



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL**

**EXAMEN DE LA INFORMACIÓN**

**“MODIFICACIÓN DE METODOLOGÍA DE BALANCES DE MASA DE ARSÉNICO Y AZUFRE”**

**UNIDAD FISCALIZABLE: CODELCO CHUQUICAMATA**

**DFZ-2025-16-II-NE**

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F.	
Elaborado	Elizabeth Salinas D.	



## Tabla de Contenidos

<i>Tema</i>	<i>Página</i>
1. RESUMEN .....	3
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO, INSTALACIÓN, ACTIVIDAD O FUENTE FISCALIZADA. ....	4
3. INSTRUMENTO DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADO. ....	5
4. ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN. ....	5
4.2 Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental .....	5
4.3 Documentos Revisados .....	6
5. HECHOS CONSTATADOS. ....	7
5 CONCLUSIONES. ....	18
6 ANEXOS.....	19



## 1. RESUMEN.

El presente documento da cuenta de los resultados del examen de información efectuado por la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “Superintendencia” o “SMA”) a la unidad fiscalizable “Fundición Chuquicamata”, perteneciente a la Corporación Nacional del Cobre (en adelante “titular” o “Codelco”), en el marco del cumplimiento del artículo 12° del D.S. N°28/2013, del Ministerio de Medio Ambiente, que establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico. Dicho artículo establece que, para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y arsénico (As), así como el porcentaje de captura y fijación de azufre (S) y de arsénico (As), las fuentes emisoras nuevas y existentes deberán presentar a la SMA, para su aprobación, las metodologías específicas conforme a las cuales se realizarán los balances de masa mensuales para azufre y arsénico. Asimismo, señala que la SMA establecerá los protocolos para implementar dichos balances de masa. Considerando lo anterior, esta Superintendencia aprobó, mediante la Resolución Exenta N°694 del 21 de agosto de 2015, el protocolo para validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras, según lo dispuesto D.S. N°28/2013 MMA.

En este contexto, a través de la Resolución Exenta N°1205 del 23 de diciembre de 2015, la SMA aprobó la metodología de balances de masa de arsénico (As) y azufre (S) de la Fundición Chuquicamata presentada por Codelco. Cabe señalar que la última actualización de dicha metodología fue aprobada mediante la Resolución Exenta N°1691 del 29 de septiembre de 2022.

Con el fin de efectuar mejoras en la metodología de balances de masa de As y S, mediante modificaciones o incorporaciones relativas con la información del titular, muestreo y análisis químico, Codelco presentó a la SMA, mediante la carta GSDN N°568/2024, una propuesta de actualización a la metodología, entregando el documento *“Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata”*. De acuerdo con la revisión de los antecedentes, la SMA identificó observaciones en las modificaciones propuestas para el flujo de salida, efluente limpieza de gases y el flujo de ánodos. Por lo tanto, efectuó un requerimiento de información a través de la Resolución Exenta N° 163/2025 SMA, con el objetivo de aclarar las observaciones sobre las modificaciones propuestas para dichos flujos.

Posteriormente, el titular mediante la carta GMA-011/2025, presentó antecedentes que justifican las modificaciones o incorporaciones realizadas al documento de la metodología de balances de masa, junto con el documento denominado *“Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata. Febrero 2025”* y anexos asociados.

Cabe mencionar que las modificaciones se relacionan con los siguientes ítems de la metodología: i) Titular: actualización de los antecedentes del representante legal de la unidad fiscalizable; ii) Muestreo: incorporación de la Romana 5 como punto de pesaje adicional para el flujo circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje), el muestro de concentrado sólo se realizará de forma manual, actualización de los parámetros de densidad y concentración para el flujo ácido sulfúrico, modificación del método para determinar la masa de ánodos, modificación de la densidad y el lugar de la toma de muestra manual para el efluente de limpieza de gases, y finalmente modificación de los procedimientos de muestreos asociados al flujo de efluente de la planta de ácido y al flujo de calcina; iii) Análisis químico: en caso de no disponer información de los análisis químicos de los efluentes remanentes hacia la planta de tratamiento de arsénico (ATP), debido a detenciones programadas o no programadas, se utilizará como criterio de sustitución de datos el promedio ponderado de los 3 últimos días disponibles. Además, se ajustaron los valores del porcentaje del límite de detección de arsénico (As) y azufre (S) para el flujo de entrada de concentrado. De la misma manera, se corrigió el margen de error del parámetro As en los flujos de Fundente HF, Fundente CT2 y Fundente CPS.

A partir de la revisión del documento denominado *“Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata. Febrero 2025”* presentado mediante la carta GMA-011/2025, es posible concluir que la modificación de la metodología se ajusta a los requerimientos establecidos en el protocolo de validación de metodologías de balances de masa de arsénico y azufre, por lo tanto, corresponde su aprobación.



