrosos, las fuentes principales serán elementos que contienen mercurio como interruptores, llaves, termostatos o similares. En base a la información disponibles es menos probable que en el caso de los metales ferrosos.

En el país, se destaca en volumen el procesamiento de chatarra de aluminio, le siguen el cobre, plomo, latón y bronce. Otros materiales como estaño tienen muy bajos volúmenes. En total, en 2008, ingresaron 6.000 ton de chatarra a horno (relevamiento DINAMA),

De las 30 fundiciones de que se dispone de datos de producción, 7 superan las 50 toneladas anuales de material ingresado a los hornos. Cabe destacar que, en gran parte de las fundiciones de pequeño y mediano porte, los hornos operan entre uno y tres días a la semana o incluso menos, el resto de los días no se realizan actividades o se preparan moldes, noyos, y se negocia la adquisición de materia prima para procesar.

Los principales productos de la fundición no ferrosa son: lingotes de aluminio, lingotes de plomo, perfiles de aluminio, alambrón de cobre, diversas piezas artesanales de cobre, bronce o aluminio.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Misma fuente

No existe información sobre el factor de entrada, y no se sugieren factores de entrada ni de distribución en el instrumental, por lo que los datos pretenden presentar brevemente el sector a nivel nacional.

## **5.8 Incineración de desechos**

Si bien esta categoría no está incluida dentro de lo industrial propiamente dicho, se propuso incluir parte de ella, por ser objeto de control de la DINAMA.

La categoría incluye las siguientes sub-categorías:

- Incineración de desechos municipales / generales
- Incineración de residuos peligrosos
- Incineración de residuos médicos
- Incineración de lodos de saneamiento
- Quema informal de desechos

En el país actualmente existe un incinerador de residuos hospitalarios y un incinerador para residuos provenientes esencialmente de la industria farmacéutica. Además una empresa cementera está autorizada para incinerar algunos tipos de desechos que fue descrita en la categoría correspondiente (5.3.1). Por otra parte, existe una planta de tratamiento de residuos hospitalarios por autoclavado. No existe incineración de desechos municipales en forma autorizada, si bien se tiene conocimiento de quemas frecuentes en los vertederos. No se realiza incineración de lodos de saneamiento. No fue evaluada la quema informal de desechos por no estar dentro del alcance de este proyecto.

### **Subcategoría 5.8.3. Incineración de residuos médicos**

El instrumental, para los desechos de origen médico, que incluye infecciosos y no infecciones, veterinarios, odontológicos, laboratorios médicos y escuelas médicas y veterinarias, considera que el mercurio contenido es directamente dependiente de las entradas de mercurio utilizado intencionalmente a los desechos (ej. termómetros de mercurio, amalgamas, baterías, productos químicos, lámparas fluorescentes). Por este motivo, el contenido de mercurio en los desechos hospitalarios varía sensiblemente en función de los procedimientos en uso en el país.

En Uruguay está reglamentada la gestión de los residuos hospitalarios / sanitarios, asignando responsabilidad al Ministerio de Salud Pública sobre la gestión a la interna de las instituciones y al MVOTMA-DINAMA sobre la gestión puertas afuera. Esta reglamentación establece la segregación de los residuos en distintos tipos: infecciosos, cortantes o punzantes, especiales y comunes. Dentro de la categoría de especiales, se encuentran los residuos conteniendo mercurio. Si bien el decreto establece que “las sustancias y productos químicos, farmacéuticos y los oncológicos, se neutralizarán o desactivarán en forma previa a su colocación en recipientes rígidos según las instrucciones del fabricante y/o importador, teniendo en cuenta el sistema de tratamiento al que serán sometidos”, en el caso de mercurio no existen prácticas comunes a

todas las instituciones. Como consecuencia de ello, los residuos conteniendo mercurio son desechados en muchos casos con los residuos infecciosos o los comunes o los cortantes/punzantes, variando en cada institución e incluso con las personas, cuando no existe una directiva institucional.

**Tasa de actividad:**

Se incineraron 435,9 ton de desechos (calculados extrapolando 6 meses a 12, desde setiembre 2009 a febrero 2010).

**Factor de entrada:**

El instrumental sugiere un rango de factor de entrada amplio, de 8 a 40 mg/ton. El menor valor del rango se espera sea aplicable a situaciones donde partes sustanciales de los productos con mercurio sean retirados de los desechos.

En Uruguay, además, la incineración de desechos de origen médico no incluye los desechos comunes. Por tanto algunos productos como baterías y parte de los termómetros y esfigomanómetros que son dispuestos con los residuos comunes, no formarán parte de lo incinerado.

Se realizó un ensayo en una institución hospitalaria, en años anteriores, supervisado por DINAMA, y se obtuvieron 0,09 g Hg/t retenidos en un filtro de carbón. Dado que este dato proviene de una institución en particular, y que se tiene conocimiento de la variedad de situaciones que se presenta al momento de desechar los residuos con mercurio, se decide utilizar el valor medio del rango propuesto por el instrumental: 24 g Hg/ton. De esta forma, el ingreso por esta sub-categoría se estima en:

$$435,9 \text{ ton} \times 24 \text{ g Hg/ton} \div 1.000 \text{ g/kg} = 10,46 \text{ kg Hg/año}$$

**Factores de distribución:**

El tratamiento de emisiones del incinerador incluye lavado de gases con soda y retención de alta eficiencia de particulados. Lo retenido se incorpora nuevamente al horno. Las cenizas de la incineración van a vertedero. Los factores de distribución sugeridos en el instrumental para este tipo de tratamiento son 0,5 al aire y 0,5 a tratamiento específico de desechos. Dadas las características de disposición (a vertedero / relleno en lugar de tratamiento específico), se propone utilizar:

Aire:  $10,46 \text{ kg Hg/ton} \times 0,5 = 5,23 \text{ kg Hg/año}$

Desechos generales:  $10,46 \text{ kg Hg/ton} \times 0,5 = 5,23 \text{ kg Hg/año}$

**Comentarios y seguimiento:**

Existe otro incinerador, con una capacidad máxima de 50kg/h de residuos, en el que se tratan principalmente residuos de la industria farmacéutica. Uno de los posibles ingresos de mercurio al mismo son las vacunas desechadas que tienen timerosal. Esto no fue estimado.

