

***Protocolo para completar un
Balance de Masa de Baterías
de Ácido Plomo Usadas (BAPUs)
y de Plomo (Pb)***

2022

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Introducción	3
2.	Objetivos	3
3.	Consideraciones para la generación del balance de masa implementando la plantilla de cálculo 3	
3.1.	Fuentes de información	4
3.2.	Balance de masa.....	7
3.2.1.	Entradas.....	8
3.2.2.	Salidas.....	9
3.3.	Cálculo de balance de masa	10
4.	Plantilla de cálculo para la carga de información para completar el balance de masa	11
4.1.	Sección de ingreso de datos.....	11
4.2.	Sección de resultados.....	13
4.3.	Resultados complementarios.....	16
4.4.	Consideraciones finales.....	17
5.	Bibliografía consultada.....	17
6.	Anexos	18

1. Introducción

Este “Protocolo” es un instructivo para completar la “Planilla de cálculo” cuyo objetivo es la recolección armonizada y comparable de información, con miras a realizar un balance de masa de plomo para facilitar la comprensión del flujo de baterías ácido plomo (BAPs) y baterías de ácido plomo usadas (BAPUs) en el país que se aplique.

El diseño y aplicación de la “Planilla de cálculo” facilita la realización de un inventario y/o balance de masa mediante una metodología de registro de entradas y salidas en un proceso de transformación, acorde al principio de la “ley de la conservación de la masa” (que establece que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma). Incluye también información sobre el transporte transfronterizo de plomo, baterías de ácido plomo o BAPs y baterías usadas ácido plomo o BAPUs.

La recolección armonizada y comparable de información desde fuentes nacionales e internacionales y su posterior análisis facilita el proceso de toma de decisiones, la gestión y el desarrollo de planes de acción. Su análisis facilita la comprensión de los inconvenientes y ventajas que hoy en día se presentan a la luz de las normativas nacionales e internacionales en relación al movimiento transfronterizo de residuos peligrosos bajo el nuevo escenario de economía circular.

Al generar el inventario, el acceso a la información puede presentar inconvenientes debido a posibles incongruencias y vacíos detectados tanto a partir de fuentes nacionales como internacionales. Si bien se debe procurar completar la información, las incongruencias y vacíos que existan también pueden orientar a fortalecer y mejorar el registro de datos en los países.

2. Objetivos

Aplicar una herramienta para facilitar la toma de decisiones informada que permita realizar un análisis comparativo del balance de plomo en los países, identificar lagunas de información y dar seguimiento en el tiempo del escenario en relación a la producción de BAPs y recuperación de BAPUs (especialmente provenientes de vehículos).

3. Consideraciones para la generación del balance de masa implementando la plantilla de cálculo

La “Planilla de cálculo” permite registrar la recolección armonizada y comparable de información, para facilitar la generación de un balance de masa de plomo, permitiendo la comprensión del flujo de baterías ácido plomo usadas (BAPUs) en el país estudiado.

De acuerdo a lo anterior, se requiere recopilar y sistematizar toda la información disponible en las bases de datos nacionales e internacionales sobre importaciones y exportaciones de plomo, baterías de ácido plomo (BAPs) y baterías de ácido plomo usadas (BAPUs).

A continuación, se presenta un listado de las fuentes de información recomendadas para completar la planilla de cálculo.

3.1. Fuentes de información

El balance de masa se calcula a partir de diferentes fuentes de información (nacionales e internacionales) que permiten estandarizar los cálculos. La búsqueda de información no debe quedar restringida a las fuentes que se consignan en la **Tabla 1**, sino que debe ser extenderse también a las fuentes de información nacionales.

Tabla 1. Fuentes de información internacional

Nombre	Fuente	Descripción	Uso
INFOPLEASE	Enciclopedia Infoplease	INFOPLEASE es un sitio de referencia y aprendizaje que combina contenidos de fuentes de confianza, como la Enciclopedia Electrónica Columbia y el Diccionario UNABRIDGED de Random House. La página se actualiza y perfecciona periódicamente. Ventajas: De acceso abierto no es alterable por usuarios externos. Desventajas: No entrega la misma extensión de información para todos los países.	Recopilación de información general de cada país.
Google Maps	Google Maps	Servicio de Google que permite ubicar con exactitud un determinado lugar proporcionando geo-referencias. Ventajas: De acceso abierto y gratuito. Desventajas: El margen de precisión no se actualiza frecuentemente.	Mapa geográfico y ubicación del país de interés.
Countries Data – Banco Mundial	Base de datos del Banco Mundial	Base de datos del Banco Mundial, es una de las fuentes más importantes de información sobre los países de medianos y bajos ingresos. Ventajas: Es una de las fuentes más reconocidas. Desventajas: No permite descargar toda la información en un solo archivo.	Información relevante y datos generales del país para contextualizar el balance obtenido.
United Nations COMTRADE database	Base de datos UN COMTRADE	United Nations Commodity Trade Statistics Database de acceso gratuito y abierto ofrece un amplio conjunto de datos sobre el desarrollo de los países de todo el mundo que son recopilados por la División de Estadística de las Naciones Unidas. Ventajas: Cuenta con una base de datos específica para el comercio de plomo, sus residuos y sus productos. Complementa la fuente de datos de productos y residuos de plomo, diferencia entre baterías de ácido-plomo en automoción e industrial, proporciona costos de importaciones y exportaciones de BAPs y BAPUs, puede correlacionar el consumo de BAPs con la generación de BAPUs, incluye todas las categorías de productos y flujos de residuos de BAPs. Desventajas: Los datos publicados suelen tener un retraso de 2 años y la correlación entre las importaciones y exportaciones nunca son 100 %	Datos de importación y exportación de los códigos arancelarios del país de interés necesarios para el balance de masa de las baterías de ácido plomo y el plomo como metal pesado.