## 2. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO, INSTALACIÓN, ACTIVIDAD O FUENTE FISCALIZADA.

### 2.1. Antecedentes Generales

<b>Identificación de la Unidad Fiscalizable:</b> Codelco Chuquicamata	
<b>Región:</b> II Región de Antofagasta	<b>Ubicación de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:</b>
<b>Provincia:</b> El Loa	El proyecto se localiza en las instalaciones industriales de Chuquicamata, sector Fundición, la que se ubica en la Ciudad de Chuquicamata, Comuna de Calama, Provincia del Loa, II Región.
<b>Comuna:</b> Calama	
<b>Titular de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:</b>  Codelco	<b>RUT o RUN:</b>  61.704.000-K
<b>Domicilio Titular:</b>  Huérfanos 1270, piso 5, Gerencia de Medio Ambiente y Comunidad, Santiago.	<b>Correo electrónico:</b>  hriva002@codelco.cl
	<b>Teléfono:</b>  +56 9 97899568
<b>Identificación del Representante Legal:</b>  Humberto Rivas Guzmán	<b>RUT o RUN:</b>  14.118.493-8
<b>Domicilio Representante Legal:</b>  Huérfanos N° 1270, Vicepresidencia de Asuntos Corporativos y Sustentabilidad	<b>Correo electrónico:</b>  hriva002@codelco.cl
	<b>Teléfono:</b>  +56 2 26903945



### 3. INSTRUMENTO DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADO.

Identificación de Instrumentos de Carácter Ambiental fiscalizados.					
Nº	Tipo de instrumento	Nº/ Descripción	Fecha	Comisión/ Institución	Título
1	Norma de Emisión	D.S. N° 28/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la "Norma de Emisión Para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico"	30-07-2013	Ministerio de Medio Ambiente	No aplica

### 4. ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN.

#### 4.1 Motivo de la Actividad de Fiscalización

Motivo		Descripción	
X	No programada		Denuncia
			Autodenuncia
		X	De Oficio
			Otro
Detalles: Aprobación de la metodología de balances de masa de arsénico (As) y Azufre (S) según Resolución Exenta N° 694 de 21 de agosto de 2015 de SMA, que aprueba protocolo para la validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo al D.S. 28 de 2013 MMA.			

#### 4.2 Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental

- Metodología de balances de masa de arsénico (As) y Azufre (S)



#### 4.3 Documentos Revisados

Nombre del documento revisado	Origen/ Fuente del documento	Observaciones
Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata y anexos asociados.	Carta GSDN N°568/2024, propuesta actualización metodología de balances de masa de arsénico y azufre de la fundición Chuquicamata.	Sin observaciones.
Informe Modificación Metodología balances As-S. Octubre 2024.	Carta GSDN N°568/2024, propuesta actualización metodología de balances de masa de arsénico y azufre de la fundición Chuquicamata.	Sin observaciones.
Informe Modificación Metodología balances As-S. Febrero 2025.	Carta GMA-011/2025, respuesta a Resolución Exenta N°163/2025 SMA.	Sin observaciones.
Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata y anexos asociados.	Carta GMA-011/2025, respuesta a Resolución Exenta N°163/2025 SMA.	Sin observaciones.



## 5. HECHOS CONSTATADOS.

Número de hecho constatado: 1

Exigencias:

**Art. N° 12 D.S. N° 28/2013 MMA:** "... Para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión de  $SO_2$  y de As y del porcentaje de captura y fijación de azufre y de As, las fuentes emisoras nuevas y existentes deberán presentar a la Superintendencia del Medio Ambiente, para su aprobación, las metodologías específicas conforme las cuales se realizarán los balances de masa mensuales para azufre y arsénico dentro del límite del sistema ..."

**Resolución Exenta N° 694 de 21 de agosto de 2015 de SMA,** que aprueba protocolo para la validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo al D.S. 28 de 2013 MMA.

**Resuelvo N° 2 Res. Ex. N°694/2015 SMA:** "La aplicación del presente protocolo será obligatorio para todas las fuentes emisoras afectas al cumplimiento del D.S. N° 28 de 2013, del MMA, que establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico".

Resultado (s) examen de Información:

Codelco, titular de la Fundición Chuquicamata, ingresó a la SMA, mediante la carta GSDN N° 568/2024, una propuesta de actualización de la metodología de balances de masa de arsénico (As) y azufre (S). El objetivo es modificar el documento de la metodología de balances de masa, aprobada mediante la Resolución Exenta N° 1691/2022 SMA, en base a las oportunidades de mejora identificadas en el proceso de auditoría externa anual exigida por el artículo 13 del D.S. N°28/2013 MMA (anexo 1). A continuación, se detallan las oportunidades de mejora levantadas por la ETCA Servicios Mineros Spa en la auditoría externa realizada en el año 2024.