En el tratamiento de los desechos hospitalarios, existe un emprendimiento que trata los residuos infecciosos por autoclavado. Las emisiones atmosféricas van a un tanque de condensado, los efluentes son tratado e infiltrados al terreno. Hay también venteos directos al aire. El material sólido autoclavado se envía a un relleno o vertedero. En lo que se refiere a los factores de entrada, las consideraciones son similares a la incineración, pero esta tecnología no está descrita en el instrumental, no existiendo factores de distribución sugeridos. Dadas las características de la planta mencionadas, se prevé que las principales vías de distribución sean tierra y aire.

Como seguimiento se sugiere profundizar en estos dos emprendimientos.

## **5.9 Disposición de desechos y tratamiento de aguas residuales**

Buena parte de los vertederos de disposición de desechos generales formales no tienen todos los criterios y controles recomendados (impermeabilización, tratamiento de lixiviados), por lo que son una fuente de contaminantes hacia la tierra, aire y agua. Existen asimismo vertidos no controlados o informales. Existen sitios de disposición informal de residuos industriales y de vertido de residuos generales. El sitio de disposición final de Montevideo, el mayor del país no analiza actualmente contenido de mercurio en lixiviado.

La gestión del tratamiento de aguas residuales en la capital del país está a cargo de la Intendencia de Montevideo, mientras que en el resto del país está a cargo de la empresa de propiedad estatal Obras Sanitarias del Estado (OSE), que se ocupa de la potabilización del agua en todo el país.

La evaluación de esta categoría no se incluyó en el alcance del inventario

## **5.10 Crematorios y cementerios**

Esta categoría no se incluyó en el alcance del inventario.

## **5.11 Identificación de potenciales “puntos calientes”**

En la tabla siguiente se presentan las sub-categorías que el instrumental sugiere y vías primarias de liberación de mercurio. En todos los casos sugiere un enfoque de análisis de fuente puntual.

**Tabla 24: Sitios potencialmente contaminados con mercurio**

Sub-categoría de sitios calientes potenciales	Aire	Agua	Tierra	Productos	Desechos generales	Identificado
Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali (*)	x	X	X		X	Si
Otros sitios de producción de productos químicos conteniendo mercurio o en que productos conteniendo mercurio se utilizaron como catalizadores (VCM/PVC)	x	X	X	x	X	No
Sitios cerrados de producción de termómetros, interruptores, baterías y otros productos	x	X	X	X	X	NS
Sitios cerrados de producción de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali o uso de antifúngicos basados en mercurio	x	X	X		X	NS
Relaves, residuos de la minería de mercurio	x	X	X	X	X	No
Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro	x	X	X		X	Si
Relaves, residuos de la minería de metales no ferrosos	x	X	X	X	X	No
Sitios de accidentes relevantes	x	X	X		X	No
Dragado de sedimentos	x	X	X		X	Si
Sitios de disposición de válvulas de presión en plantas para calefacción urbana		X	X			No
Sitios de reciclado de mercurio (producción secundaria)	x	X	X	X	X	No

NS: no suficientemente investigado

De las sub-categorías presentadas en la tabla, las que se entendieron más relevantes en nuestro país son la que corresponde a “Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali” y “Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro”.

#### **Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali**

En este caso, se trata de la misma planta que está operando actualmente y que durante muchos años dispuso los residuos del proceso (incluido los barros del tratamiento de salmuera) directamente sobre un terreno propio, frente al establecimiento, entre la Ruta y el Río de la Plata y parte de sus efluentes al mismo río, junto con el exceso de cloro. También hay indicios de que podría haber habido disposición de residuos dentro del predio donde se ubica la planta, próximo a la planta de salmuera. Parte de esa zona hoy está cubierta **por una** plataforma de hormigón para el acopio de sal, otra parte por el camino y puede quedar una parte cubierta únicamente

con arena<sup>32</sup>. Esta realidad se corresponde con una época en que el conocimiento sobre los perjuicios del mercurio y los contaminantes en general, así como la capacidad de control e inspección del estado eran sensiblemente menores a los actuales. La realidad actual del control de las emisiones de la empresa y su supervisión y acompañamiento por la DINAMA son hoy radicalmente mejores.

En lo que se refiere al pasivo existente, en julio de 2008 DINAMA solicita a la empresa la realización de un monitoreo de suelos, incluyendo cateo sub-superficial en ambos terrenos, los que fueron encargados a una empresa especializada en el tema. Los estudios detectaron niveles de mercurio muy variables, entre 4 y 86 ppm base seca en el promedio de las 7 zonas muestreadas. En diciembre del año 2010 se solicita la realización de un plan de monitoreo en sedimentos y biota de algunos metales, entre los que se encuentra el mercurio. Este plan fue elaborado y propuesto por la empresa y se encuentra actualmente a la espera de aprobación por la autoridad ambiental.

De futuro, el desmantelamiento previsto de la planta, por la sustitución por tecnología de membrana, generará un volumen de materiales contaminados (equipos, edificio, suelo), que será incluido dentro de la Evaluación de impacto ambiental de la nueva instalación, como plan de abandono de las instalaciones actuales.

### **Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro**

En cuanto a la subcategoría Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro, existió a principios del siglo XX un emprendimiento de extracción de oro que utilizaba el método de amalgamación con mercurio, que se ubicaba a orillas del Arroyo Cuñapirú, donde se construyó una represa de generación hidroeléctrica con su embalse. Se habían recibido informaciones de personas vinculadas a un minero artesanal que bateaba en la zona de Minas de Corrales, sobre que habría mercurio en la represa. Luego de contactar a los familiares de este minero, fallecido en el año 2010, se coordinó una visita a la zona en febrero del año 2011. Se visitaron las instalaciones de la antigua represa y lugar de la molienda y la amalgamación del oro con mercurio. Se excavó en 2 sitios sugeridos por estas personas, que corresponderían a una canalización de los relaves. Se tomaron muestras de lo que por su aspecto parecía contener mineral tratado, obteniéndose un valor de 2,1 mg de Hg/kg.

Si bien esto en principio permitiría confirmar presencia de mercurio en la zona, se requerirá de estudios detallados del sitio, a partir de un estudio previo de planos de la instalación e información histórica, para determinar exactamente cómo era el proceso y dónde son los lugares más probables en los que se pudo concentrar el mercurio, teniendo en cuenta que en base a las fotos antiguas consultadas, aparentemente hay movimiento de tierra en los alrededores de la represa.

### **Sitios cerrados de producción de termómetros, interruptores, baterías y otros productos**

Existieron en el país fábricas de equipos eléctricos (PHILIPS, GENERAL ELECTRIC). No se investigó si fabricaron interruptores con mercurio o si los utilizaron en sus procesos, pudiendo

---

<sup>32</sup> Información expedientes empresa en DINAMA, 2007

eventualmente haber generado algún pasivo en el sitio. En los predios de esas fábricas funcionan desde hace varios años otras empresas.