Nombre	Fuente	Descripción	Uso
		precisas. Los datos reflejan lo reportado por las aduanas.	
International Trade Center ITC	Base de datos ITC	Esta base de datos contiene valores de importación, exportación, volúmenes, cuotas de mercado, entre otros; y proporciona en forma de tablas, gráficos y mapas, indicadores de desempeño con datos comerciales anuales para el desarrollo internacional de las empresas. Ventajas: Es versátil y proporciona gráficas de los datos. Desventajas: Aproxima los valores por debajo de mil, solo tiene datos disponibles desde el año 2019.	Validación de datos de importación y exportación de los códigos arancelarios del país de interés necesarios para el balance de masa de las baterías de ácido plomo y el plomo como metal pesado.
The Inventory of Carbon and Energy	Base de datos ICE	Base de datos de carbono incorporado para materiales de construcción. Contiene datos de más de 200 materiales, desglosados en más de 30 categorías principales de materiales dentro de los cuales se encuentra el plomo como metal. Ventajas: Provee artículos y estudios actualizados para contextualizar la problemática ambiental a causa de metales pesados como el plomo. Desventajas: No posee información detallada acerca de datos de importación y exportación entre diversos países del mundo.	Validación de datos de importación y exportación de los códigos arancelarios del país de interés necesarios para el balance de masa de las baterías de ácido plomo y el plomo como metal pesado.
International Lead and Zinc Study Group	Base de datos ILZSG	Proporciona información de plantas (de reciclaje y refinación) y minas de plomo y zinc que se encuentran en operación; proyectos de implementación de plantas de plomo o zinc; y próximas aperturas o clausura de plantas de estos metales. Cubre 128 países. Se requiere de credenciales para ingresar a la base de datos. Ventajas: Permite obtener información de las empresas que registradas en la plataforma. Desventajas: No discrimina entre plantas de refinación y plantas de reciclaje de plomo. Cuenta con información muy limitada relacionada con el comercio de plomo, sus residuos y productos.	Datos de producción de plomo para tener en cuenta la variable dentro de las entradas del balance.
British Geological Survey – Minerals UK – Centre for sustainable mineral development	Base de datos de BGS	Base de datos de estadísticas minerales mundiales, cuenta con estadísticas de producción y comercio de una amplia gama de productos minerales desde 1913. Posee estadísticas mineras mundiales para los años 1970 a 2020.	Datos de plomo sin refinar obtenido como mineral en bruto para usar como una de las variables de

Nombre	Fuente	Descripción	Uso
		<p>Ventajas: Fuente reconocida y sustentada por artículos académicos de interés público.</p> <p>Desventajas: La información disponible está actualizada hasta el año 2020.</p>	entrada en el balance de masa.

Cuadro de elaboración propia

Respecto de la información suministrada por las fuentes internacionales descritas en la **Tabla 1**, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se desconoce la existencia de un análisis adicional y, por lo tanto, refleja lo encontrado en la base de datos.
- Se asume que la información de cada ítem fue reportada de manera correcta en su respectivo código arancelario.

La información de las bases de datos COMTRADE e ITC hacen referencia a los códigos arancelarios estandarizados globalmente (conocidos como códigos armonizados) que permiten identificar los productos en cualquier lugar del mundo.

Para poder entender e interpretar mejor la información de cada país, es necesario conocer las importaciones y exportaciones de productos y residuos que contengan plomo.

En la **Tabla 2** se muestran los códigos arancelarios requeridos para ser incluidos en el balance de masa.

Tabla 2. Códigos arancelarios relacionados con el plomo

Código	Producto	Descripción	Asunciones
260700	Minerales y concentrados de plomo	Plomo sin refinar obtenido del material extraído de las minas. Su uso se resume en la fabricación de tuberías y conductos, recubrimiento de cables y esporádicamente para municiones de armas militares.	El mineral de plomo sólo contiene este elemento, y es usado en su totalidad para la fabricación de baterías de ácido plomo.
780110	Plomo en bruto, refinado	Plomo en sus diferentes grados de pureza, desde el plomo impuro y el argentífero, hasta el electrolítico refinado, en masas, bloques, lingotes, galápagos, placas, planes, varillas, etc.; estos productos intermedios son posteriormente laminados, extruidos, refundidos. (ACAVIR, 2022)	El plomo refinado se usa en su totalidad para la fabricación de baterías de ácido plomo.
780191	Plomo en bruto, sin refinar, que contenga antimonio	El antimonio en aleación con el plomo es usado para ciertas piezas de los acumuladores eléctricos para las cuales la resistencia a la corrosión es necesaria. (CAS Instrumental, 2022)	Se asume un porcentaje de antimonio de 10% y 90% de plomo.
780199	Plomo en bruto, sin refinar, que no contenga antimonio	Las aleaciones de plomo comprendidas aquí son principalmente plomo-estaño-antimonio, que pueden contener hasta el 20% de estaño	El plomo sin refinar es una de las entradas al sistema.