1. **Flujo de entrada concentrado de cobre:** Eliminar el muestreo automático de concentrado y corregir la frecuencia de incrementos
2. **Planta de tratamiento de efluentes:** i) Determinar la densidad del efluente en el laboratorio Químico Central y utilizar ese valor promedio en los cálculos de masa. ii) Incorporar en la metodología de balance de masa de As y S que el muestreo del efluente será automático y/o manual. En este último caso la muestra se tomará a la salida de la piscina de almacenamiento, iii) Elaborar procedimiento que permita completar los resultados de análisis químicos, en aquellos días que no se realizó el muestreo del efluente, y iv) El supervisor de área debe revisar periódicamente el registro de muestras, corregir las desviaciones e instruir.
3. **Flujo de salida ácido sulfúrico:** i) Determinar la densidad del ácido producto en el laboratorio químico central y utilizar ese valor promedio en los cálculos de masa. ii) Incorporar en la metodología de balances de masa de As y S que la producción de ácido se cuantificará por flujómetro y/o por diferencia de nivel de los estanques de almacenamiento.
4. **Metodologías de Muestreo:** En protocolo técnico inter divisional muestreo de calcina, se debe unificar el número de incrementos descritos en los puntos 3.1 y 4.3.2 del Protocolo Técnico Inter divisional Calcinas DMH - DCH 2024.
5. **Flujo de salida, Ánodos:** Eliminar la grúa Gantry para la medición directa de flujo.

Del examen de información a los antecedentes presentados por el titular, es posible señalar lo siguiente:



El titular mediante el documento denominado “Informe Modificación Metodología Balances As-S, octubre 2024”, señaló las modificaciones realizadas a la metodología de balances de masa aprobada por la Superintendencia de Medio Ambiente mediante la Resolución Exenta N° 1691/2022. A través de la revisión de la propuesta metodológica y sus anexos, la SMA identificó observaciones en las modificaciones propuestas por Codelco para el efluente de la planta de tratamiento de arsénico (ATP) y flujo de ánodos. Debido a las observaciones identificadas esta Superintendencia realizó un requerimiento de información al titular mediante la Resolución Exenta N°163/2025 SMA (anexo 2), solicitando lo siguiente: i) Informe técnico que justifique y explique detalladamente las modificaciones realizadas al documento de la metodología de balances de masa que se encuentra aprobada mediante la Res. Ex. N°1691/2022 SMA, en base a lo observado en el considerando 12° de la resolución exenta N°163/2025 SMA, ii) Antecedentes del proyecto de inversión para implementar un sistema de pesaje para determinar la masa de los ánodos, iii) Presentación de una nueva metodología de balances de masa de Arsénico (As) y Azufre (S), junto con los procedimientos de muestreo y análisis químico correspondientes, en caso de que las observaciones señaladas en el considerando 12° de la Resolución Exenta N°163/2025 SMA generar cambios en los documentos ingresados mediante la carta GSDN N°568/2024 y iv) Memoria de cálculo que detalle los datos de las campañas realizadas para determinar la masa de pieza de ánodo, densidad del ácido producto y densidad del efluente de limpieza de gases (anexo 2).

Posteriormente, en respuesta a la Resolución Exenta N°163/2025 SMA, Codelco entregó la carta GMA-011/2025, ajustando las justificaciones técnicas de las modificaciones relacionadas con el flujo de salida “Efluentes Limpieza de Gases” (anexo 3).

A partir de la revisión de los antecedentes presentados por el titular, esta Superintendencia efectuó la verificación de la modificación de la metodología de balances de masa de arsénico y azufre. A continuación, se indican los antecedentes generales de la metodología de balances y las modificaciones realizadas por el titular al documento.

#### **A. Antecedentes generales metodología de balances de masa de arsénico y azufre.**

La fundición Chuquicamata opera desde el año 1952, su capacidad de fusión de concentrado y/o calcina proveniente de División Ministro Hales, es de 1.170.000 ton/año, donde sus productos principales son cobre anódico y ácido sulfúrico. La capacidad nominal de producción de ánodos de cobre de alta calidad es de 535.000 t/año, mientras que la producción de ácido esperada (al 100% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para las dos plantas de ácido (CAP 3 y CAP 4) es de 2.048 ton/día.