**Sitios cerrados de producción de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali o uso de antifúngicos basados en mercurio**

No se investigó el uso de anti fúngicos con mercurio en las plantas de producción de papel.

No existieron plantas de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali.

**Dragado de sedimentos**

La industria en Uruguay ha tenido históricamente una fuerte concentración geográfica en el área metropolitana de su capital, Montevideo. La Bahía de Montevideo, donde se ubica el puerto, recibe dos arroyos que han sufrido el impacto de los efluentes industriales, cloacales y de residuos sólidos. La refinería de petróleo y la principal central térmica en base a Fuel Oil, también dan a la Bahía.

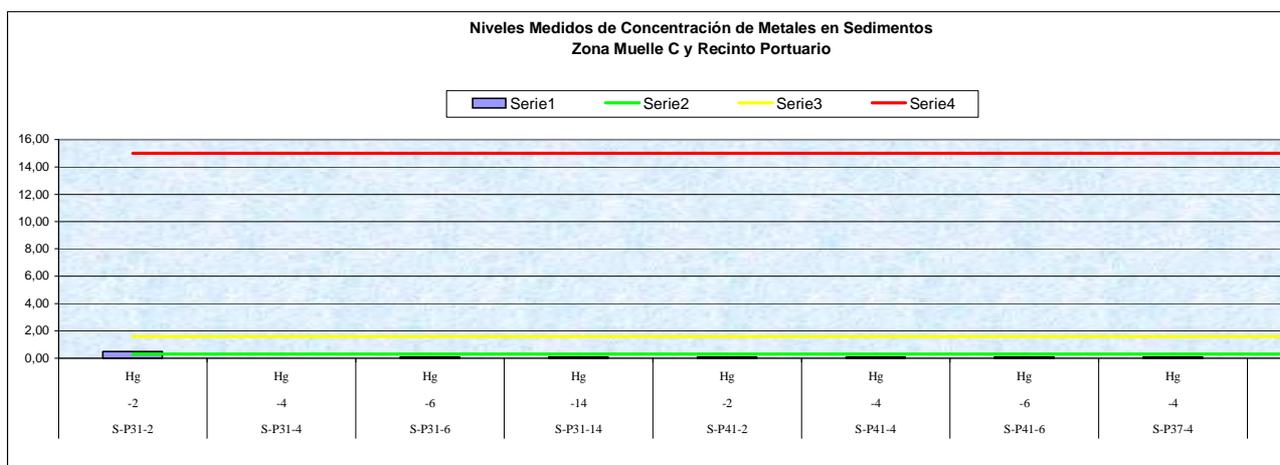
Los resultados de los análisis de los sedimentos de la Bahía, son francamente mejores que hace varios años.

Los análisis de sedimentos realizados en 1998 por la Facultad de Ciencias mostraban valores significativos (0,3 – 1,3 µg Hg/g) en relación a lo considerado en ese informe como no contaminada (0,05µg/g).

De los análisis de sedimentos en 2007 realizados por la Administración Nacional de Puertos (ANP), resultan valores de 0,09 – 0,59 µg Hg/g. Como puede observarse en la Tabla siguiente, excepto en un punto de los analizados, la disposición sugerida (tomando en cuenta solo el mercurio) es libre, de acuerdo a la normativa española tomada como referencia. Estos valores son esperables dado el cambio en los vertidos provenientes de la actividad industrial.

*Tabla 25: Análisis de sedimentos en la Bahía de Montevideo*

Muestras extraídas en La Bahía de Puerto Montevideo - Nuevo Muestreo - TDR BID												
Cod.Muestra	Prof	Contenido de	Nivel Medido (ppm)	Normas Holandesas			EPA GUIDELINES		RGMII (Normas EPPE Puerto)			
				Niv. I	Niv.II	Niv.III	NIVEL NH	Disposición en Mar	NA I	NAII	CATEG.	
S-P31-2	-2	Hg	0,50	0,3	1,6	15	2	Control Básico	0,6	3	1	
S-P31-4	-4	Hg	0,00	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P31-6	-6	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P31-14	-14	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P41-2	-2	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P41-4	-4	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P41-6	-6	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P37-4	-4	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P37-8	-8	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	



Datos de 1995, mostraban, de acuerdo a lo expresado por el Responsable Técnico Ambiental de la ANP, valores sensiblemente mayores a los de 1998, confirmando la tendencia al descenso, también observable a través de los valores de concentración de mercurio y otros contaminantes en agua.

El destino del dragado antiguo y actual de los sedimentos ha sido zonas determinadas, autorizadas específicamente, por el Tratado del Río de la Plata – Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP)<sup>33</sup>, entre la costa y el canal de navegación. El sedimento depositado allí se va dispersando o sedimentando en el Río o a lo largo del canal.

Por lo antedicho, no se espera que haya sitios determinados con concentraciones de mercurio importantes por la dispersión a que se ha visto sometido a lo largo de los años en el Río de la Plata. Los valores actuales en los sedimentos, no los hacen peligrosos para su disposición de acuerdo a normas internacionales. En lo referente al seguimiento de la fauna ictícola, se comenzará un estudio, a través de un convenio entre la ANP y la Facultad de Ciencias para comenzar a hacer análisis en este año, lo que permitirá tener mayor información sobre el tema.

### Comentarios y seguimiento:

En lo que se refiere a los pasivos existentes en la zona de la planta de cloro-álcali, aún restan acciones para una evaluación completa del sitio, estando ya iniciado ese proceso entre la empresa y la autoridad ambiental.

Los resultados de los análisis de suelo en la zona de la antigua minería de oro con mercurio, indican la necesidad de realizar estudios más profundos, en la zona de la molienda y sus alrededores, así como el arroyo Cuñapirú que recibía el producto del lavado de la amalgama.

Es conveniente evaluar aquellas categorías de sitios potenciales que no fueron profundizadas en esta oportunidad:

- uso de anti fúngicos con mercurio en las plantas de producción de papel
- Sitios cerrados de producción de termómetros, interruptores, baterías y otros productos

<sup>33</sup> La CARP es un organismo binacional Argentino-Uruguayo

Además de las mencionadas en el instrumental, es conveniente investigar en los sitios potencialmente contaminados que fueron identificados en el marco del Plan de Implementación del Convenio de Estocolmo (NIP), que incluyen otras categorías como fábricas de pinturas.