Código	Producto	Descripción	Asunciones
	en peso como otro elemento principal	y 10% de antimonio, que se utilizan como aleaciones antifricción; las aleaciones plomo-estaño son usadas para soldar y las aleaciones plomo-arsénico facilitan la obtención de la forma esférica de los perdigones. (ACAVIR, 2022)	
780200	Plomo, residuos y chatarras	Residuos de la fabricación o el mecanizado de la fundición de metales, por ejemplo, las torneaduras, limaduras, despuntes de lingotes, de palanquillas, de barras o de perfiles. (ACAVIR, 2022)	Los residuos y las chatarras son una de las entradas al sistema
850710	Acumuladores eléctricos; de plomo-ácido, del tipo utilizado para el arranque de motores de émbolo, incluidos los separadores, incluso rectangulares	Los acumuladores eléctricos o pilas secundarias se caracterizan por el hecho de que la acción electroquímica es reversible, de forma que el acumulador puede ser recargado. Se utilizan para acumular energía eléctrica y restituirla cuando se precisa. (ACAVIR, 2022)	Se considera que la batería de ácido plomo se compone en un 63% de plomo.
850720	Acumuladores eléctricos; de plomo-ácido, (excepto para el arranque de motores de émbolo), incluidos los separadores, incluso rectangulares	Los acumuladores eléctricos o pilas secundarias se caracterizan por el hecho de que la acción electroquímica es reversible, de forma que el acumulador puede ser recargado. Se utilizan para acumular energía eléctrica y restituirla cuando se precisa. (ACAVIR, 2022)	Se considera que la batería de ácido-plomo se compone en un 63% de plomo.
854810	Residuos y desechos de pilas, baterías y acumuladores eléctricos primarios; pilas primarias gastadas, baterías de primer uso y acumuladores eléctricos gastados	Aquí se incluyen los residuos y desechos de pilas, baterías de pilas o acumuladores eléctricos, así como, las pilas, baterías de pilas y acumuladores eléctricos inservibles. (ACAVIR, 2022)	Los residuos y desechos de baterías son netamente de ácido plomo.

Cuadro de *elaboración propia*

3.2. Balance de masa

Para completar adecuadamente el inventario de las baterías de ácido plomo (BAPs) de un país, es necesario entender el concepto de balance de masa.

Un balance de masa es una secuencia de cálculo que permite llevar la cuenta de todas las sustancias que intervienen en un proceso de transformación, satisfaciendo la ley de conservación de la masa, la cual establece que la materia no se crea ni se destruye, sino que se transforma. (Londoño, 2015)

Teniendo en cuenta lo anterior, el objeto de estudio es el flujo de plomo en un país determinado.

La **Figura 1** muestra el diagrama de flujo del plomo en un país de interés.



Figura 1. Diagrama de flujo del plomo en la fabricación de baterías de ácido plomo - BAPs.

La **Figura 1** muestra un diagrama simplificado correspondiente al balance global de plomo para un país determinado, sin entrar en detalle sobre los subprocesos que conlleva ya que el objetivo es generar la estandarización y réplica del estudio (de manera que sea comparable), apoyándose principalmente en los datos e información disponible.

A continuación, se explican las entradas y salidas correspondientes al balance de masa para baterías de ácido plomo - BAPs junto con una breve descripción de las razones para incluirlas en la hoja de cálculo.

El **Anexo 1** contiene las ecuaciones matemáticas y consideraciones a tener en cuenta para la estimación del consumo de plomo mediante el balance de masa.

3.2.1. Entradas

Todas las sustancias que ingresan en un proceso reciben el nombre de alimentación o entrada. En el caso del balance de masa de plomo en el país en estudio, se definen como entradas al proceso, las importaciones de plomo y baterías ácido plomo (BAPs), la producción nacional de baterías ácido plomo (BAPs), la minería (o generación de plomo primario) y la recuperación de plomo (plomo secundario).

Es importante mencionar, que cualquier información que pueda considerarse como entrada al sistema, debe ser revisada, analizada e incluida en el balance.

- **Importaciones**

Se tendrán en cuenta los códigos arancelarios especificados en la **Tabla 2**. Estos datos corresponden al ingreso de minerales de plomo refinados y sin refinar con y sin antimonio, además de las baterías de ácido plomo (BAPs), e importación de baterías ácido plomo usadas (BAPUs).

Por otro lado, se excluyen los vehículos importados (nuevos y usados) dentro del balance de masa, ya que esta información está ligada a varios códigos de aranceles que no presentan discriminación de los datos por tipo de vehículo, lo cual afectaría el análisis y podría resultar en una estimación errónea del consumo de plomo. Dicho lo anterior, se tendrá en cuenta el parque automotor (información nacional), donde estarán incluidos implícitamente los vehículos importados que están en circulación en el país.

Con respecto al código 780191, se asume que el 90% es plomo, y el 10% restante es antimonio; por otro lado, para los códigos arancelarios correspondientes al mineral de plomo, sea refinado o sin refinar (códigos: 260700, 780110, 780191, 780199 de la **Tabla 2**), se asume que el 100% de dicho material es utilizado en la fabricación de baterías de ácido plomo en el balance de masa; con respecto a los códigos arancelarios 850710, 850720 y 854810 (correspondientes a las baterías para automotores, uso industrial y residuos de las mismas) se deben multiplicar las masas importadas por 63%, ya que esta es la proporción de plomo asumida para realizar el balance de masa, tal como se especifica en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Composición porcentual de plomo en baterías de ácido plomo

Reactivo / material	Composición (%)
Plástico propileno	7 %
Agua y ácido sulfúrico de electrolito	23 %
Plomo en diferentes formas	63 %
Otros compuestos	7%

Fuente: (Álvarez, 2010)

La cantidad de plomo para la estimación de las importaciones son valores sugeridos, que podrían someterse a cambio en caso de ser requerido. No obstante, se debe argumentar su cambio, dado el caso, y replicar dicho cambio en caso de aplicar la plantilla en más de un país.

- **Generación**

Por generación de plomo se considerará al plomo en bruto sin refinar que se produce en las minas locales del país de análisis.

La información internacional se encuentra disponible principalmente en las bases de datos BGS y COMTRADE (**Tabla 1**).

- **Producción**

Para el apartado de producción y refinación de plomo (sobre plantas refinadoras y recicladoras) se puede consultar la base de datos internacional del ILZSG (**Tabla 1**).