De acuerdo con la figura 2.1 del documento de la metodología el límite del sistema se ubica antes del secador. Dicho diagrama señala todos los procesos unitarios y flujos contemplados para conformar los balances de masa de As y S. A continuación, a modo de ejemplo se muestra el diagrama de flujo presentado por la Fundición Chuquicamata.



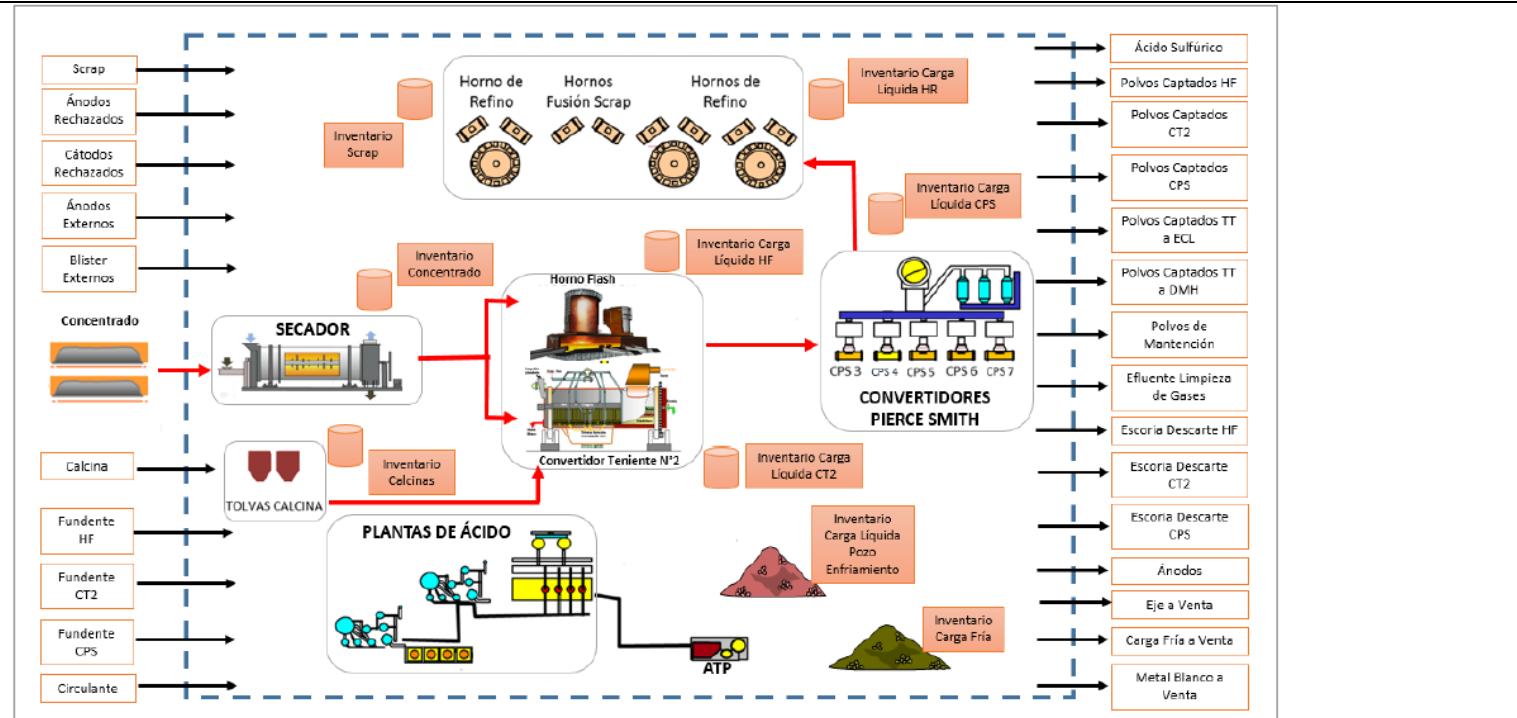


Figura 1: Diagrama de flujo Fundición Chuquicamata, identificación del sistema y límite.

Fuente: Metodología de balance metalúrgico de arsénico y azufre fundición Chuquicamata, Febrero 2025.

Los flujos de entrada, salida e intermedios (inventarios), que conforman los balances de masa de As y S de la fundición Chuquicamata, son los siguientes:

- **Flujos de entrada:** Concentrado, Calcina, Scrap, Ánodos Rechazados, Cátodos Rechazados, Ánodos Externos, Blíster Externo, Fundente HF, Fundente CT2 Fundente CPS y Circulante (BADEC A Stock, Escoria, Eje Y Metal Blanco).
- **Flujos Intermedios:** Inventario Concentrado, Inventario Calcina, Inventario Carga Fría, Inventario Scrap, Inventario Carga Líquida HF, Inventario Carga Líquida CT2, Inventario Carga Líquida CPS, Inventario Carga Líquida HR y Inventario Carga Pozo Enfriamiento.
- **Flujos de salida:** Ácido Sulfúrico (100%), Polvos Captados HF, Polvos Captados CT2, Polvos Captados CPS, Polvos Captados Tolva Tripartita A ECL, Polvos Captados Tolva Tripartita A DMH, Efluentes Limpieza De Gases, Escoria Descarte HF, Escoria Descarte CT2, Escoria Descarte CPS, Ánodos, Eje A Venta, Metal Blanco A Venta, Carga Fría A Venta y Polvo Mantención.