Una categoría particular son los vertederos y rellenos de residuos generales, para cuya investigación se requiere un trabajo conjunto con las instituciones locales. Asimismo, este vínculo con lo local podría posibilitar la identificación de otros sitios de vertido informal, de residuos generales o industriales para su estudio.

Se sugiere realizar también el seguimiento de los aspectos vinculados a la calidad de sedimentos y agua, para lo cual se requiere el vínculo con actores como la ANP y los gobiernos departamentales.

## 6 Conclusiones

El inventario de emisiones de mercurio realizado confirma algunas suposiciones y aporta nueva información relevante.

Se verifica que, dado el bajo nivel de industrialización del país, la problemática es limitada. Se confirma lo esperado en cuanto al importante peso que tiene la producción de cloro-álcali en el sector industrial. Se verificó que la mayor parte de las salidas del proceso de la planta de cloro-álcali existente en el país se produce en forma de residuos sólidos (y parte retenida en los mismos equipos). Esto posibilita la toma de acciones sobre los mismos. Asimismo, las emisiones atmosféricas y de efluentes del sector podrían constituir un aporte menor que las de otros sectores. En la medida que en estos otros sectores se pueda contar con mejor disponibilidad de información sobre los factores de entrada, que son escasos, se podrá también ajustar mejor su peso en los aportes.

El inventario permitió también percibir la variabilidad de las emisiones provenientes de la refinación y generación de energía provenientes de combustibles fósiles y su dependencia del origen de las importaciones.

También permitió conocer características comunes a distintas categorías de materiales vinculados a la extracción (minerales) o producción de madera, en cuanto a los bajos contenidos de mercurio, si bien se requiere la realización de un mayor número de análisis.

Por otro lado se pudo percibir que la capacidad de análisis de mercurio no abarca todas las matrices necesarias y que es necesario, además de ampliarla, disminuir los límites de detección.

En lo que se refiere a los sitios “calientes”, además de la zona cercana a la empresa de cloro-álcali (actualmente en proceso de estudio por la DINAMA y la empresa), se identificó en la zona de la antigua minería de oro, en la zona de Rivera, suelos con niveles detectables de mercurio. En estos, al igual que en otras categorías que no fueron suficientemente estudiadas se requiere una mayor investigación.

## 7 Bibliografía

UNEP Chemicals Toolkit for identification and quantification of mercury releases, Reference Report, Revised Inventory Level 2 Report, Version 1.0, March 2010

BASEL CONVENTION - Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal

Mercury: A priority for action, The Mercury Issue UNEP, Awareness raising package, [http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness\\_raising\\_package/default.htm](http://www.chem.unep.ch/mercury/awareness_raising_package/default.htm), accedido 30/6/11

Evaluación Mundial sobre el mercurio, IOMC Programa Interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Productos Químicos. Diciembre de 2002 , Versión en español publicada en Junio 2005

WHO (2004) Guidelines for Drinking-water quality 3rd edition. Geneva, World Health Organization. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/GDWQ2004web.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/GDWQ2004web.pdf) , accedido

WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/123079/AQG2ndEd\\_6\\_9Mercury.PDF](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/123079/AQG2ndEd_6_9Mercury.PDF), accedido 30/6/11

IPCS (2003) Concise International Chemical Assessment Document 50: Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicads>

AMAP (1998): Assessment report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, 1998. Citado por el informe Evaluación Mundial sobre el Mercurio (2002), IOMC Programa Interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos.

Evaluación Mundial sobre el Mercurio (2002), IOMC Programa Interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos

Mercury in the food Chain, Environment Canada, <http://www.ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=D721AC1F-1>), última consulta mayo 2011

Balance energético, Ministerio de Industria, Energía y Minería, Dirección Nacional de Energía, <http://www.miem.gub.uy/portal/hgxpp001?5,6,219,O,S,0,PAG;CONC;36;2;D;7152;4;PAG;MNU;E;30;5;MNU>; accedido 30/6/11.

“Mercury in Crude Oil Processed in the United States (2004)”, S. Mark Wilhelm, L. Liang, D.Cussen y D. Kirchgessner, Mercury Technology Services, 23014 Lutheran Church Rd., Tomball, Texas, Cebam Analytical, Seattle, Washington, Frontier Geosciences, Seattle, Washington, and U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina

“Mercury in Crude Oil Refined in Canada”, B.P. Hollebhone, Emergencies Science and Technology Division, Science and Technology Branch, Environment Canada and C.X. Yang, Environmental

Protection Operation Division – Ontario, Environmental Stewardship Branch, Environment Canada, October 2007.

“Minería metálica de oro”, borrador, Nestor Baumann, gentileza del autor.

“Pradera, oro y frontera”, Selva Chirico, Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología, 2005, N° 12, 33-42

“Regiones mineras de Cuñapirú, Corrales, Zapucay y Curtume, Departamento de Rivera”, Instituto de Geología y Perforaciones, J. G. Macmillan, Montevideo, 1931

“Guidelines for making a mercury balance in a chlorine plant”, 4<sup>th</sup> Edition, April 2008, Euro Chlor Publication

“Guidelines for conducting a mercury balance”, May 1999, The Chlorine Institute, Inc.

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry, European Commission, December 2001

“Informe diagnóstico de la situación actual del desempeño ambiental del sector fundiciones y de la aplicabilidad de las herramientas de control”, Verónica Gonzalvez, Rosario Lucas, agosto 2009.

Exposure to mercury in the mine of Almadén, Montserrat García Gómez, José Diego Caballero Klink, Paolo Boffetta, Santiago Español, Gerd Sällsten, Javier Gómez Quintana, Occup Environ Med 2007; 64:389–395. doi: 10.1136/oem.2006.030940.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2078521/pdf/389.pdf>

“Assesment of contamination by heavy metals and petroleum, hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay), Pablo Muniz, Eva Danulat, Beatriz Yannicelli, Javier García-Alonso, Gabriela Medina, Márcia C. Bicego, Environment international 29 (2004), 1019-1028, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Muestreos de sedimentos en el puerto de Montevideo, usando coring de caída libre y draga Van Been en zona de construcción, de Muelle C y recinto portuario, Administración Nacional de Puertos, Uruguay

<http://www.anp.com.uy/institucional/sistemasGestion/ambiental/ImpactoAmbiental/Indice.asp>

Fact Sheet: Proposed Amendments to Air Toxics Substances: Mercury Emissions from Cell Chlor-Alkali Plants, [http://www.epa.gov/airtoxics/hgcellcl/20080530\\_chloralkali\\_fs.pdf](http://www.epa.gov/airtoxics/hgcellcl/20080530_chloralkali_fs.pdf)