En este punto, se aconseja como complemento consultar las bases de datos nacionales. Para el cálculo dentro del balance de masa se asume que el 100% de dicho material tratado se utiliza en la fabricación de baterías de ácido plomo (BAPs).

3.2.2. Salidas

Son todas las corrientes que emergen del proceso.

Se definen principalmente como salidas a las exportaciones de plomo y baterías de ácido plomo (BAPs), las baterías ácido plomo usadas (BAPUs) generadas por el parque automotor y las BAPUs dispuestas en vertederos o rellenos sanitarios.

- **Exportaciones**

Se tendrán en cuenta los códigos arancelarios especificados en la **Tabla 2**. Estos datos corresponden a la exportación de minerales de plomo refinados y sin refinar, además de las baterías de ácido plomo usadas (BAPUs) provenientes del parque automotor y la industria y la exportación de baterías ácido plomo. (BAPs)

Por otro lado, se excluyen los vehículos exportados (nuevos y usados) dentro del balance de masa, ya que esta información está ligada a varios códigos de aranceles que no presentan discriminación de los datos por tipo de vehículo, lo cual afectaría el análisis y podría resultar en una estimación errónea del consumo de plomo. Dicho lo anterior, se tendrá en cuenta el parque automotor, donde estarán incluidos implícitamente los vehículos importados que están en circulación en el país.

Con respecto al código 780191, se asume que el 90% es plomo, y el 10% restante es antimonio; por otro lado, para los códigos arancelarios correspondientes al mineral de plomo, sea refinado o sin refinar (códigos: 260700, 780110, 780191, 780199 de la **Tabla 2**), se asume que el 100% de dicho material fue utilizado en la fabricación de baterías de ácido plomo en el balance de masa; con respecto a los códigos arancelarios 850710, 850720 y 854810 (correspondientes a las baterías para automotores, uso industrial y residuos de las mismas) se deben multiplicar las masas importadas por 63%, ya que esta es la proporción de plomo asumida para realizar el balance de masa, tal como se especifica en la **Tabla 3**.

- **Parque automotor**

El parque automotor se compone de: automóviles, motos y vehículos comerciales (estos últimos incluyen, pero no se limitan a: vehículos de transporte de pasajeros (buses, microbuses), vehículos transporte de carga y vehículos OTR (a tracción, agrícolas y otros).

En relación al vehículo automotor del país de estudio se tendrá en cuenta las bases nacionales para incluirlas dentro del balance de plomo, ya que no se encontraron fuentes de información internacional con este dato. Por otro lado, no se tendrá en cuenta la importación y exportación de vehículos porque generaría duplicidad en la información.

- **Disposición final**

No se identifican bases de datos internacionales que entreguen esta información, por lo cual se debe recurrir a bases de datos nacionales.

3.3. Cálculo de balance de masa

En el cálculo de balance de masa se incluyen todas las variables mencionadas en las secciones 3.2.1 **Entradas** y 3.2.2 **Salidas** para estimar el consumo de plomo por año en un país dado.

$$\text{Consumo de plomo en el país} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

O, dicho de otra manera:

Consumo de plomo país

$$= \text{importaciones} + \text{generación} + \text{producción} - \text{exportaciones} \\ - \text{parque automotor} - \text{disposición final}$$

Se establece así el consumo de plomo en el país en estudio, con lo cual se puede observar en qué parte del proceso existe una mayor carga, si en las importaciones o las exportaciones, lo cual ayudará a apoyar el proceso de toma de decisiones.

4. Planilla de cálculo para la carga de información para completar el balance de masa

La planilla de cálculo contiene dos secciones: una para ingresar datos y otra de resultados, con campos para analizar datos desde el año 2017 hasta el año 2025. Esto, con el fin de brindar una herramienta que se pueda utilizar los próximos años, y se pueda replicar con el tiempo.

A continuación, se muestra el paso a paso para el llenado de la planilla y la interpretación de los resultados.

4.1.1. Sección de ingreso de datos

Al abrir la planilla de cálculo que se anexa el usuario encontrará las siguientes tablas:

En la **Tabla 4** se ingresan los datos de importaciones por cada código arancelario. Para esto se pueden utilizar las bases de datos internacionales de COMTRADE o el ITC, disponibles en la **Tabla 1**.

Tabla 4. Importación de productos por código arancelario

CÓDIGO ARANCELARIO	PRODUCTO	RECURSO	IMPORTACIONES (COMTRADE)								
			CANTIDAD kg 2017	VALOR USD \$ 2017	CANTIDAD kg 2018	VALOR USD \$ 2018	CANTIDAD kg 2019	VALOR USD \$ 2019	CANTIDAD kg 2020	VALOR USD \$ 2020	CANTIDAD kg 2021
260700	Minerales y concentrados de plomo	Mundo									
780110	Plomo en bruto, refinado	Mundo									
780191	Plomo sin refinar con antimonio	Mundo									
780199	Plomo sin refinar sin antimonio	Mundo									
780200	Desperdicios y desechos de plomo	Mundo									
850710	Baterías para vehículos	Mundo									
850720	Baterías para uso industrial	Mundo									
854810	Desechos de baterías	Mundo									

Luego se completan los datos de exportación de los códigos dispuestos en la **Tabla 4** teniendo en cuenta las bases de datos de la **Tabla 1**.