La Fundación Chuquicamata utiliza el balance metalúrgico de cobre para validar los balances de As y S. Los datos utilizados en los balances provienen de los sistemas de pesaje. La información está disponible a través del Sistema LIMS, en el cual se consolida la información de pesaje y concentraciones de los distintos elementos analizados en el laboratorio. Luego de efectuar la revisión de los datos, la información se alimenta al Sistema PI, donde se procesa mediante el software de ejecución de balances metalúrgicos Sigmafine, generando la reconciliación de datos.

Una vez consolidada la información de flujos e inventarios con sus respectivas leyes de As y S se procede a calcular la emisión para cada parámetro mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 1. } \text{Emisión Mensual} = \sum \text{Entrada} - \sum \text{Salidas} - (\text{Inventario final} - \text{Inventario inicial})$$

Y la emisión anual para cada parámetro, Arsénico y Azufre se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 2. } \text{Emisión Anual} = \sum \text{Entrada anual} - \sum \text{Salidas anual} - (\text{Inventario final} - \text{Inventario inicial}) - \sum \text{Material de Limpieza anual}$$

#### B. Modificaciones o incorporaciones a la metodología de balances de masa

Los ítems de la metodología de balances de masa que presentan modificaciones o incorporaciones corresponden a los siguientes contenidos: Información del titular, muestreo y análisis químico. Dichos ítems se indican según lo establecido en el protocolo de balances de la SMA aprobado mediante la Resolución Exenta N°694/2015 SMA:

- Modificación de la información del titular:

Nº	Observación Auditoría Externa	Requerimiento Protocolo de balances de masa	Ítem Metodología balances de masa	Descripción de modificación o incorporación	Justificación Técnica Titular
1	Actualizar la información del titular de la fuente, considerando el actual Gerente General de la División Chuquicamata.	5.1 Requerimientos Generales Tabla 2 Información del Titular	1.3 Titular Tabla 1.1. Información del titular de la fuente	Se modifican datos del Representante Legal, dado que actualmente el representante es el Señor René Galleguillos Pallauta. Lo anterior se evidencia en Delegación de Poder N° 18945-2024 entregado por titular Codelco.	No aplica



- Modificaciones o incorporaciones relativas a muestreo de flujos:

Nº	Observación Auditoría Externa	Requerimiento Protocolo de balances de masa	Ítem Metodología balances de masa	Descripción de modificación o incorporación	Justificación Técnica Titular
1	Incorporar que la producción de ácido se cuantificará por flujómetros y/o por diferencia de nivel de los estanques de almacenamiento.	5.7 Muestreo. Flujos de salida	7.1 Muestreo y análisis químico 7.2 Estimaciones Tabla 7.1 Descripción de muestreos y estimaciones. Flujo de salida "ácido sulfúrico".	En metodología se incorpora que el ácido sulfúrico se cuantificará además por diferencia de nivel de los estanques de almacenamiento. El titular en ítems 7.2 Estimaciones, declara lo siguiente " <i>Producción de ácido (masa, concentración densidad), se cuantificará por flujómetro y/o diferencia de nivel</i> ".	Debido a la necesidad de mantener el dato asociado a la producción de ácido, se podrá utilizar algunas de las siguientes alternativas: la medición por flujómetros y/o diferencia de nivel.
2	Eliminar el muestreo automático de concentrado y corregir la frecuencia de incrementos (si fuera necesario).	5.7 Muestreo. Flujos de entrada	Tabla 7.1. Descripción de muestreo y estimaciones. Flujo de entrada "concentrado"	En metodología para el flujo de entrada "concentrado" se modifica el tipo de muestreo. El muestreo de concentrado <b>sólo se realizará de forma manual</b> (énfasis agregado), manteniendo su frecuencia y número de incrementos. El titular en tabla 7.1 del documento para el flujo concentrado declara lo siguiente:  <b>Punto de muestreo:</b> Correa alimentación Secador 6. <b>Forma de determinación:</b> directa <b>Metodología:</b> Procedimiento INS 013. CAL <b>Frecuencia:</b> Cada 1 hora <b>Tipo de Muestreo:</b> manual <b>Nº de incrementos:</b> 4 incrementos cada 1 hora.	El sistema automático de muestreo no se encuentra implementado, por ende, el muestreo sólo se realizará a través de muestreo manual, sin variación de su frecuencia, ni números de incrementos.
3	Determinar la densidad del ácido producto en el	5.7 Muestreo Flujo de salida	7.1 Muestreo y análisis químico	En metodología se modifica para el flujo de ácido sulfúrico la densidad que	La determinación de las corrientes de salida del ácido sulfúrico se inicia con la lectura diaria de flujómetros y/o nivel.