Characterization of Mercury Emissions at a Chlor-Alkali Plant, John S. Kinsey, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, January 2002, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>

Seventh annual report to EPA, for the year 2003, The Chlorine institute, INC, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>, accedido 30/06/2011

Fact sheet: Supplemental Proposal to Air Toxic Standards for Mercury Emissions from Mercury Cell Chlor-Alkali Plants. [http://www.epa.gov/ttncaaa1/t3/fact\\_sheets/mercurycellfs2011.pdf](http://www.epa.gov/ttncaaa1/t3/fact_sheets/mercurycellfs2011.pdf)

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

Anexo I: Planillas de cálculo

Tabla 26: Planillas de cálculo

C	Su-C	Source category /phase	Exists? (y/n)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculat. Hg input	Unit	*Output scenario (where relevant)	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Remarks	
5.1		Source category: Extraction and use of fuels/energy sources																										
5.1.1		Coal combustion in large power plants	n																									
		/Coal wash		0.05-0.5	g Hg/t	0.27	g Hg/t		t coally	0.0	Kg Hg/y																	
		/Combustion		0.05-0.5 (a)	g Hg/t	0.27	g Hg/t		t coally	0.0	Kg Hg/y (a)	Emis. Red. Devices: None (a)																
												General ESP or PS (a)																
												FF or other high PM retention (a)																
												PM+SDA (a)																
												PM+wet FGD (a)																
5.1.2		Other coal use	y																									
		Coke production	n	0.05-0.5	g Hg/t	0.27	g Hg/t		t coally	0.0	Kg Hg/y																	
		Coal combustion	y																									
		/Coal wash	n	0.05-0.5	g Hg/t	0.27	g Hg/t		t coally	0.0	Kg Hg/y																	
		/Combustion and other uses	y	0.05-0.5 (a)	g Hg/t	0.27	g Hg/t	441	t coally	0.12	Kg Hg/y (a)	Emis. Red. Devices: None (a)	0														Datos de la DNETA. Se asume sin control, en base al relevamiento realizado por DINAMA en 2008.	
5.1.3		Mineral oils - extraction, refining and use	y																								Se incluye solo el uso industrial y de centros de transformación (no transporte ni consumo del hogar)	
		/Extraction	n	5 - 300	mg Hg	55	mg Hg/t		t oily	0																	Datos ANCAP. Volumen (2008). La concentración tomada en base a las importaciones de petróleo y datos de bibliografía de contenido de mercurio en petróleo dan una media de 3.5 (fuente ANCAP).	
		/Refining	y	5 - 300	mg Hg	3.5	mg Hg/t	1,850.027	t oily	6.48	Kg Hg/y		6.5		0.25	0.01				0.15							0.00	
		/Use of heavy oil and petroleum coke:																										
		Uses (other than combustion)	y	10 - 100	mg Hg	55	mg Hg/t	125	t oily	0.007	Kg Hg/y		0.0															
		Oil combustion facilities	y	10 - 100	mg Hg	55	mg Hg/t		t oily	0.0	Kg Hg/y	Oil Combustion Facility with no emissions controls	0															
												Oil Combustion Facility with PM control using an ESP or scrubber			0.9					0.1								
		/Petroleum coke																										
		/Imported	y	10 - 100	mg Hg	55	mg Hg/t	39.789	t oily	2.19	Kg Hg/y	PM control with recycling of dust *3	2.19		0.7		0.3											Incluye el uso metalúrgico en diversas industrias de reciclaje y el consumo energético en una planta de cemento. La Se consume enteramente en centro de transformación.
		/National production	y			3.5	mg Hg/t	28.340	t oily	0.1	Kg Hg/y	Oil Combustion Facility with no emissions controls	0.10		1													
		/Fuel Oil	y	10 - 100	mg Hg				t oily																			
		/Imported	y			55	mg Hg/t	366.287	t oily	20.15	Kg Hg/y	Oil Combustion Facility with no emissions controls	20.15		1													
		/National production	y			3.5	mg Hg/t	178.075	t oily	0.62	Kg Hg/y	Oil Combustion Facility with no emissions controls	0.62		1													
		/Use of gasoline, diesel and other light distillates:																										
		Transportation and other uses other than combustion	y	1 - 10	mg Hg	5.5	mg Hg/t		t oily	0	Kg Hg/y																	
		Residential heating with no controls	n	1 - 10	mg Hg	5.5	mg Hg/t		t oily	0.0	Kg Hg/y																	
		Other oil combustion facilities	y	1 - 10	mg Hg	5.5	mg Hg/t	686.039	t oily	3.77	Kg Hg/y	Oil Combustion Facility with no emissions controls	3.77		1													
															0.9					0.1								
5.1.4		Natural gas - extraction, refining and use	y																									
		/Extraction/refining	n	2 - 200	µg Hg	100	µg Hg/Nm3 gas		Nm3 gas/y	0	Kg Hg/y	Gas processing without mercury removal																
												Gas processing with mercury removal																
		/Use of raw or pre-cleaned gas	n	2 - 200	µg Hg	100	µg Hg/Nm3 gas		Nm3 gas/y	0	Kg Hg/y																	
		/Use of pipeline gas (consumer quality)	y	0.03 - 0.4	µg Hg/N	0.22	µg Hg/N	25,301.000	Nm3 gas/y	0.006	Kg Hg/y		0		1													Dato DNE. Alcance solo industria. Los planes son de aumento en los años siguientes. Punta del Tigre consumiría 1,8 millones de m3/día.
5.1.5		Other fossil fuels - extraction and use	n																									
		Combustion of peat	n	40 - 193	mg Hg (dry weight)		mg Hg (dry weight)		t peat/y		Kg Hg/y		0															
		Use of oil shale	n																									
		Combustion of other fossil fuels	n																									
5.1.6		Biomass fired power and heat production	y	0.007-0.07	g Hg/t	0.03	g Hg/t	585.571	t biomass/y	18	Kg Hg/y		17.6		1													
		Charcoal combustion	n	4x conc. in	g Hg/t	0.12	g Hg/t (dry weight)		t charcoally	0	Kg Hg/y																	
5.1.7		Geothermal power production	n	?	?	?	?	?	?	?	Kg Hg/y				1													