Tabla 5. Exportación de productos por código arancelario

CÓDIGO ARANCELARIO	PRODUCTO	RECURSO	EXPORTACIONES (COMTRADE)								
			CANTIDAD kg 2017	VALOR USD \$ 2017	CANTIDAD kg 2018	VALOR USD \$ 2018	CANTIDAD kg 2019	VALOR USD \$ 2019	CANTIDAD kg 2020	VALOR USD \$ 2020	CANTIDAD kg 2021
260700	Minerales y concentrados de plomo	Mundo									
780110	Plomo en bruto, refinado	Mundo									
780191	Plomo sin refinar con antimonio	Mundo									
780199	Plomo sin refinar sin antimonio	Mundo									
780200	Desperdicios y desechos de plomo	Mundo									
850710	Baterías para vehículos	Mundo									
850720	Baterías para uso industrial	Mundo									
854810	Desechos de baterías	Mundo									

Para completar la **Tabla 4** y **Tabla 5** se requiere solamente el total exportado o importado del producto y no los datos específicos por país.

Posteriormente, se debe completar la **Tabla 6** correspondiente a las plantas de refinación y reciclaje de plomo que operan a nivel nacional. Esta información se puede encontrar en la base de datos internacional del ILZSG, disponible en la **Tabla 1**, o en información recabada dentro del país que se está analizando. Al respecto, se sugiere consultar las bases de datos nacionales por ser más fidedignas.

Tabla 6. Plantas refinadoras y recicladoras de plomo

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE PLOMO (ILZSG)					
Compañía	Localización	Tipo de fundición	Tipo de proceso	Capacidad instalada (t)	Página web o contacto

Es importante mencionar, que para llenar la columna “Tipo de fundición”, se debe tener en cuenta que existen dos opciones de fundición: primaria, relacionada con la producción primaria de plomo y la secundaria, relacionada con la recuperación de residuos de plomo provenientes de la chatarra, baterías, entre otros. Además, existen dos tipos de procesos: la reverberación rotativa y el pequeño horno rotativo.

Posteriormente, se debe ingresar la información de los vehículos registrados en el país asociados al parque automotor, teniendo en cuenta las bases de datos nacionales (ver **Tabla 7**). Ejemplo:

Tabla 7. Vehículos registrados en el país

Vehículos registrados en el País (unidades)				FUENTE
	Automóvil	Vehículo comercial	Motocicleta	
2017				
2018				
2019				
2020				
2021				

Es importante mencionar, que las bases de datos de los parques automotrices de los países son muy diversas, ya que algunas tienen la información muy agregada y otras muy segregadas y diferenciadas por cada tipo de vehículo. Para el cálculo de este ítem, se considera lo siguiente:

- **Automóvil:** incluye automóviles livianos nuevos o usados
- **Vehículo comercial:** incluye vehículos de transporte de pasajeros (buses, microbuses), vehículos transporte de carga y vehículos OTR (a tracción, agrícolas y otros)
- **Motocicleta:** incluye todo tipo de motocicletas

Respecto a la estimación del plomo producido por minería a nivel nacional (ver **Tabla 8**), la planilla se debe llenar con información de bases de datos especificadas en **Tabla 1**, así como con bases de datos nacionales disponibles.

Tabla 8. Plomo producido por minería a nivel nacional

Plomo producido en minas en el País (BGS)					
	2017	2018	2019	2020	2021
Toneladas de plomo producido en minas (t)					

Es importante mencionar, que, si en las bases de datos internacional estudiadas no existe información sobre el plomo producido para un año específico, se debe colocar un “0” en el casillero, aunque esto pueda afectar levemente el resultado del balance.

Por último, la planilla de cálculo solicita datos de disposición final (**Tabla 9**) que se encuentran en las bases de datos nacionales.

Tabla 9. Disposición final de plomo en el país

Disposición final de plomo en el País					
Plomo dispuesto en el país (t)	2017	2018	2019	2020	2021

En caso de no contar con la información requerida en alguno de los puntos anteriores se deja un valor de “0” y se hace la anotación al final de la plantilla.

4.2. Sección de resultados

En esta sección, se generan 2 tablas similares a la **Tabla 4** y **Tabla 5**, la diferencia es que se hace una conversión de unidades en el peso de los bienes importados o exportados, ya que COMTRADE (base de datos utilizadas para importaciones y exportaciones) entrega los datos originalmente en kilogramos, y se requiere en toneladas.

NOTA: Se debe tener presente las unidades de los resultados en una base de datos distinta a COMTRADE, ya que la plantilla de Excel solicita la información en kilogramos y dólares; pero bases de datos como el ITC brindan los resultados en toneladas y miles de dólares.

En base a estas tablas se genera la **Tabla 10**, que posee valores en toneladas pero se suprime la parte monetaria de los aranceles porque se requiere solamente el peso de los bienes por lo cual se debe hacer un arreglo en los datos teniendo en cuenta la suposición explicada en la sección 3.2.1 **Entradas**, en el apartado de importaciones, según los datos de la **Tabla 3**, donde se multiplica el peso de los bienes por un 0,63, ya que los bienes corresponden a baterías, y se requiere solamente el peso del plomo.

Tabla 10. Arreglo de datos de COMTRADE

IMPORTACIONES (COMTRADE)					
Año	Minerales y concentrados de plomo (260700)		Año	Plomo en bruto, refinado (780110)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0
Año	Plomo sin refinar con antimonio (780191)		Año	Plomo sin refinar sin antimonio (780199)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0
Año	Desperdicios y desechos de plomo (780200)		Año	Baterías para vehículos (850710)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0
Año	Baterías para uso industrial (850720)		Año	Desechos de baterías (854810)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0

EXPORTACIONES (COMTRADE)					
Año	Minerales y concentrados de plomo (260700)		Año	Plomo en bruto, refinado (780110)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0
Año	Plomo sin refinar con antimonio (780191)		Año	Plomo sin refinar sin antimonio (780199)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0
Año	Desperdicios y desechos de plomo (780200)		Año	Baterías para vehículos (850710)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0
Año	Baterías para uso industrial (850720)		Año	Desechos de baterías (854810)	
	Peso (t)	Valor (USD)		Peso (t)	Valor (USD)
2017	0.0	0	2017	0.0	0
2018	0.0	0	2018	0.0	0
2019	0.0	0	2019	0.0	0
2020	0.0	0	2020	0.0	0
2021	0.0	0	2021	0.0	0
2022	0.0	0	2022	0.0	0
2023	0.0	0	2023	0.0	0
2024	0.0	0	2024	0.0	0
2025	0.0	0	2025	0.0	0

Posterior a ello, y una vez completada la **sección 4.1**, se generan gráficas de los aranceles, por cantidades, y por valor comercial, tal como se observa en la **Figura 2**. Estas gráficas y valores obtenidos, facilitan la interpretación de los resultados obtenidos.