	Laboratorio Químico Central y utilizar ese valor promedio en los cálculos de masas.		Tabla 7.1 Flujo de salida “ácido sulfúrico”.	<p>se utilizará para determinar su producción mísica.</p> <p>A través de la campaña de muestreo y análisis químico realizado por el titular se determinó para el flujo de ácido sulfúrico una densidad de 1,83 ton/m<sup>3</sup>.</p>	<p>Una vez obtenidos los valores anteriores se procedía a determinar la producción mísica, mediante el producto del volumen y la densidad para un ácido de concentración del 96 [%] (ácido minero), correspondiente a un valor de 1,821 t/m<sup>3</sup>.</p> <p>Para una mejor trazabilidad y precisión de la información utilizada, se realizó una campaña de muestreo y análisis para el flujo ácido sulfúrico durante 2 meses. Los resultados obtenidos dan cuenta de un ácido de concentración del 97,7% y densidad 1,83 t/m<sup>3</sup>.</p> <p>De esta forma dichos valores reemplazan los valores de 96% de concentración y 1,821 t/m<sup>3</sup>.</p>
4	Ampliar el uso de Romana 3 y Romana 5 para el peso de flujos del balance.	5.7 Muestreo Flujo de salida y flujo de entrada	Tabla 7.1 Descripción de muestreo y estimaciones.  Flujos de entrada “circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje)”, así como para los flujos de salida, metal blanco a venta, eje a venta y carga fría a venta, en metodología se incorpora el uso de la Romana 5 para determinar la masa de los flujos.  De esta forma el punto de muestreo para dichos flujos corresponderá a la Romana 3 y/o Romana 5.	Para el punto de muestreo del flujo de entrada, circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje), así como para los flujos de salida, metal blanco a venta, eje a venta y carga fría a venta, en metodología se incorpora el uso de la Romana 5 para determinar la masa de los flujos.  De esta forma el punto de muestreo para dichos flujos corresponderá a la Romana 3 y/o Romana 5.	Debido a que la Romana 5 se encuentra operativa, además del uso de la Romana 3, se utilizará la Romana 5 para el pesaje de los flujos de balances de masa.
5	Determinar la densidad del efluente en el Laboratorio Químico Central y utilizar ese valor	5.7 Muestreo Flujo de salida	Tabla 7.1 Descripción de muestreo y estimaciones.  Flujo de salida “Efluentes limpieza de gases”	En metodología se incorpora que el valor de densidad utilizado para determinar la masa del flujo “efluente de la planta de ácido” será de 1,04 ton/m <sup>3</sup> .	Debido a que se utilizaba un valor de densidad igual a la densidad del agua (1 ton/m <sup>3</sup> ) para el flujo “efluente limpieza de gases”, el titular señaló que, para una mejor trazabilidad y precisión de la información utilizada en la metodología de balances, se realizó una campaña de



	promedio en los cálculos de masas.				muestreo y análisis químico que contempló un periodo de dos meses de muestreo, julio a agosto de 2024 para determinar la densidad del efluente de las Plantas de Ácido (EPAS).
6	Incorporar en la metodología de balance de masas de As y S que el muestreo del efluente será automático y/o manual. En este último caso la muestra se tomará a la salida de la piscina de almacenamiento.	5.7 Muestreo Flujo de salida	Tabla 7.1 Descripción de muestreo y estimaciones. Flujo de salida "Efluentes limpieza de gases"	El muestreo para el flujo de salida, efluente limpieza de gases" se puede realizar de forma automática o manual. En particular el punto de muestreo manual se realizaba a la salida de la piscina del efluente, no obstante, para obtener una muestra representativa del flujo se modifica el punto de muestreo quedando previo al ingreso de la piscina de efluente, específicamente en el sector de entrada del muestreador.  Adicionalmente, se indica en metodología para cuando se realice muestreo manual que se conformarán 3 compositos de 2 incrementos diarios resguardando las condiciones de seguridad del operador a cargo de realizar la toma de muestra al ingreso del cortador automático.	Se modifica punto de muestreo para cuando la muestra se obtiene de forma manual con objeto de mejorar su representatividad para el flujo de salida "efluente limpieza de gases". Lo anterior se ejecutará según procedimiento toma y traslado de muestras efluente ATP, PCE 025201-FUCOP083.
7	Eliminar la grúa Gantry para la medición directa de flujo.	5.7 Muestreo Flujo de salida	Tabla 7.1 Descripción de muestreo y estimaciones. Flujo de salida "Ánodos"	En metodología se modifica forma determinación de masa para el flujo de salida "ánodos", sólo se considerará determinar la masa de los ánodos de forma indirecta, dado que no se encuentra disponible la Grúa Gantry	Debido a la indisponibilidad de la Grúa Gantry, se elimina como método de pesaje para el flujo de ánodos. Por lo tanto, sólo se mantiene como criterio de muestreo para dicho flujo la forma