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Su-C	Source category /phase	Exists? (y/n)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculated Hg input	Unit	Output scenario (where relevant)	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Remarks		
5.2		Source category: Primary (virgin) metal production																											
5.2.1		Mercury (primary) extraction and initial processing	n	1020-1040	kg Hg/t Hg produced	1030	kg Hg/t Hg produced		kg Hg produced	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.25	0.06	0.69				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5.2.2		Gold and silver extraction with mercury amalgamation processes	n																		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		/From whole ore		3	kg Hg/kg gold produced	3	kg Hg/kg gold produced		kg gold produced	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.6	0.2	0.2				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		/From concentrate		1	kg Hg/kg gold produced	1	kg Hg/kg gold produced		kg gold produced	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.6	0.2	0.2				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		/From concentrate and with use of retorts		0.001	kg Hg/kg gold produced	0.001	kg Hg/kg gold produced		kg gold produced	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.6	0.2	0.2				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5.2.3		Zinc extraction and initial processing /Mining and concentrating /Production of zinc from concentrates	n	?	g Hg/t	?	g Hg/t		t concentrat	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.1		0.3	0.3			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
				10-200	g Hg/t	105	g Hg/t		t concentrat	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.1		0.3	0.3		0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.2.4		Copper extraction and initial processing /Mining and concentrating /Production of copper from concentrates	n	?	g Hg/t	?	g Hg/t		t concentrat	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.1	0.02	0.24	0.4		0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				1-15	g Hg/t	8	g Hg/t		t concentrat	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.1	0.02	0.24	0.4		0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.2.5		Lead extraction and initial processing /Mining and concentrating /Production of lead from concentrates	n	?	g Hg/t	?	g Hg/t		t concentrat	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.1		0.3	0.3		0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				2-200	g Hg/t	1011	g Hg/t concentrate		t concentrat	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.1		0.3	0.3		0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.2.6		Gold extraction and initial processing by methods other than mercury amalgamation	y	10-100	g Hg/t ore used (e	0.02	g Hg/t ore used	1.476.531	t gold ore used/dy	29.5	Kg Hg/y		29.5	Kg Hg/y	0.02	0.04		0		0.94	0.59	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	27.76		
5.2.7		Aluminium extraction and initial processing /Alumina production from bauxite /Aluminium production from alumina	n	0.07-1	g Hg/t bauxite	0.5	g Hg/t bauxite		t bauxite/ty	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.15	0.1		0.65		0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				?	g Hg/t bauxite	?	g Hg/t bauxite		t bauxite/ty	?	Kg Hg/y		Kg Hg/y								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.2.8		Other non-ferrous metals - extraction and processing	n	?	g Hg/t	?	g Hg/t		t pig iron produced	?	Kg Hg/y		Kg Hg/y		1						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5.2.9		Primary ferrous metal production	n	0.05	g Hg/t pig iron produced	0.05	g Hg/t pig iron produced		t pig iron produced	0	Kg Hg/y		Kg Hg/y		0.95					0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