Figura 2. Comparación de importación y exportación por códigos de aranceles

Cabe aclarar que los ejemplos de la **Figura 2** corresponden solamente a un código de arancel. Es decir, en total se generan 16 gráficas, donde cada par corresponde a un código de la **Tabla 2**.

Posterior a ello, con los datos de la **Tabla 7** se genera la **Tabla 11**, la cual calcula el plomo generado por el parque automotor por año.

Tabla 11. Plomo usado de parque automotor

Plomo activo en parque automotor (t)				
Año	Plomo en automóviles (t)	Plomo en vehículos comerciales (t)	Plomo en motocicletas (t)	Total (t)
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0

A su vez, se genera la **Figura 3**, la cual muestra el número de vehículos registrados en el país, clasificado por categoría; y la **Figura 4**, la cual muestra la cantidad de plomo generado en el parque automotor por año.

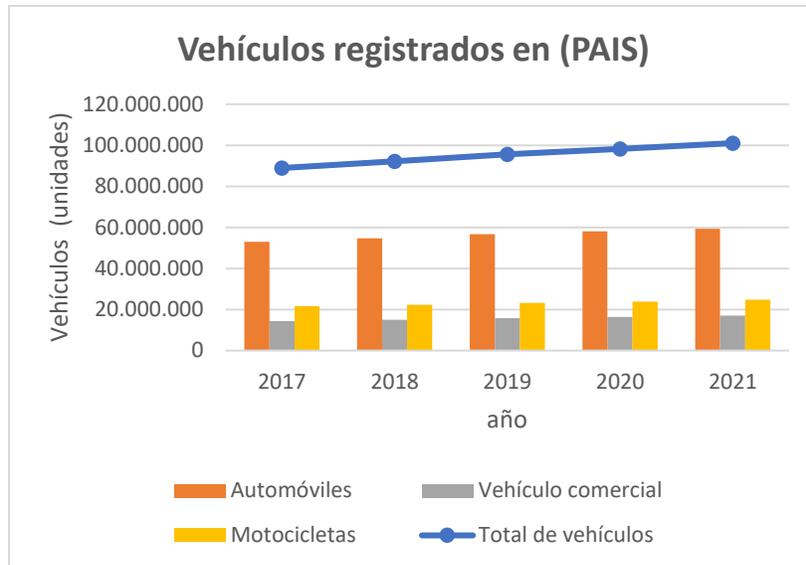


Figura 3. Vehículos registrados por año

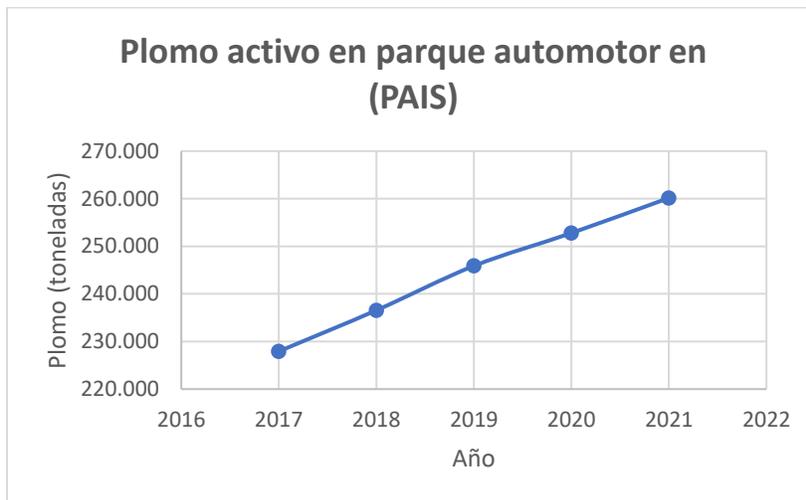


Figura 4. Plomo generado en parque automotor

La **Figura 4** muestra los resultados de la **Tabla 11**, pero permite visualizar la tendencia con la que se comporta el flujo de plomo en el parque automotor.

Por último, se genera la **Tabla 12**, la cual muestra el resultado del balance de masa, donde se suman las entradas y se restan las salidas al proceso, de acuerdo con el capítulo 3.2 **Balance de masa**.