				<p>para determinar la masa de forma directa.</p> <p>indirecta considerando un peso estimado de 420 kilos por pieza.</p>
8	Se deben unificar el número de incrementos descritos en los puntos 3.1 y 4.3.2 del Protocolo Técnico Interdivisional Calcinas DMH - DCH 2024.	5.7 Muestreo Flujo de entrada	Tabla 7.1 Descripción de muestreo y estimaciones. Flujo de entrada "Calcina"	<p>El titular para respaldar el valor indicado realizó una campaña de pesaje puntual durante el mes de noviembre de 2023, considerando un total de 35 camiones, cada camión cargado con 60 piezas de ánodos. Mediante un análisis estadístico el peso promedio obtenido para ánodos correspondió a 420,6 ton.</p> <p>Cabe mencionar que el titular tiene previsto implementar un sistema de pesaje para determinar la masa de los ánodos. El periodo de implementación, según la carta Gantt entregada, comprende desde 1 de septiembre 2023 hasta 8 de julio 2028 (Anexo 3).</p> <p>En procedimiento DMH-GRMD-PR-014, se corrige ítem 3.1 manteniendo la frecuencia de muestreo señalada en la tabla 7.1 del documento de la metodología de balances de masa, donde se definió que la frecuencia de muestreo es cada 2 horas.</p> <p>Necesidad de unificar la frecuencia de muestreo definida en los puntos 3.1 y 4.3.2 del Protocolo Técnico Interdivisional calcinas DMH -DCH 2024.</p> <p>El procedimiento DMH-GRMD-PR-014, contenía por error dos valores diferentes de incrementos respecto a la calcina seca en DMH, según se indica:</p> <p><i>"3.1. Toma de muestras. Calcina Seca/punto de muestreo en DMH. La muestra se obtiene en la descarga a tolva ecualizadora de transporte neumático, realizada en forma manual cada 1 hora ..."</i></p>



					<p><i>"4.3.2 Muestreo de calcinas secas en DMH: se realiza muestreo manual en chute de descarga de calcinas hacia tolvas, con incrementos cada 2 horas..."</i></p> <p><i>Debido a la diferencia detectada se corrige el ítem 3.1 considerando la frecuencia de 2 horas indicada en el ítem 4.3.2, tal como se señaló en la tabla 7.1 del documento de la metodología.</i></p>
9	El supervisor del área debe revisar periódicamente el registro de muestras, corregir las desviaciones e instruir	5.7 Muestreo Flujo de salida	Tabla 7.1 Descripción de muestreo y estimaciones. flujo de salida "Efluentes Limpieza de Gases"	Se modifica procedimiento de muestreo PRO-003 ATP "Efluentes plantas de ácido - toma y preparación de muestras", por Procedimiento PCE 025201- FUCOP083 "Toma y traslado de muestras efluentes ATP".	<p>De acuerdo con la oportunidad de mejora 2 (OM2) y el hallazgo contenido en el Informe de auditoría IEC-40-2024, donde se indica <i>"se evidencia que del 1 al 15 de marzo del 2023 si bien hubo flujo de efluente, este no fue muestreado con la frecuencia establecida en la metodología"</i>. El titular señala que, con objeto de dar cumplimiento a la observación levantada de mantener periódicamente el registro de las muestras, el servicio de la toma de muestra de la planta ATP se asignó a la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo (GRMD), por ende, se elimina el Procedimiento PRO-003 ATP "Efluentes plantas de ácido - toma y preparación de muestras", actividad que realizaba Gerencia Fundición. Incorporando el nuevo Procedimiento PCE 025201-FUCOP083 "Toma y traslado de muestras efluentes ATP", a cargo de la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo (GRMD), quienes mediante contrato de servicio realizan la toma de muestra.</p>



- Modificaciones o incorporaciones relativas a análisis químico:

Nº	Observación Auditoría Externa	Requerimiento Protocolo de balances de masa	Ítem documento metodología balances de masa	Descripción de modificación o incorporación	Justificación Técnica Titular
1	Incorporar un procedimiento para aquellos días que no se realiza muestra de efluente	5.8 Análisis Químico. Flujos de salida “Efluente Limpieza de Gases”.	7.1 Muestreo y análisis químico 7.2 Estimaciones	En metodología se incorpora que, en caso de no contar con información de los análisis químicos de los efluentes de la Planta ATP, <b>debido a detenciones programadas o no programadas</b> se utilizará como criterio de sustitución de datos el promedio ponderado de los 3 últimos días disponibles.	Durante una detención programada o no programada de las plantas de ácido, si bien estás se encuentran detenidas, existe la posibilidad de generar algún efluente remanente hacia la planta ATP, debido a la labor de mantenimiento y/o limpieza del sistema, por lo que resulta necesario tomar muestras al efluente remanente que se pueda generar. Respecto al criterio de sustitución de datos, si bien existe un muestreador automático, pueden existir escenarios puntuales donde no sea factible tomar y/o retirar la muestra, tales como condiciones operacionales o de seguridad que impidan el acceso de personal al área de la Planta ATP, así como contingencias relacionadas al servicio de muestreo y/o análisis, los cuales son realizados por empresas externas, debiendo aplicar un criterio de sustitución de datos estandarizado.
2	Revisar y corregir los % de límites de detección y % de error de arsénico y azufre para diferentes flujos.	5.8 Análisis Químico	8. Análisis químico. Tabla 8.1 descripción del análisis químico	En metodología se corrige para el flujo de entrada “concentrado” los valores de porcentaje de límite de detección de As y S. En el caso de los flujos Fundente HF”, “Fundente CT2” y “Fundente CPS” se	Corregir para algunos flujos los valores de porcentaje de los límites de detección y porcentaje de error de As y S, debido a error de transcripción desde procedimientos de análisis químico hacia el documento de la metodología.



				corrige el valor de error para el parámetro As.	
--	--	--	--	---	--

A partir de la revisión del documento denominado “Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata, febrero 2025” presentado mediante la carta GMA-011/2025, es posible concluir que la modificación a la metodología se ajusta a los requerimientos establecidos en el protocolo de validación de metodologías de balances de masa de arsénico y azufre, por lo tanto, corresponde su aprobación.



## 5 CONCLUSIONES.

El examen de información realizado por parte de esta Superintendencia a la Metodología de Balances de Masa de Arsénico y Azufre presentada por el Titular, Corporación Nacional de Cobre (Codelco) para la Fundición Chuquicamata mediante la carta GMA-011/2025, consideró la verificación de los requisitos establecidos en la Resolución Exenta N° 694/2015 de la SMA, que aprueba “Protocolo para Validación de Metodologías de Balances de Masa de Arsénico y Azufre en Fuentes Emisoras de acuerdo al D.S. N° 28/2013 MMA”.

A través de la revisión del documento denominado *“Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata, Febrero 2025”* presentado mediante la carta GMA-011/2025, es posible concluir que la modificación a la metodología se ajusta a los requerimientos establecidos en el protocolo de validación de metodologías de balances de masa de arsénico y azufre, por lo tanto, corresponde su aprobación.

Dicho resultado no obsta a que en el futuro se realicen nuevos requerimientos o procedimientos de fiscalización ambiental, y no lo exime de ninguna clase de responsabilidad que pudiese contraer por cualquier hallazgo respecto del instrumento que lo regula, que se produzca con anterioridad o simultaneidad a la fecha en que se efectuó la actividad de fiscalización ambiental, y no hubiera sido directamente percibido y/o constatado.

Se hace presente que de acuerdo con lo señalado en el artículo 13º del D.S. N°28/2013 MMA, se debe efectuar anualmente una auditoría externa que revise y verifique la aplicación de la metodología de balances de masa, la cual deberá ser realizada por una Entidad Técnica de Certificación Ambiental (ETCA) autorizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, lo cual será fiscalizado por este servicio.



## 6 ANEXOS.

Nº Anexo	Nombre Anexo
1	Carta GSDN N°568/2024, actualización de metodología de balance de masa de arsénico y azufre de Fundición Chuquicamata y anexos.
2	Requerimiento de Información, Resolución Exenta N°163/2025 SMA.
3	Carta GMA-011/2025. Respuesta a Resolución Exenta N°163/2025 SMA.
4	Metodología de balance metalúrgico de arsénico y azufre Fundición Chuquicamata, febrero 2025 y procedimientos de muestreo y análisis químico.
5	Reunión de asistencia al cumplimiento. Ord.N°191, de 22 de enero de 2025.