C	Su-C	Source category /phase	Exists? (y/n/?)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculated Hg input	Unit	Output scenario (where relevant)	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment /disposal	Remarks	
5.3		Source category: Production of other minerals and materials with mercury impurities																										
5.3.1		Cement production	y							87	Kg Hg/y	Cement production									60.15	0.00	0.00	24.17	2.28	0.00		
		/without co-incineration of hazardous waste	y	0.02 - 0.2	g Hg/ t cement	0.11	g Hg/ t cement produced	787.281	t cement produced/ty	87	Kg Hg/y	No filter	7	Kg Hg/y	0.8		0.2				5.37	0.00	0.00	1.34	0.00	0.00		
		/with co-incineration of hazardous waste	n	0.08 - 0.8	g Hg/ t cement	0.44	g Hg/ t cement produced		t cement produced/ty	0	Kg Hg/y	PM control with general ESP, or PS PM control with FF, or other with highly efficient PM retention PM control with recycling of dust *3	11	Kg Hg/y	0.6		0.2	0.2			6.85	0.00	0.00	2.28	2.28	0.00		
											Kg Hg/y		68	Kg Hg/y	0.4		0.2	0.4			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
											Kg Hg/y		68	Kg Hg/y	0.7		0.3				47.93	0.00	0.00	20.54	0.00	0.00		
5.3.2		Pulp and paper production	y	0.007-0.07	g Hg/ t biomass (dry weight)	0.03	g Hg/ t biomass (dry weight)	#####	t biomass	59.6	Kg Hg/y	No filter	60	Kg Hg/y							32.60	21.00		6.00				
											Kg Hg/y	PM control with general ESP, or PS		Kg Hg/y	0.9			0.1			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
5.3.3		Production of lime and light weight aggregates	y								Kg Hg/y										4.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Lime production	y	?		0.055	g/ton lime produced	48.890	ton/year	2.69	Kg Hg/y		2.69	Kg Hg/y	1						2.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Factor de entrada tomado de instrumental
		Lime production (pulp mill) Light weight aggregate kilns	y	?		0.09	g/ton limestone consumed	21.600	ton/year	1.94	Kg Hg/y		1.94	Kg Hg/y	1						1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Piedra caliza consumida y valor de concentración máxima dado por su proveedor, según especificación
5.3.4		Other minerals and materials	?	?		?	g Hg/t	?	?	?	Kg Hg/y										0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Su-C	Source category /phase	Exists? (y/n/?)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculat. Hg input	Unit	Output scenario (where relevant)	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Remarks	
5.4		Source category: Intentional use of mercury in industrial processes																										
	5.4.1	Chlor-alkali production with mercury-technology	y							1,140		Chlor-alkali prod. Hg unaccounted for presented under "Sector specific treatment/disposal" (a)																
			y	25-400	g Hg/t Cl2 prod	77.86	g Hg/t Cl2 prod	14676	t Cl2/y	1,140		Hg unaccounted for is presented as releases (a)	1,140									23.76	0.03	0.00	1.24	0.00	1,114.97	
															0.2	0.02	0.38	0.1		0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.4.2	VCM production with mercury catalyst	n	100-140	g Hg/t VCM prod	120	g Hg/t VCM produced		t VCM/y	0					0.02	0.02		0.36		0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.4.3	Acetaldehyde production with mercury catalyst	n	?	?	120	g Hg/t acetaldehyde		t acetaldeh	0					0.02	0.02		0.36		0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.4.4	Other production of chemicals and polymers with mercury	n	?	?	?	?			?											0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Su-C	Source category /Phase	Exists? (y/n/?)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculat. Hg input	Unit	"Output scenario"	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Impurity in waste	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Impurity in waste	General waste	Sector specific treatment/disposal	Remarks	
		Source category: Consumer products with intentional use of mercury																										
	5.5	Thermometers with mercury /Production (a)																										
		Medical thermometers		0.5-1.5	g Hg/item	1	g Hg/item			0	Kg Hg/y	Production (a)		Kg Hg/y	0.01	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Ambient air thermom.		2-5	g Hg/item		3.5	g Hg/item		0	Kg Hg/y																	
		Industrial and special th.		5-200	g Hg/item		103	g Hg/item		0	Kg Hg/y																	
		Other glass Hg thermometers		1-40	g Hg/item		20.5	g Hg/item		0	Kg Hg/y																	
		<b>/Use+disposal:</b>								0	Kg Hg/y	<b>Use+disposal:</b>																
		Medical thermometers		0.5-1.5	g Hg/item		1	g Hg/item		0	Kg Hg/y	(a1) No separate collection. Waste handl. controlled			0.1	0.3			0.6			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Ambient air thermom.		2-5	g Hg/item		3.5	g Hg/item		0	Kg Hg/y	(a2) No separate collection. Informal waste handl. widespread			0.2	0.3	0.3		0.3			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Industrial and special th.		5-200	g Hg/item		103	g Hg/item		0	Kg Hg/y	(a3) Separate collection. Waste handl. controlled			0.1	0.3			0.3	0.3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Other glass Hg thermometers		1-40	g Hg/item		20.5	g Hg/item		0	Kg Hg/y																	
	5.5.2	Electrical switches and relays with mercury /Production																										
		<b>/Use+disposal:</b>		0.02-0.25	g Hg/(y*inh)		0.14	g Hg/(y*inhabitant)		0	Kg Hg/y	<b>Use+disposal:</b>			0.01	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1
												(a1) No separate collection. Waste handl. controlled			0.1	0.1			0.8		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
												(a2) No separate collection. Informal waste handl. widespread			0.3	0.4	0.3		0.3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
												(a3) Separate collection. Waste handl. controlled			0.1	0.1		0.4	0.4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	5.5.3	Light sources with mercury /Production																										
		<b>/Use+disposal:</b>										<b>Use+disposal:</b>			0.01	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Fluorescent tubes (double end)		10 - 40	mg Hg/item		25	mg Hg/item		0	Kg Hg/y	(a1) No separate collection. Waste handl. controlled			0.05				0.95		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Compact fluorescent lamp (CFL single end)		5 - 15	mg Hg/item		10	mg Hg/item		0	Kg Hg/y	(a2) No separate collection. Informal waste handl. widespread			0.3		0.3		0.4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		High pressure mercury vapour		30	mg Hg/item		30	mg Hg/item		0	Kg Hg/y	(a3) Separate collection. Waste handl. controlled			0.05				0.8	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		High-pressure sodium lamps		10 - 30	mg Hg/item		20	mg Hg/item		0	Kg Hg/y																	
		UV light for tanning		5 - 25	mg Hg/item		15	mg Hg/item		0	Kg Hg/y																	
		Metal halide lamps		25	mg Hg/item		25	mg Hg/item		0	Kg Hg/y																	
	5.5.4	Batteries with mercury /Production (a)																										
		<b>/Use+disposal:</b>										<b>Use+disposal:</b>			0.005	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mercury oxide (all sizes); also called mercury-zinc cells		320	kg Hg/t bat		320	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y	(a1) No separate collection. Waste handl. controlled							1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Zinc-air button cells		12	kg Hg/t bat		12	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y	(a2) No separate collection. Informal waste handl. widespread			0.25	0.25			0.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Alkaline button cells		5	kg Hg/t bat		5	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y	(a3) Separate collection. Waste handl. controlled							0.6	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Silver oxide button cells		4	kg Hg/t bat		4	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y																	
		Alkaline, other than button cell shapes		0.25	kg Hg/t bat		0.25	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y																	
		<b>/Use+disposal:</b>								0	Kg Hg/y	<b>Use+disposal:</b>																
		Mercury oxide (all sizes); also called mercury-zinc cells		320	kg Hg/t bat		320	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y	(a1) No separate collection. Waste handl. controlled							1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Zinc-air button cells		12	kg Hg/t bat		12	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y	(a2) No separate collection. Informal waste handl. widespread			0.25	0.25			0.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Alkaline button cells		5	kg Hg/t bat		5	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y	(a3) Separate collection. Waste handl. controlled							0.6	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Silver oxide button cells		4	kg Hg/t bat		4	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y																	
		Alkaline, other than button cell shapes		0.25	kg Hg/t bat		0.25	kg Hg/t batteries		0	Kg Hg/y																	
	5.5.5	Polyurethane with mercury catalysts /Production (a)																										
		<b>/Use+disposal:</b>		0.01-0.05	g Hg/(y*inh)		0.03	g Hg/(y*inhabitant)		0	Kg Hg/y	<b>Use+disposal:</b>			0.1	0.05			0.85		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
												(a1) No separate collection. Waste handl. controlled			0.2	0.1	0.4		0.3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
												(a2) No separate collection. Informal waste handl. widespread									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.5.6	Biocides and pesticides with mercury /Production (a)																										
		<b>/Use+disposal:</b>		?			1			0	Kg Hg/y	<b>Use+disposal:</b>			0.01	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				?			?			?											0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.5.7	Paints with mercury /Production (a)																										
		<b>/Use+disposal:</b>		0.3-5	kg Hg/t		2.6	kg Hg/t		0	Kg Hg/y	<b>Use (application + when appl.)</b>			0.01	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
															0.92	0.05			0.05		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.5.8	Pharmaceutical for human and veterinarian uses /Production (a)																										
		<b>/Use+disposal:</b>					0.496		21	10	Kg Hg/y											0.00	5.21	5.21	0.00	0.00	0.00	
	5.5.9	Cosmetics and related products with mercury /Production (a)																										
		<b>/Use+disposal:</b>										<b>Use (application + when appl.)</b>			0.01	0.005	0.1		0.1	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				10-50	kg Hg/t		30	kg Hg/t		0	Kg Hg/y											0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO EN URUGUAY SECTOR INDUSTRIAL