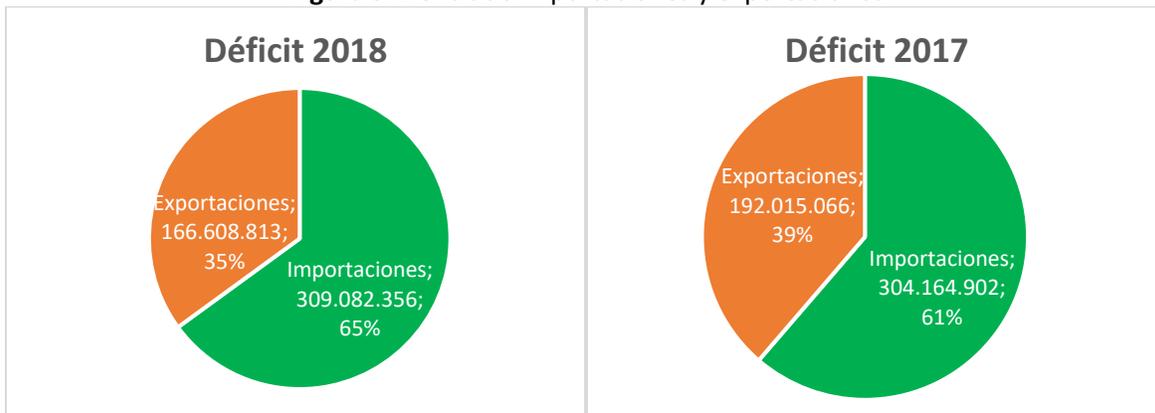
Tabla 12. Consumo de plomo en el país

Aspecto	Consumo de plomo en (PAIS)								
	Cantidad (t) 2017	Cantidad (t) 2018	Cantidad (t) 2019	Cantidad (t) 2020	Cantidad (t) 2021	Cantidad (t) 2022	Cantidad (t) 2023	Cantidad (t) 2024	Cantidad (t) 2025
Producción nacional de baterías	305,000	305,000	305,000	305,000	305,000	0	0	0	0
Plomo importado	70,640	68,958	55,876	51,414	83,951	0	0	0	0
Generación de plomo	6,157	7,277	6,000	5,400	0	0	0	0	0
Plomo en baterías de vehículos importadas	6,001.1	5,122.9	5,531.9	636.0	4,525.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Plomo en baterías de uso industrial importadas	15,867.3	16,532.7	4,361.1	13,584.9	16,912.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Parque Automotor	-227,932	-236,555	-245,880	-252,786	-260,150	0	0	0	0
Plomo exportado	-37,514.2	-31,768.7	-22,991.1	-31,054.8	-21,241.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición final	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plomo en baterías de vehículos exportadas	-25,728.0	-24,715.9	-1,069.7	-27,488.0	-38,104.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Plomo en baterías de uso industrial exportadas	-1,025.7	-1,179.2	-1,284.7	-46.4	-1,312.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Exportación de desechos de plomo	-13.5	-77.7	-59.8	-64.0	-32.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Consumo total nacional	111,452	108,594	105,484	64,596	89,548	0	0	0	0

4.3. Resultados complementarios

Adicional al balance de masa, se realizan gráficas por año, las cuales muestran la diferencia entre las importaciones y exportaciones en plomo, con lo cual se busca determinar si el país es mayormente productor de baterías de plomo, o consumidor. A continuación, se presenta un ejemplo de las gráficas:

Figura 5. Déficit de importaciones y exportaciones



Finalmente, se genera la **Tabla 14**, la cual muestra el producto más consumido y más exportado por cada año.

Tabla 14. Bien o producto más importado y exportado por año

2017	Item	Cantidad (t)
Importe	Plomo en bruto, refinado	62,260.9
Exporte	Baterías para vehículos	40,838.1
2018	Item	Cantidad (t)
Importe	Plomo en bruto, refinado	57,768.0
Exporte	Baterías para vehículos	39,231.6
2019	Item	Cantidad (t)
Importe	Plomo en bruto, refinado	47,281.4
Exporte	Minerales y concentrados de plomo	13,344.6
2020	Item	Cantidad (t)
Importe	Plomo en bruto, refinado	43,780.9
Exporte	Baterías para vehículos	43,631.7
2021	Item	Cantidad (t)
Importe	Plomo en bruto, refinado	73,452.2
Exporte	Baterías para vehículos	60,482.6
2022	Item	Cantidad (t)
Importe	#N/D	0.0
Exporte	#N/D	0.0
2023	Item	Cantidad (t)
Importe	#N/D	0.0
Exporte	#N/D	0.0
2024	Item	Cantidad (t)
Importe	#N/D	0.0
Exporte	#N/D	0.0
2025	Item	Cantidad (t)
Importe	#N/D	0.0
Exporte	#N/D	0.0

4.4. Consideraciones finales

Si bien no es obligatorio consignar la información de todos los años, las estimaciones obtenidas dependen de la disponibilidad de datos y la profundidad del estudio comparativo que se desea realizar. Se recomienda completar la información hasta el año anterior en que se está completando la "Planilla de cálculo" para identificar potenciales cambios asociados a circunstancias externas e internas vividas a nivel local o global.

Se pueden presentar vacíos de información en fuentes secundarias internacionales que pueden ser completadas (o comparadas) con la información proveniente de las fuentes nacionales. En caso de encontrarse vacíos de información en las fuentes nacionales, esta herramienta orienta a concientizar sobre la necesidad de fortalecer el sistema de recolección, registro y acceso a la información.

Tomando en consideración la situación creada por la pandemia por COVID, se puede considerar información desde el año 2017 para ver el comportamiento de los cambios y entender con mayor precisión respecto de cómo afectó esta situación al flujo de plomo.

En caso de no contar con la información, no se debe replicar la de otro año ya que podría distorsionar los resultados obtenidos.

5. Bibliografía consultada

ACAVIR. (04 de 07 de 2022). *7801 PLOMO EN BRUTO*. Obtenido de <https://www.acavir.com/notas-explicativas-sistema-armonizado/metales-comunes-y-manufacturas-de-estos-metales/plomo-y-sus-manufacturas/plomo-en-bruto/>

Álvarez, C. (14 de 07 de 2010). *El país*. Obtenido de [https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/el-plomo-de-una-bateria-de-coche.html#:~:text=Este%20tipo%20de%20baterías%20se,en%20diferentes%20formas%20\(63%25\).](https://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/el-plomo-de-una-bateria-de-coche.html#:~:text=Este%20tipo%20de%20baterías%20se,en%20diferentes%20formas%20(63%25).)

CAS Instrumental. (2022). *Industria del plomo (y baterías): Pb puro y aleaciones*. Obtenido de <https://www.cas-instrumental.com.ar/industria-del-plomo-y-baterias-pb-puro-y-aleaciones/>

Londoño, R. (2015). *Balances de masa y energía*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

6. Anexos

Anexo 1. Ecuaciones y consideraciones para la plantilla de cálculo

BALANCE DE MASA GLOBAL

En el cálculo de balance de masa se incluyen entradas y salidas, con el fin de estimar el consumo de plomo por año en un país dado.

$$\text{Consumo de plomo en el país} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

O, dicho de otra manera:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de plomo país} \\ = & \text{importaciones} + \text{generación} + \text{producción} - \text{exportaciones} \\ & - \text{parque automotor} - \text{disposición final} \end{aligned}$$

No obstante, a partir de esta ecuación se debe hacer arreglos en la información para que pueda entrar en el cálculo de las variables.

Consideraciones:

- Importaciones y exportaciones

Tabla 13. Suposiciones de importaciones y exportaciones en el balance de masa

Código	Producto	Asunciones
260700	Minerales y concentrados de plomo	El 100% del mineral de plomo se usa en fabricación de baterías de ácido – plomo (BAP)
780110	Plomo en bruto, refinado	El 100% del plomo refinado se usa en fabricación de baterías de ácido – plomo (BAP)
780191	Plomo en bruto, sin refinar, que contenga antimonio	El plomo con antimonio contiene 10% de antimonio y 90% de plomo. De este último, todo se usa para fabricación de baterías de ácido – plomo (BAP)
780199	Plomo en bruto, sin refinar, que no contenga antimonio en peso como otro elemento principal	El plomo sin antimonio se compone 100% de plomo que se usa para la fabricación de baterías de ácido - plomo (BAP)
780200	Plomo, residuos y chatarras	El 100% de los residuos de plomo provienen de baterías de ácido – plomo (BAP)
850710	Acumuladores eléctricos; de plomo-ácido, del tipo utilizado para el arranque de motores de émbolo, incluidos los separadores, incluso rectangulares	La batería de ácido plomo se compone en un 63% de plomo.
850720	Acumuladores eléctricos; de plomo-ácido, (excepto para el arranque de motores de émbolo), incluidos los separadores, incluso rectangulares	La batería de ácido-plomo se compone en un 63% de plomo.
854810	Residuos y desechos de pilas, baterías y acumuladores eléctricos primarios; pilas primarias gastadas, baterías de primer uso y acumuladores eléctricos gastados	El 100% de los residuos de plomo provienen de baterías de ácido – plomo (BAP)

Fuente: elaboración propia.

Las anteriores suposiciones permiten determinar si se usa el valor declarado por cada país o si se debe multiplicar por un porcentaje, el cual se encuentra en la columna de suposiciones en la **Tabla 5**.

- **Generación**

La generación de plomo corresponde al mineral extraído de las minas de cada país. Para esta sección se dispone la [Base de datos de BGS](#), la cual cuenta con estadísticas mundiales de producción y comercio desde 1970 hasta 2020. No obstante, se puede consultar otras fuentes. Es importante mencionar que para esta sección se supone que el 100% del plomo producido por año se destina para la fabricación de baterías de ácido – plomo (BAP), por lo que no se debe multiplicar por ningún factor.

- **Producción**

La producción de plomo corresponde a las plantas refinadoras y recicladoras de desechos de plomo, para lo cual se dispone la [Base de datos ILZSG](#), la cual cuenta con información sobre producción de plomo puro en diferentes países. Para esta sección se suman las capacidades instaladas de cada planta por país y se asume que esta producción se mantiene constante en el tiempo, además de asumir que todo el plomo producido se consume para la fabricación de baterías de ácido – plomo (BAP).

- **Parque automotor**

En el apartado de parque automotor se incluyen los vehículos que contienen baterías de ácido – plomo (BAP), dentro de los cuales se encuentran: automóviles, vehículos comerciales (buses, microbuses, camionetas, tractores) y motocicletas. Esta información suele encontrarse principalmente en fuentes de datos nacionales.

Teniendo en cuenta el número de vehículos por categoría, se debe aplicar la siguiente fórmula.

$$Tp = \frac{V * Bw (kg) * Pb(\%)}{Lb (años)} * \left(\frac{1 t}{1000kg} \right)$$

$$\begin{aligned} & \text{plomo generado en parque automotor} \\ &= \frac{N. de vehículos * Peso de batería (kg) * \% de plomo en batería}{Vida útil de la batería (años)} \\ & * \frac{1 t}{1000kg} \end{aligned}$$

Donde:

Tp: plomo generado en el parque automotor (t)

V: número de vehículos (unidades)

Bw: peso de la batería de ácido-plomo (kg)

Lb: tiempo de vida útil de la batería (años)

Como complemento, en la **Tabla** se disponen unos valores sugeridos para incluirlos en la fórmula. No obstante, pueden cambiarse, siempre y cuando se cuente con referencias confiables y se usen consistentemente dichos valores a la hora de comparar dos países.

Tabla 14. Consideraciones del parque automotor

	Peso de la batería		
	Libras	Kilogramos	Fuente
Automóvil	39	17.69	Peso de baterías ácido-plomo
Vehículo comercial	53	24.04	
Motocicleta	9.5	4.31	
	Vida útil		
	años	Fuente	
Automóvil	4	Vida útil de las baterías de automóvil y vehículo comercial	
Vehículo comercial	3		
Motocicleta	4	Vida útil de la batería de motocicleta	

- ***Disposición final***

Corresponde a información encontrada en fuentes de datos nacionales donde se reporte la cantidad de residuos de plomo en el país. Se asume que todos los residuos provienen de baterías de ácido – plomo (BAP).