C	Su-C	Source category /phase	Exists? (y/n/?)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculated Hg input	Unit	Output scenario (where relevant)	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Remarks
5.7		Source category: Production of recycled metals ("secondary" metal production)																									
5.7.1		Production of recycled mercury ("secondary production")	n	-	-	1.00452	kg Hg/kg Hg released totally		kg recycled mercury/year	0	(b Kg Hg/y	(c		Kg Hg/y	0.002	0.0024				0.00012	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	
5.7.2		Production of recycled ferrous metals (iron and steel)	y	0.2-2	g Hg/vehicle	1.1	g Hg/vehicle	1580	vehicles recycled/dy	1.7	Kg Hg/y		1.7	Kg Hg/y	0.25		0.25		0.25	0.25	0.435	0.000	0.435	0.000	0.435	0.43	
5.7.3		Production of other recycled metals	y	?	?		?	6.000	ton	0	Kg Hg/y		0	Kg Hg/y	0.3	0.1			0.3	0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6000 ton, relevamiento BID 2008

C	Su-C	Source category /phase	Exists? (y/n/?)	Default input factor	Unit	Enter input factor	Unit	Enter activity rate	Unit	Calculated Hg input	Unit	Output scenario (where relevant)	Enter Hg input	Unit	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Air	Water	Land	Products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Remarks
5.8		Source category: Waste incineration																									
5.8.1		Incineration of municipal/general waste	n	1-10	g Hg/t waste		5 g Hg/t waste	incinerated	t waste incine	0	Kg Hg/y	No emission reduction devices PM reduc, simple ESP, or similar Acid gas control with limestone (or similar acid gas absorbent) and downstream high efficiency FF or ESP PM retention Mercury specific absorbents and downstream FF		Kg Hg/y	1						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
														Kg Hg/y	0.9						0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
														Kg Hg/y	0.5						0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
														Kg Hg/y	0.1						0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.8.2		Incineration of hazardous waste	y	8-40	g Hg/t waste		24 g Hg/t waste	incinerated	t waste incine	0	Kg Hg/y	No emission reduction devices PM reduc, simple ESP, or similar Acid gas control with limestone (or similar acid gas absorbent) and downstream high efficiency FF or ESP PM retention Mercury specific absorbents and downstream FF		Kg Hg/y	1						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Hay un incinerador que quema principalmente residuos de la industria farmaceutica, no suficientemente evaluado
														Kg Hg/y	0.9						0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
														Kg Hg/y	0.5						0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
														Kg Hg/y	0.1						0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.8.3		Incineration of medical waste	y	8-40	g Hg/t waste		24 g Hg/t waste	435.9	t waste incine	10.46	Kg Hg/y	No emission reduction devices PM reduc, simple ESP, or similar		Kg Hg/y	1						5.23	0.00	0.00	0.00	0.00	5.23	0.00
														Kg Hg/y	0.9						0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
														Kg Hg/y	10						0.5	5.23	0.00	0.00	0.00	5.23	0.00
														Kg Hg/y	0.1						0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5.8.4		Autoclaving of medical waste Sewage sludge incineration	n	?	?		2 g Hg/t sludge	incinerated?	? waste incine	0	Kg Hg/y			Kg Hg/y	0.9						0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.8.5		Informal waste burning		1-10	g Hg/t waste		5 g Hg/t waste	incinerated	t waste incine	0	Kg Hg/y			Kg Hg/y	1							0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Anexo II: Factores de conversión utilizados en Fuentes energéticas***Tabla 27: Factores de conversión de fuentes energéticas*

<b>FACTORES DE CONVERSIÓN (en base al Poder calorífico inferior- PCI)</b>					
<b>Producto</b>	<b>unidad</b>	<b>2008</b>	<b>Producto</b>	<b>Unidad</b>	<b>2008</b>
aserrín, chips, res. Forestales (*)	kep/kg	0,2243	gas oil	kep/lt	0,8594
Asfaltos	kep/lt	0,9640		kep/kg	1,0203
	kep/kg	0,9640	gases olorosos	kep/lt	0,2400
Bagazo	kep/kg	0,2350	Leña	kep/kg	0,2700
Butano	kep/lt	0,6119	licor negro (***)	kep/kg	0,2703
	kep/kg	1,0948	Lubricantes	kep/lt	0,9090
carbón de refinería	kep/kg	0,9386		kep/kg	1,0100
carbón de refinería importado	kep/kg	0,8000	Metanol	kep/kg	0,3600
carbón mineral	kep/kg	0,7000	nafta 87 SP	kep/lt	0,7652
carbón vegetal	kep/kg	0,7500		kep/kg	1,0526
cáscara de arroz	kep/kg	0,2700	nafta super 95 SP	kep/lt	0,7861
cáscara de girasol	kep/kg	0,3800		kep/kg	1,0470
casullo de cebada	kep/kg	0,3712	nafta aviación 100/130	kep/lt	0,7621
coque importado	kep/kg	0,6800		kep/kg	1,0537
diesel oil	kep/lt	0,8943	nafta premium 97 SP	kep/lt	0,7989
	kep/kg	0,9993		kep/kg	1,0435
electricidad (equivalente teórico)	kep/kWh	0,0860	petróleo crudo	kep/lt	0,8732
electricidad (equivalente térmico) (**)	kep/kWh	0,2518		kep/kg	1,0070
fuel oil calefacción	kep/lt	0,9467	Propano	kep/lt	0,5697
	kep/kg	0,9618		kep/kg	1,0975
fuel oil intermedio	kep/lt	0,9578	Queroseno	kep/lt	0,8276
	kep/kg	0,9766		kep/kg	1,0341
fuel oil pesado	kep/lt	0,9621	Solventes	kep/lt	0,8012
	kep/kg	0,9569		kep/kg	1,0427
gas fuel	kep/m3	1,1000	Supergás	kep/lt	0,6086
gas natural	kep/m3	0,8300		kep/kg	1,0910
turbocombustible jet A1	kep/lt	0,8283	turbocombustible jet B	kep/lt	0,8148
	kep/kg	1,0348		kep/kg	1,0390
(*) factor resultante del promedio ponderado por las cantidades de cada tipo					
(**) ver cuadro de equivalente térmico para la energía hidroeléctrica					
(***) expresado por kg de sólidos secos					

**Anexo III: Abreviaturas utilizadas**

<b>ABREVIATURA</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Pórtland
ANP	Administración Nacional de Puertos
ANTEL	Administración Nacional de Telecomunicaciones
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
DINAMIGE	Dirección Nacional de Minería y Geología
DINASA	Dirección Nacional de Agua y Saneamiento
DINOT	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
DNETN	Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear
DNI	Dirección Nacional de Industria
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
MERCOSUR	Mercado Común del Sur
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MSP	Ministerio de Salud Pública
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONUDI	Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OSE	Obras Sanitarias del Estado
SAICM	Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Sustancias Químicas (Strategic Approach to International Chemicals Management)
UDELAR	Universidad de la República
UE	Unión Europea
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas