

Gerencia de Seguridad y Sustentabilidad N°81/2021

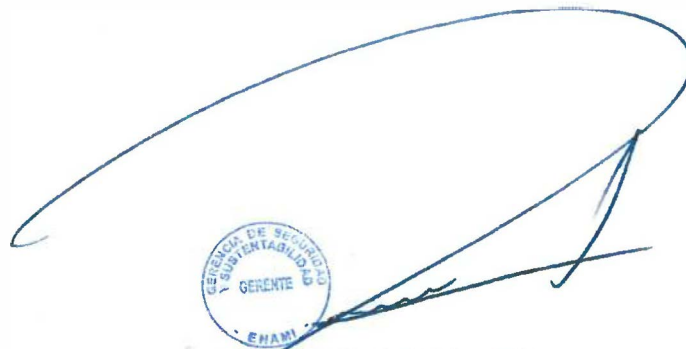
Copiapó, 08 de junio de 2021.

Señor  
**Rubén Verdugo Castillo**  
Jefe División de Fiscalización  
Superintendencia de Medio Ambiente  
Santiago

**Ref.: Respuesta resolución exenta N°1140 de**  
**fecha 24.05.2021 de la SMA.**

Junto con saludar, me dirijo a usted para hacer envío de documentación solicitada vía Resolución Exenta N°1140 de la Superintendencia de Medio Ambiente de fecha 24.05.2021, respecto a la presentación de una nueva metodología de balances de masa de Arsénico (As) y Azufre (S) de la Fundación Hernán Videla Lira.

Se despide atentamente de usted.



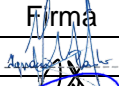


A circular blue stamp is positioned over the signature. The text inside the stamp reads: "GERENCIA DE SEGURIDAD Y SUSTENTABILIDAD" around the top inner edge, "GERENTE" in the center, and "ENAMI" at the bottom.

**FELIPE CARRASCO MATAS**  
**GERENTE DE SEGURIDAD Y SUSTENTABILIDAD (I)**

CAP/dl  
Cc.: Archivo  
Gerencia Fundación HVL

**METODOLOGÍA DE BALANCE DE  
ARSÉNICO Y AZUFRE  
FUNDICIÓN HERNÁN VIDE LA LIRA  
COMPLEJO METALÚRGICO PAIPOTE**



	Nombre	Cargo	Fecha	Firma
Elaboró	Ignacio Pardo Villegas	Ingeniero Contabilidad Metalúrgica	07-06-2021	
Revisó	M. Elena Schaaf E.	Jefe Control de Calidad Zona Norte	07-06-2021	
Aprobó	Patricio Andrade M.	Superintendente de Control de Procesos	07-06-2021	

**CONTROL DE CAMBIOS**

Vigencia	Revisión	Fecha	Modificación	Elaboró	Aprobó

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DEFINICIÓN DE SISTEMA Y LÍMITES PARA BALANCES DE MASAS .....</b>	<b>4</b>
4.1	Sistema y límite.....	4
4.2	Nodos y flujos .....	5
4.2.1	Nodos.....	5
4.2.2	Flujos.....	6
4.2.3	Equipos dentro del límite del sistema.....	8
<b>5</b>	<b>BALANCE MENSUAL.....</b>	<b>9</b>
5.1	Método Matemático de Ajuste del Balance de Masas de Cu.....	10
5.2	Factores de Calidad .....	13
5.3	Presentación de resultados.....	14
<b>6</b>	<b>METODOLOGÍAS DE MUESTREO E INCREMENTOS .....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS QUÍMICO.....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO FINOS DE As y S.....</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>REGISTRO DE CONTROL DOCUMENTAL .....</b>	<b>26</b>
9.1	Registro documental de procedimientos de muestreo y preparación .....	26
9.2	Registro documental de procedimientos de análisis químico de As.....	27
9.3	Registro documental de procedimientos de análisis químico de S.....	32
9.4	Registro documental de procedimiento de Trabajo No Conforme .....	35
9.5	Registro documental de verificación intermedia de básculas .....	35
<b>10</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>36</b>

## **I OBJETIVO**

Este documento fue elaborado conforme a lo establecido en el Protocolo para la Validación de Metodologías de Balance de Masa de Arsénico y Azufre en fuentes emisoras de acuerdo con el D.S. N° 28 del 12 de diciembre de 2013 del Ministerio de Medio Ambiente, aprobado bajo Resolución Exenta 694 del 21 de agosto de 2015 de la Superintendencia del Medio Ambiente y lo establecido en el Título III, Metodologías de medición y control de la norma, párrafos del 1 al 5, artículos del 15 al 29, del D.S. N° 165, del 2 de junio de 1999 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece la Norma de Emisión para la Regulación del Contaminante Arsénico Emitido al Aire y modificado por el D.S. N° 75 del 26 de diciembre de 2008, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

En este documento se presentan las metodologías específicas conforme las cuales, Fundación Hernán Videla Lira, realizará los balances de masa mensuales para cuantificar las emisiones de azufre y arsénico.

## **2 INTRODUCCIÓN**

Fundación Hernán Videla Lira está localizada a 814 kilómetros al norte de Santiago, específicamente en la región de Atacama, III Región y aproximadamente a 8 kilómetros de la ciudad de Copiapó cercana a la localidad de Paipote.

La inauguración Oficial de la Fundación Estatal de Paipote en 1952, junto con la legislación que autorizó la Caja de Crédito Minero en 1927, y la reforma del código Minero de 1888, crearon las bases de la minería del cobre en la actualidad. Luego de cinco años de construcción, el 26 de enero de 1952, el Presidente Gabriel González Videla inaugura la primera fundición estatal en Paipote. Desde 1983, a modo de homenaje de su mayor impulsor, lleva el nombre de Hernán Videla Lira.

Estos tres logros públicos se ven relacionados a través de la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), organismo que abogó para que estas iniciativas se aprobaran con el fin de reforzar la industria minera nacional. Desde 1880 se aprobaron con el fin de reforzar la industria minera nacional. Desde 1880 hasta fines de la década de 1920, la SONAMI encabezó una campaña para modernizar la política del país. Con el fin de entender mejor el papel que jugaba la caja de crédito Minero durante la década de 1920, se incluye un breve resumen de la industria del cobre de los Estados Unidos. Con esto se pretende hacer luz sobre el significado de la creación de la caja en 1927; una meta legislativa de la SONAMI desde sus inicios en 1982. Posteriormente, fue la Caja de la que posibilitó la creación de la Fundación de Paipote.

En términos generales, el proceso piro metalúrgico de Fundación Hernán Videla Lira, comprende una planta de secado de concentrado, equipos de fusión, conversión, refinado y plantas de ácido sulfúrico que tratan los gases de proceso con altos contenidos de dióxido de azufre.

Con una fusión de aproximadamente de 350.000 toneladas anuales y una producción de ánodos aproximada de 75.000 toneladas anuales de ánodos y 267.095 toneladas anuales de ácido sulfúrico.

En el presente documento se expondrá con más detalle la metodología de cuantificación de masa y emisiones de Arsénico y Azufre generadas por la Fundación Hernán Videla Lira para el cumplimiento del D.S. N° 28 del 12 de diciembre de 2013 del Ministerio de Medio Ambiente.

### 3 IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR

Nombre del titular de la actividad	Enami, Fundación Hernán Videla Lira
RUT	61.704.000-K
Identificación de la fuente	Fundación Hernán Videla Lira
Dirección	Camino público S/N Copiapó
Región	III Región
Provincia	Copiapó
Comuna	Paipote
Representante legal	Marcelo Bustos Jiménez
RUN Representante legal	7.350.319-1
Dirección	Camino público S/N Copiapó
Región	III Región
Provincia	Copiapó
Comuna	Paipote
Correo electrónico	mbustos@enami.cl
Teléfono	56 52 2533000

### 4 DEFINICIÓN DE SISTEMA Y LÍMITES PARA BALANCES DE MASAS

#### 4.1 Sistema y límite

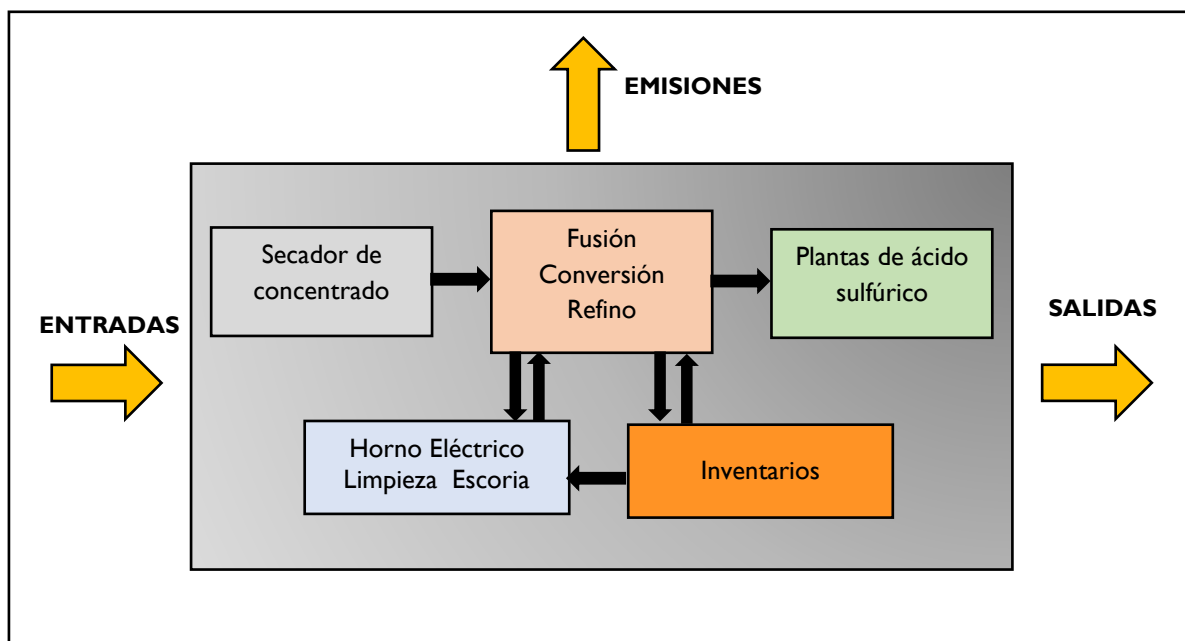
El sistema definido por Fundación Hernán Videla Lira, sobre el cual se aplicará el balance másico se presenta en la Figura 4.1. Los límites asociados al sistema delimitan el nodo fundación sobre el cual se construirá el balance de masa de As y S. En función de estos límites se determinan los flujos de entrada y salida, considerados para establecer el balance, así como también la variación mensual de inventario.

## 4.2 Nodos y flujos

### 4.2.1 Nodos

El nodo “Fundición” presentado en la Figura 4.1, representa el proceso productivo de Fundición Hernán Videla Lira. El nodo representa sub procesos en donde ingresan, salen y se acumulan materiales y para los cuales se aplica la siguiente ecuación de cálculo de balance:

$$\text{Entradas} + \text{Inventario inicial} = \text{Salidas} + \text{Inventario final}$$



**Figura 4.1:** Sistema (Nodo Fundición)

En la Figura 4.2 se encuentran los equipos dentro del límite del sistema (Nodo fundición) sobre el cual se realizará el balance de masas.

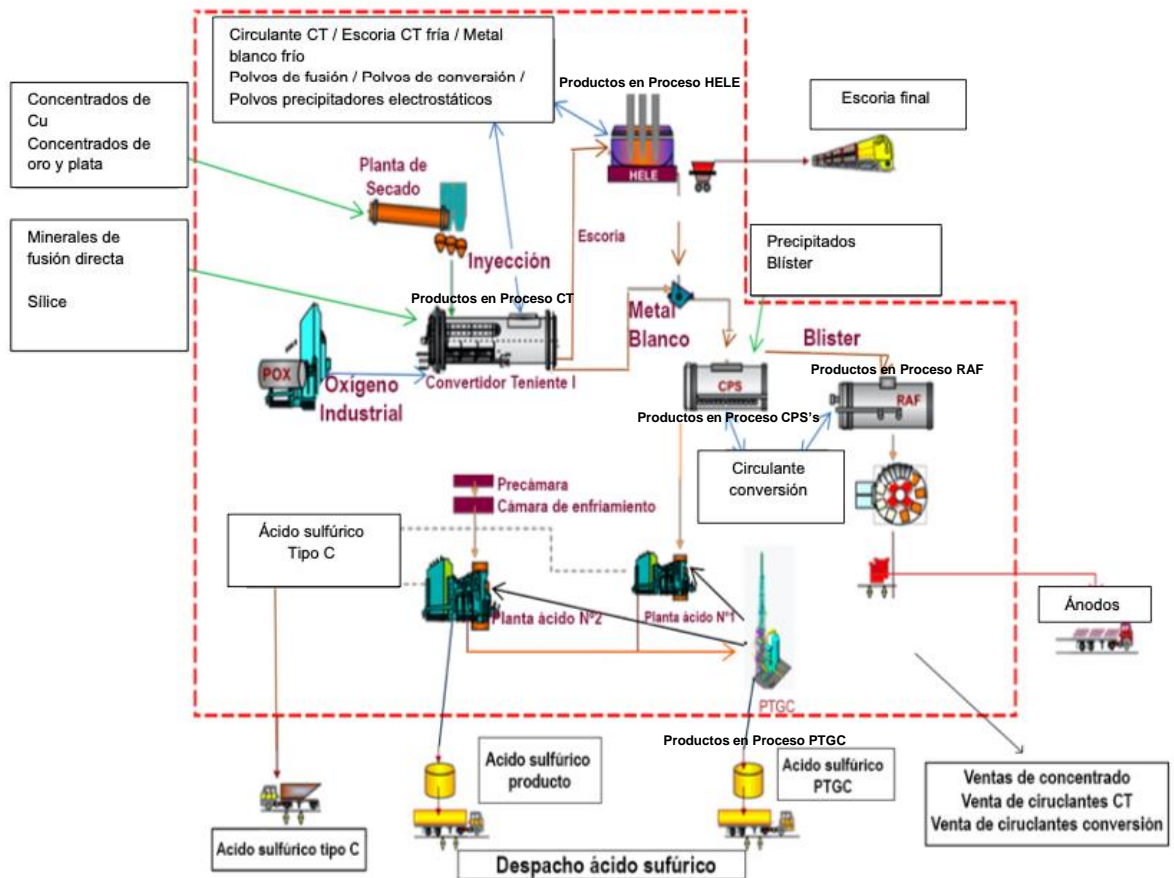


Figura 4.2: Identificación del límite del sistema (Línea roja segmentada)

#### 4.2.2 Flujos

Los flujos representan movimientos de materiales que entran o salen del nodo fundición, en el periodo definido para el balance (mensual). Estos flujos son de tres tipos:

- Flujo de entrada: Flujo que no tiene asociado un nodo de origen, pero si uno de destino.
- Flujo de salida: Flujo que no tiene asociado un nodo de destino, pero si uno de origen.
- Flujo de inventario: Flujo que tiene asociado un nodo de origen y uno de destino.

Los **flujos de entrada** considerados para calcular la cantidad neta de arsénico ingresado al nodo Fundición, son todos los flujos de la alimentación cuyo contenido de arsénico es superior a 0,005% en peso y que no corresponden a la recirculación directa de algún flujo interno generado en una de las operaciones unitarias incluidas en el proceso.

En cuanto al flujo de entrada de combustibles, se consideran como una nueva entrada de azufre a la FHVL debido a que el contenido de azufre en el combustible pasa directamente como emisión.

Los **flujos de salida** corresponden a todos aquellos flujos que salen del nodo Fundición, productos finales o de inventarios, que contienen arsénico y azufre pero que no constituyen emisión.

En caso de que se realice la venta de concentrados que estén al interior de la fundición y ya se hayan declarado como un flujo de entrada, estos serán informados como un flujo de salida.

Los **flujos de inventarios** corresponden a productos metalúrgicos generados durante el proceso de fusión, conversión, refinado y recuperación de polvos, que no constituyen entradas o salidas del sistema, sino que permanecen circulando al interior del nodo Fundición.

Los flujos considerados en el balance de masas en el nodo Fundición se presenta en la Tabla 4.1

Tabla 4.1: Flujos de entrada, inventarios y salida del límite del sistema

Flujos de entrada	Flujos de inventario	Flujos de salida
Concentrado de Cu	Circulante CT	Ánodos
Precipitados	Escoria CT fría	Ácido sulfúrico producto
Blíster	Metal Blanco frío	Ácido sulfúrico Tipo C
Minerales de fusión directa	Circulante Conversión	Ácido sulfúrico PTGC
Concentrados de oro	Polvos de fusión	Escoria final
Concentrados de plata	Polvos de conversión	Venta de concentrado
Sílice	Polvos precipitadores electrostáticos	Venta de circulantes CT
Combustible	Productos en proceso	Venta de circulantes conversión

\*CNU: Está compuesta por: Concentrados de Cu, oro y plata; Precipitados; Blíster; Minerales de fusión directa.

\*Productos en proceso: Se compone por: Metal Blanco y Escoria de CT; Metal Blanco y Escoria HELE; Metal Blanco cargado en CPS's; Cobre Blíster Cargado en RAF; Ácido PTGC contenido en estanque.



### 4.2.3 Equipos dentro del límite del sistema

Los equipos dentro del límite del sistema se presentan en la Tabla 4.2, siguiente:

**Tabla 4.2:** Descripción de equipos e instalaciones dentro del Límite del Sistema

Equipo/instalación	Cantidad	Dimensiones	Capacidad	Marca/modelo	Año Instalación
Horno de Secado de concentrado	1	L= 24,39 [m] $\phi$ = 2,77 [m]	60 [t/h]	Fuller	1998
Convertidor Teniente	1	L= 16 [m] $\phi$ =3,9 [m]	1.000 [t/día]	Tecnología Teniente	2009
CPS N° 2 CPS N° 3	2	L=17 [m] $\phi$ =3,9 [m]	10 [ciclos/día]	Peirce – Smith	1958 1996
Horno de Refino a fuego	1	L=9,1 [m] $\phi$ =4.0 [m]	200 [t/ciclo]	Wartsila	1981
Ruedas Moldeo	1	16 moldes	40 [t/h]	Outokumpu	1981
Horno Eléctrico de Limpieza de Escoria	1	A=5,0 [m] $\phi$ =10.0 [m]	700 [t/día]	Demag	2001
Planta Ácido N°1 Planta Ácido N°2	2	No aplica	50.000 [Nm <sup>3</sup> /h] 80.000 [Nm <sup>3</sup> /h]	Lurgi Monsanto	1971 1996
Planta de tratamiento gases de cola (PTGC)	1	No aplica	130.000 [Nm <sup>3</sup> /h]	MECS	2018

## 5 BALANCE MENSUAL

Para validar los balances de As y S Fundición Hernán Videla Lira utiliza los pesos secos de los flujos determinados a través del balance de Cu ajustado. El balance de Cu ajustado corresponde al balance conciliado, cuyo algoritmo de ajuste utiliza los multiplicadores de Lagrange. A partir del balance de masas ajustado y las leyes medidas de As y S se determinan las emisiones de acuerdo con:

$$Emisión\ As\ (mes) = \sum AS_{(entrada)} - \sum AS_{(salida)} - \Delta AS_{(acumulado)}$$

$$Emisión\ S\ (mes) = \sum S_{(entrada)} - \sum S_{(salida)} - \Delta S_{(acumulado)}$$

$$\Delta AS_{(acumulado)} = AS_{circulante\ final} - AS_{circulante\ inicial}$$

$$\Delta S_{(acumulado)} = S_{circulante\ final} - S_{circulante\ inicial}$$

Se deduce de las ecuaciones precedentes que los balances mensuales de arsénico y azufre corresponden a la diferencia producida entre la cantidad neta de arsénico y azufre ingresadas al límite del sistema y la cantidad neta de arsénico y azufre presentes en todos los flujos de salida, que no sean emisiones de gases y de partículas emitidas directamente a la atmósfera, menos la cantidad neta de arsénico y azufre acumulado en el periodo.

La emisión anual de arsénico y azufre al aire corresponde a la suma de los resultados netos de los balances mensuales de arsénico y azufre menos el arsénico y azufre recuperado en las operaciones de mantención y/o limpieza, durante el reemplazo parcial o total de equipos, o como consecuencia de la suspensión temporal o permanente en la operación de uno o varios equipos. Esto es:

$$Emisión\ As\ (año) = \sum_{1}^{12} AS_{(mes)_i} - AS_{(recuperado\ mes)_i}$$

$$Emisión\ S\ (año) = \sum_{1}^{12} S_{(mes)_i} - S_{(recuperado\ mes)_i}$$

Los contenidos y el formato de presentación del informe mensual y anual, así como los indicadores de desempeño ambiental en base mensual y anual se encuentran descritos en el Artículo 16, del Decreto Supremo 28/2013.

### 5.1 Método Matemático de Ajuste del Balance de Masas de Cu

La información base que utiliza el balance metalúrgico es determinada a partir de las mediciones de masa en forma directa o indirecta y de los resultados de análisis químicos de cobre, oro y plata. El balance de cobre ajustado corresponde al balance conciliado a través del método de Lagrange el cual optimiza una función objetivo (FO) sujeta a restricciones lineales.

$$FO = \sum_{j=1}^{N_F} FC_{j,l} \frac{(F_{j,l}^a - F_{j,l}^m)^2}{(F_{j,l}^m)^2}$$

Sujeto a las restricciones:

$$\sum F_{j,l}^a + I_{inicial,i,l}^a - I_{final,i,l}^a = 0, \quad \forall i \in \text{nodo}$$

Donde:

- $F_{j,l}^m$ : es la cantidad medida, del flujo o existencia j, del elemento i.
- $F_{j,l}^a$ : es la cantidad ajustada, del flujo o existencia j, del elemento i.
- $FC_{j,l}$ : es el factor de calidad, del flujo o existencia j, del elemento i.
- $I_{j,l}^a$ : es el inventario, inicial o final, del nodo j, del elemento i.
- l: representa el elemento que se está reconciliando, es decir, cobre, oro, plata o peso seco.

Cada término considera la diferencia cuadrática entre la cantidad medida y la cantidad ajustada  $(F_{j,l}^a - F_{j,l}^m)^2$ . Además, por las grandes diferencias de magnitud entre las distintas mediciones involucradas, es necesario incluir un término normalizador, que en este caso está dado por  $1/(F_{j,l}^m)^2$ . Finalmente, es deseable que las cantidades más modificadas sean las que presentan mayor incerteza en su medición, mientras que, a su vez, las cantidades medidas con buena certeza es deseable que no se modifiquen.

Aquello se obtiene agregando un factor que hace más difícil modificar las cantidades con mayor certeza, y más fácil modificar las con menor certeza. Dicho factor es denominado factor de calidad  $FC_{j,l}$ .

Es importante mencionar dos limitaciones matemáticas importantes. La primera es que los factores de calidad deben ser cantidades positivas, mayores que cero. La segunda es que las cantidades medidas iguales a cero, causan inconsistencia matemática. Por un lado, los factores de calidad fueron definidos mayores que 1. Por otro lado, no hay incerteza en flujos y existencias con 0 masa. Si el sistema detecta un flujo o existencia con masa 0, no representa un problema, pues lo detectará y no lo modificará. Ambas limitaciones matemáticas, están cubiertas de esa forma.

Finalmente, se debe tener en cuenta que repetir de forma idéntica dos flujos, o dos existencias, en un mismo mes, también puede generar inconsistencias. Aquello, que, en cierta forma, es un error de ingreso de datos, debe ser evitado.

A partir de la información de pesos secos y leyes de cobre, plata, oro, el algoritmo de ajuste entrega como resultado un nuevo conjunto de pesos y leyes, estadísticamente **consistentes** entre sí y **representativo** de la operación del proceso productivo.

En la Figura 5.1 se presenta el algoritmo matemático secuencial de tres etapas utilizados para el ajuste de pesos secos y leyes de cobre, plata y oro.

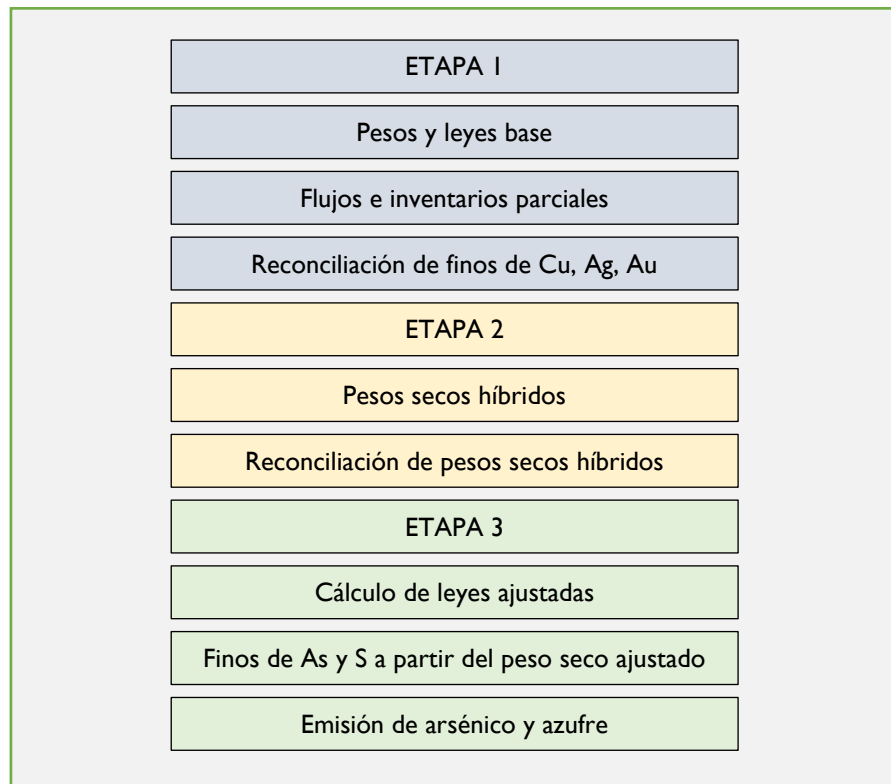


Figura 5.1 Esquema del algoritmo de ajuste multiplicadores de Lagrange

En la **Etapa 1**, se produce la reconciliación de cobre, oro y plata, las cuales son independientes unas de otras. A esta etapa se le denomina reconciliación de finos. Esta reconciliación se realiza a partir de los valores medidos de leyes y pesos secos.

En la **Etapa 2** se realiza la reconciliación de los pesos secos de flujos y circulantes. Dado que la modificación de la cantidad de finos se ve modificada en la reconciliación realizada en la etapa anterior, el punto de partida de la reconciliación de pesos secos es lo que se denomina peso seco híbrido, calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Peso seco híbrido} = \frac{\text{Fino Cu ajustado}}{\text{Ley base de Cu}}$$

La **Etapa 3**, corresponde al cálculo de leyes ajustadas y emisiones de azufre y arsénico.

Teniendo reconciliados finos de cobre, oro, plata y pesos secos, se tiene una mejor representación de las leyes de los minerales de interés, la que se puede obtener dividiendo el fino reconciliado en el peso seco total. Esta ley se recalcula para todos los flujos y existencias, se denomina ley ajustada, y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Ley ajustada} = \frac{\text{Fino ajustado}}{\text{Peso seco híbrido ajustado}}$$

La emisión de azufre y arsénico se calcula considerando el nodo Fundición, esto significa que al cierre mensual se suman los finos de arsénico y azufre en todos los flujos que ingresan y salen del nodo y la diferencia entre el inventario inicial y final. Esto es:

$$\text{Emisión}_{(\text{mensual})} = \sum_1^{30} (\text{Finos entrada} - \text{Finos salida}) - (\Delta \text{ inventario})$$

Es importante mencionar dos limitaciones matemáticas. La primera es que los factores de calidad deben ser cantidades positivas, mayores que cero. La segunda es que las cantidades medidas iguales a cero, causan inconsistencia matemática. Por un lado, los factores de calidad fueron definidos mayores que 1. Por otro lado, no hay incerteza en flujos y existencias con 0 masa. Si el sistema detecta un flujo o existencia con masa 0, no representa un problema, pues lo detectará y no lo modificará. Ambas limitaciones matemáticas, están cubiertas de esa forma.

Finalmente, se debe tener en cuenta que repetir de forma idéntica dos flujos, o dos existencias, en un mismo mes, también puede generar inconsistencias. Aquello, que, en cierta forma, es un error de ingreso de datos, debe ser evitado.

## 5.2 Factores de Calidad

Los factores de calidad son los ponderadores de la ecuación objetivo de la reconciliación, e indican la propensión de una cantidad medida, de ser modificada, para cumplir con la cuadratura de los balances de materia. La magnitud del factor de calidad de cada medición está asociada con la precisión de esta. Así, las cantidades que son medidas con buena precisión tienen factores de calidad altos, y, por ende, son menos propensos a ser modificados durante la reconciliación.

Por parte contraria, las cantidades que requieren de estimaciones cualitativas tienen asociados factores de calidad más bajos, y son más propensos a ser modificados durante la reconciliación.

Existen diversas formas de plantear valores para factores de calidad, en función del porcentaje de error de la medición asociada. Una característica principal es definir factores continuos o discretos.

Para tener factores de calidad continuos, se requiere de la estimación, también continua, de los errores de medición de cada cantidad, lo que plantea fuertes dificultades de implementación. Por ello, la alternativa viable para este caso, y lo más comúnmente hallado en faenas similares, es la utilización de un set discreto de factores de calidad. El segundo punto relevante es la relación cuadrática entre error de medición y factor de calidad. La relación lineal entre factores de calidad y errores de medición no asegura la inmutabilidad de las mediciones exactas, como consecuencia, este tipo de sistemas, en faenas similares, presentan relación cuadrática entre factores de calidad y errores de medición.

Los factores de calidad se establecieron considerando que en el algoritmo matemático de ajuste las masas y leyes no se modifiquen más que el error relativo porcentual asociado a la unidad de medición. Los factores de calidad incluidos en el algoritmo de ajuste matemático se presentan en la Tabla 5.1

Tabla 5.1: Factores de calidad incluidos en el algoritmo de ajuste

Precisión Error relativo porcentual (E)	Factor de calidad = 10.000/E <sup>2</sup>
0,01 o menor	100.000.000
0,10	1.000.000
1,00	10.000
5,00	400
25,00	16
50,00	4
100,00 o mayor	1

Los factores de calidad indican solo la propensión de las cantidades medidas de ser modificadas. Lo relevante para la reconciliación, es la magnitud relativa entre todos los factores asociados a cada nodo, y no, su valor por sí solo. Así, si en un nodo existen cantidades con altos y bajos factores de calidad, el sistema modificará en mayor medida las que tienen factor de calidad más

bajo, y menos a las que tienen factor de calidad más alto. Sin embargo, si en un nodo, solo existen cantidades con factores de calidad altos, todos se verán modificados de la misma forma.

Otro punto relevante de la forma en que trabaja el reconciliador, es que, independiente del factor de calidad histórico de la medición, si ésta ingresa con masa 0 [kg] al reconciliador, el sistema no la modificará. Pues, se asume que si un flujo o existencia es 0 [kg], no hay incerteza en su medición. Simplemente 0 es 0. Aquello evita que el sistema asigne masa (ficticia) a existencias o flujos que no lo tienen.

### 5.3 Presentación de resultados

Los resultados se presentarán en planillas de cálculos y contendrán la información que se detalla en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Presentación de resultados

Flujos entrada	Peso seco, tms		As, medido		S, medido		Finos, tms	
	Medido	Ajustado	ppm	%	ppm	%	As	S
Concentrado de Cu								
Precipitados								
Blíster								
Minerales de fusión directa								
Concentrados de oro								
Concentrados de plata								
Sílice								
Diesel								
Enap - 6								
<b>Total, entradas</b>								

Flujos inventario inicial	Peso seco, tms		As, medido		S, medido		Finos, tms	
	Medido	Ajustado	ppm	%	ppm	%	As	S
Circulante CT								
Escoria CT fría								
Metal Blanco frío								
Circulante Conversión								
Polvos de fusión								
Polvos de conversión								
Polvos precipitadores electrostáticos								
Productos en proceso								
<b>Total, inventario inicial</b>								

Flujos inventario final	Peso seco, tms		As, medido		S, medido		Finos, tms	
	Medido	Ajustado	ppm	%	ppm	%	As	S
Circulante CT								
Escoria CT fría								
Metal Blanco frío								
Circulante Conversión								
Polvos de fusión								
Polvos de conversión								
Polvos precipitadores electrostáticos								
Productos en proceso								
<b>Total, inventario final</b>								

Variación de inventarios	Peso seco, tms		Finos, tms	
	Medido	Ajustado	As	S
<b>Inventario Final - Inventario Inicial</b>				

Flujos salidas	Peso seco, tms		As, medido		S, medido		Finos, tms	
	Medido	Ajustado	ppm	%	ppm	%	As	S
Ánodos								
Ácido sulfúrico producto								
Ácido sulfúrico Tipo C								
Ácido sulfúrico PTGC								
Escoria final								
Venta de circulante CT								
Venta de circulante conversión								
Venta de concentrados								
<b>Total, salidas</b>								

<b>EMISIÓN ARSÉNICO, tmf</b>	
<b>CAPTACIÓN ARSÉNICO (Mes), %</b>	
<b>EMISIÓN ARSÉNICO ACUMULADA, tmf</b>	
<b>CAPTACIÓN ARSÉNICO ACUMULADO, %</b>	

<b>EMISIÓN AZUFRE, tmf</b>	
<b>CAPTACIÓN AZUFRE (Mes), %</b>	
<b>EMISIÓN AZUFRE ACUMULADA, tmf</b>	
<b>CAPTACIÓN AZUFRE ACUMULADA, %</b>	



Como se mencionó en el punto 5, las emisiones mensuales de arsénico y azufre se cuantificarán de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Emisión As (mes)} = \sum AS_{(entrada)} - \sum AS_{(salida)} - \Delta AS_{(acumulado)}$$

$$\text{Emisión S (mes)} = \sum S_{(entrada)} - \sum S_{(salida)} - \Delta S_{(acumulado)}$$

$$\Delta AS_{(acumulado)} = AS_{circulante\ final} - AS_{circulante\ inicial}$$

$$\Delta S_{(acumulado)} = S_{circulante\ final} - S_{circulante\ inicial}$$

## 6 METODOLOGÍAS DE MUESTREO E INCREMENTOS

Fundición Hernán Videla Lira recibe productos mineros de más de 100 proveedores de la pequeña, mediana, gran minería y también de plantas propias, por consiguiente, los productos recepcionados son heterogéneos en mineralogía y composición química. Por esta razón, previo a su ingreso al nodo Fundición, los productos mineros son mezclados para conformar una carga con leyes de cobre y azufre adecuados para el proceso de fusión. El pesómetro utilizado para la preparación de la mezcla de concentrados está ubicado en la grúa nave camada y una vez que se ha consumido todo el material de la tolva se le asigna el peso original medido en una de las tres básculas comerciales.

Todos los materiales que ingresan a las instalaciones de Fundición Hernán Videla Lira son pesados en una de las tres básculas comerciales y muestreados en piso previo a su envío a las tolvas de almacenamiento (Puntos de pesaje y muestreo del 1 al 8 de la Figura 6.1).

El agua y oxígeno tienen contenidos de arsénico inferiores a 0,005% en peso y no entran en el balance de arsénico y azufre. Las masas de agua y oxígeno no son relevantes respecto a los flujos que componen el balance actual, por consiguiente, ambos flujos no fueron considerados en el balance de masas de peso ajustado de cobre. El azufre contenido en el combustible se obtendrá del certificado de análisis químico del proveedor.

Los flujos de salida del nodo Fundición son muestreados en el lugar de carguío (Puntos de pesaje y muestreos del 9 al 16 de la Figura 6.1) y pesados en una de las tres básculas comerciales.

En el caso de los flujos de inventario (Punto de pesaje y muestreo 17 de la Figura 6.1) la masa se determina en una de las básculas comerciales, se reduce de tamaño y muestrea en la zona de acopio preestablecidos, desde allí vuelve a ingresar al nodo Fundición. Exceptuando los "Productos en proceso", los que se determinan en forma indirecta de acuerdo con el procedimiento "CM-05 Determinación de masa y leyes de Productos en Proceso".

Todos los materiales que ingresan o salen del nodo Fundición son pesados en una de las tres básculas comerciales. Los ánodos se pesan en la báscula instalada en el patio de ánodos, pero a

la salida de la Fundición se vuelven a pesar en las básculas comerciales. El peso de los ánodos válido para el balance de masa es el peso de la báscula que está ubicada en el patio de moldeo de ánodos.

El peso de la escoria final se determina en forma indirecta de acuerdo al procedimiento “CM-03 Procedimiento de Cuantificación Estimada de Masa de Escoria Final HELE”.

Los puntos de medición y muestreos definidos para cuantificar y caracterizar los flujos de entrada, circulantes y salida de los límites del sistema se presentan en la Figura 6.1.

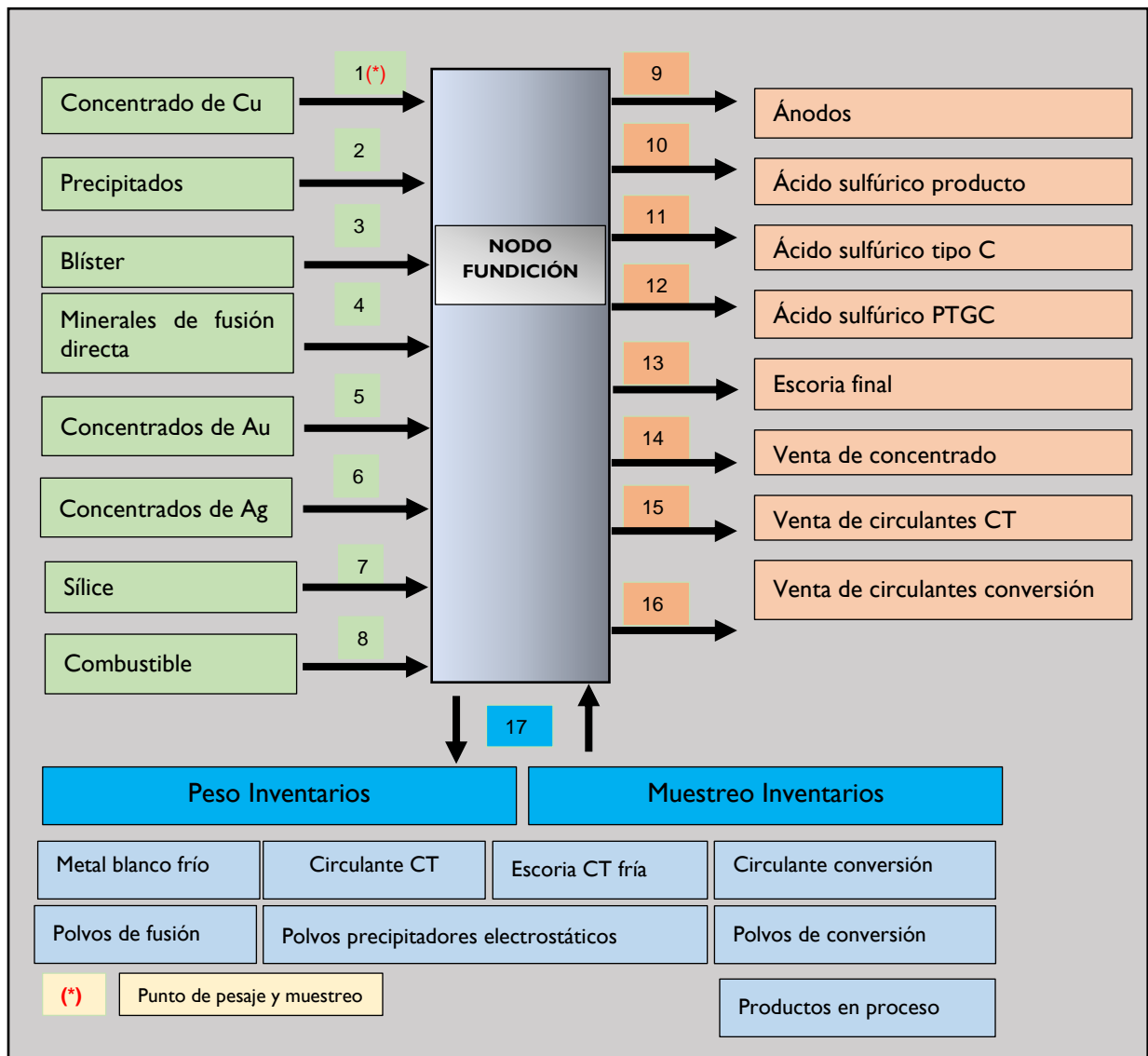


Figura 6.1: Puntos de medición y muestreo

La masa de todos los flujos asociados al balance de masas se determina en forma directa, a excepción del flujo 13 correspondiente a Escoria Final y los Productos en proceso del Flujo 17, los que serán determinados de manera indirecta según lo descrito anteriormente. En la Tabla 6.1 se encuentra la identificación y ubicación de las básculas utilizadas para la medición de los flujos de entrada, salida e inventarios.

Tabla 6.1: Identificación de equipos de medición directa de flujos.

Identificación	Marca/modelo/Serie	Ubicación
Báscula Comercial 1	Marca: Mettler Toledo Modelo: Panther Serie: 5231944-5LC	Camiones
Báscula Comercial 2	Marca: Mettler Toledo Modelo: Panther Serie: 5231952-5LC	Camiones
Báscula Comercial 3	Marca: Fairbanks Scales Modelo: FB2550-SS Serie: 173470020049	Camiones
Romana Moldeo	Báscula S/N: Marca: Mettler Toledo Modelo: JAGXTREME Serie: 5244149-5AD / MIO3BPA3	Moldeo de ánodos
Báscula pesaje de camiones comercial y por eje dinámico	Marca: GSE Modelo: 460 Serie: 182426	Recepción Planta Matta (Romana 2)

Los equipos de medición de flujos identificados en la tabla anterior serán calibrados anualmente por un organismo externo acreditado en el alcance magnitud: Masa.

Para determinar la frecuencia de muestreo, incrementos y compósito se utilizará como referencia lo dispuesto en la Resolución Exenta 694/2015 que se presenta en la Tabla 6.2

**Tabla 6.2:** Parámetros mínimos de muestreo (Resolución Exenta 694/2015)

Flujo	Punto de muestreo (a cada unidad muestreo)	N° mínimo de incrementos (por unidad de muestreo)	Número Mínimo de compósito.
Flujo de Entrada	<b>Proceso discontinuo:</b> l camión l tolva l carro de ferrocarril l carga o camada preparada en cancha.	10 por unidad de muestreo	Uno cada 500 toneladas de material o por proveedor (si es < 500 ton)
	<b>Proceso continuo:</b> Correa transportadora o ducto	4 por hora	Uno cada 8 horas (3 compósito diarios).
Flujo de Salida	<b>Escoria de Descarte</b>	3 incrementos por olla o taza. Punto de sangría 3 incrementos por hora. 20 incrementos o 3 sondajes por cancha.	Uno diario
	<b>Producto final:</b> Ánodo, blister u otro semejante.	5 perforaciones por ánodo (número de ánodos: 0,25 % del ciclo de moldeo) Punto de sangría o canal: 3 incrementos por ciclo, uno al inicio, otro al medio, y otro al final del ciclo de moldeo.	Uno por ciclo de operación.
Otros flujos de salida	<b>Proceso discontinuo:</b> un camión u otro equivalente, un contenedor.	10 por unidad de muestreo	Uno por unidad de muestreo
	<b>Proceso continuo:</b> un ducto o línea de flujo.	1 muestra por hora	Uno diario
Inventario	un camión u otro equivalente, una carga en zona de acopio.	10 por unidad de muestreo	Uno por lote, máximo de 500 ton.

Los flujos de entrada, salida e inventarios, puntos de muestreo, metodología, frecuencia y otros se encuentran detallados en las Tablas 6.3 a 6.5 siguientes.

**Tabla 6.3:** Muestreo de flujos de entrada al límite del sistema

Identificación	Punto de muestreo	Forma Determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	N° incrementos
Concentrados de Cu Concentrados de Au Concentrados de Ag Precipitados	Patio de recepción	Directa	<b>SGCC-P-01</b> MUESTREO CONCENTRADOS Y PRECIPITADOS	Por camión	Manual	10 por camión
Blíster	Patio de recepción	Directa	<b>SGCC-P-11</b> MUESTREO, PREPARACION BLISTER	Por lote	Manual	<b>Muestreo Primario:</b> Selección al azar del 0,25% del total de las piezas del lote <b>Muestreo Secundario:</b> 10 incrementos por pieza seleccionada
Minerales de fusión directa	Patio de recepción	Directa	<b>SGCC-P-04</b> MUESTREO DE MINERALES FUSION DIRECTA	Por camión	Automático	10 por camión
Sílice	Patio de recepción	Directa	<b>SGCC-P-05</b> MUESTREO SÍLICE	Por camión	Manual	10 por camión
Combustibles	No aplica	Análisis del proveedor	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

**Tabla 6.4:** Muestreo de flujos de salida

Identificación	Punto de muestreo	Forma Determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	N° incrementos
Ánodos	Punto de sangría o canal.	Directa	<b>SGCC-P-08</b> MUESTREO Y PREPARACION ANODOS	Por hornada	Manual	3 incrementos por ciclo, uno al inicio, otro al medio, y otro al final del ciclo de moldeo.
Ácido sulfúrico producto.	Sector carguío de camiones Planta de ácido	Directa	<b>SGCC-P-12</b> MUESTREO DE ÁCIDO SULFURICO PRODUCTO	Por estanque	Manual	10 incrementos por estanque
Ácido sulfúrico tipo C	Sector carguío de camiones Planta de tratamiento de efluentes.	Directa	<b>SGCC-P-13</b> MUESTREO DE ÁCIDO SULFURICO TIPO C Y PTGC	Por camión	Manual	10 incrementos por camión
Ácido sulfúrico PTGC	Sector carguío de camiones PTGC	Directa	<b>SGCC-P-13</b> MUESTREO DE ÁCIDO SULFURICO TIPO C Y PTGC	Por camión	Manual	10 incrementos por camión
Escoria final	Sector Sangría HELE	Directa	<b>CM-04</b> MUESTREO DE ESCORIA FINAL HELE	Por Olla	Manual	3 incrementos por olla
Venta de concentrado	Cancha de acopio	Directa	<b>SGCC-P-10</b> MUESTREO, PREPARACION Y REFINO VENTA DE CONCENTRADO	Por camión	Manual	12 incrementos por camión
Venta circulante CT / circulantes Conversión	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-09</b> VENTA DE CIRCULANTE	Por camión	Manual	12 incrementos por camión

**Tabla 6.5:** Muestreo de flujos de inventarios dentro del límite del sistema

Identificación	Punto de muestreo	Forma Determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de muestreo	N° incrementos
Circulante CT	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-06</b> MUESTREO, REDUCCION Y REFINO CIRCULANTES PROCESO	Por lote de 200 ton máximo	Manual	10 incrementos/lote
Escoria CT fría	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-06</b> MUESTREO, REDUCCION Y REFINO CIRCULANTES PROCESO	Por lote de 200 ton máximo	Manual	10 incrementos/lote
Metal blanco frío	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-06</b> MUESTREO, REDUCCION Y REFINO CIRCULANTES PROCESO	Por lote de 200 ton máximo	Manual	10 incrementos/lote
Circulante conversión	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-06</b> MUESTREO, REDUCCION Y REFINO CIRCULANTES PROCESO	Por lote de 200 ton máximo	Manual	10 incrementos/unidad de muestreo
Polvos de fusión	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-07</b> MUESTREO, PREPARACION Y REFINO DE POLVOS	Por camión	Manual	10 incrementos/unidad de muestreo
Polvos de conversión	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-07</b> MUESTREO, PREPARACION Y REFINO DE POLVOS	Por camión	Manual	10 incrementos/unidad de muestreo
Polvos precipitadores electrostáticos	Zona de acopio	Directa	<b>SGCC-P-07</b> MUESTREO, PREPARACION Y REFINO DE POLVOS	Por camión	Manual	10 incrementos/unidad de muestreo
Productos en proceso	N/A	Indirecta	<b>CM-05</b> Determinación de masa y leyes de Productos en Proceso	N/A	N/A	N/A

## 7 ANALISIS QUIMICO.

El laboratorio de análisis químico de Fundición Hernán Videla Lira depende de la Unidad de Control de Calidad de la Fundición y aquí se realizan las caracterizaciones químicas por cobre, arsénico y azufre a los materiales que componen los flujos de entrada, salida y inventarios.

En las Tablas 6.1 a 6.3 se presenta la frecuencia de análisis, equipos utilizados, límites de detección y los errores asociados a los resultados de análisis de los productos que componen los flujos de entrada, salida e inventarios.

Las técnicas analíticas para determinar el contenido de arsénico disuelto y/o el arsénico contenido en los efluentes líquidos es la espectrofotometría de absorción atómica (EAA) y para la determinación de azufre se utilizará el horno de inducción por detección infrarroja (LECO).

El procedimiento analítico cuenta con un proceso anual de control y aseguramiento de la calidad, en donde se verifican o determinan la repetitividad, exactitud y los errores asociados a las mediciones, participación en rondas interlaboratorios, análisis de blanco y uso de estándares.

Las caracterizaciones químicas por arsénico y azufre para los distintos tipos de flujos, es el resultado de la correcta aplicación de los procedimientos de muestreos, preparación y análisis de muestras, se encuentran en el anexo de este documento.

**Tabla 7.1** Frecuencia, equipos, límites de detección, técnica de análisis y error asociado en los resultados de análisis químicos de arsénico y azufre en los flujos de entrada.

Identificación	Frecuencia de análisis	Tipo Análisis / Equipos		Límite detección %		Técnica análisis / Código Procedimiento		% Error	
		As	S	As	S	As	S	As	S
Concentrados de Cu	Diarios	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-3	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Concentrados de Au y Ag	Diarios	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-3	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Precipitados	Según recepción	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-3	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Minerales de fusión directa	Diarios	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-3	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Sílice	Según recepción	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Blíster	Diarios	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.001	0.001	EAA /GC-AQ-I-As-1	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-9	0.0003	0.0006
Combustibles	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

$$\text{Límite de detección (LD)} = \bar{X}_{\text{Blanco}} + 3\delta_x$$

**Tabla 7.2** Frecuencia, equipos, límites de detección, técnica de análisis y error asociado en los resultados de análisis químicos de arsénico y azufre en los flujos de salida

Identificación	Frecuencia de análisis	Tipo Análisis / Equipos		Límite detección %		Técnica análisis / Código Procedimiento		% Error	
		As	S	As	S	As	S	As	S
Ánodos	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.001	0.001	EAA / GC-AQ-I-As-1	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-9	0.0003	0.0006
Ácido Sulfúrico Producto	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Volumetría Indirecta/ Balanza Analítica	0.003	0.8	EAA / GC-AQ-I-As-15	Volumetría/ GC-AQ-I-S-12	0.0004	0.008
Ácido Sulfúrico Tipo C	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Gravimétrica /Balanza Analítica	0.003	0.006	EAA / GC-AQ-I-As-14	Gravimetría / GC-AQ-I-S-11	0.0004	0.005
Ácido Sulfúrico PTGC	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Gravimétrica /Balanza Analítica	0.003	0.006	EAA / GC-AQ-I-As-14	Gravimetría / GC-AQ-I-S-11	0.0004	0.005
Venta de Concentrado	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA /GC-AQ-I-As-3	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Venta de circulante CT	Según despacho	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Venta circulante Conversión	Según despacho	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Escoria Final HELE	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I /GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04

$$\text{Límite de detección (LD)} = \bar{X}_{\text{Blanco}} + 3\delta_x$$



**Tabla 7.3** Frecuencia, equipos, límites de detección, técnica de análisis y error asociado en los resultados de análisis químicos de arsénico y azufre en los flujos intermedios

Identificación	Frecuencia de análisis	Tipo Análisis / equipos		Límite detección %		Técnica de análisis / Código Procedimiento		% Error	
		As	S	As	S	As	S	As	S
Circulante CT	Según recepción	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Escoria CT Fría	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Metal Blanco Frío	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Polvos de fusión	Según despacho	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Polvos de conversión	Según despacho	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Polvos precipitadores electrostáticos	Según despacho	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / GC-AQ-I-As-16	H.I.D.I / GC-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Circulante Conversión	Diario	Instrumental PINAAcle 900F PINAAcle 500	Instrumental Leco S230/ Leco S744	0.003	0.208	EAA / CG-AQ-I-As-16	H.I.D.I / CG-AQ-I-S-10	0.0004	0.04
Productos en proceso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

$$\text{Límite de detección (LD)} = \bar{X}_{\text{Blanco}} + 3\delta_x$$

## 8 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO FINOS DE As y S

Los finos de Azufre o Arsénico contenidos en las corrientes de Entrada/Salida, resultan de aplicar la ley base mensual al peso seco ajustado por el Balance Metalúrgico Cu-Ag-Au para la corriente en dicho mes.

El procedimiento de cálculo para obtener el fino ajustado del Azufre o Arsénico para cada una de las corrientes del modelo reducido para balance de Azufre y Arsénico es el siguiente:

$$f = P * L$$

Donde:

$f$ : Fino de Arsénico o Azufre según corresponda (t)

$P$ : Peso seco ajustado (t)

$L$ : Ley promedio ponderada mensual de Arsénico o Azufre según corresponda (%)

Esto no aplica en el Ácido tipo “C” y “PTGC”, para determinar los finos de Azufre contenidos en estos, se utiliza lo siguiente:

$$V_{H_2SO_4} = \frac{P}{\rho}$$

$$M_{H_2SO_4} = V_{H_2SO_4} * [H_2SO_4]$$

$$f = M_{H_2SO_4} * \left[ \frac{PA_S}{2 * PA_H + PA_S + PA_O * 4} \right]$$

Donde:

$V_{H_2SO_4}$  : Volumen de ácido (m<sup>3</sup>)

$P$  : Producción diaria (t)

$\rho$  : Densidad  $\left(\frac{t}{m^3}\right)$

$M_{H_2SO_4}$  : Masa de ácido (t)

$f$  : Finos de Azufre (t)

$PA_S$  : Peso Atómico Azufre

$PA_H$  : Peso Atómico Hidrógeno

$PA_O$  : Peso Atómico Oxígeno

$[H_2SO_4]$ : Concentración de ácido  $\left(\frac{t}{m^3}\right)$

Para determinar los finos de Arsénico contenidos en estos, se utiliza lo siguiente:

$$f = \frac{P * [As]}{\rho} * 1x10^{-6}$$

Donde:

$P$  : Producción diaria (t)

$\rho$  : Densidad  $\left(\frac{g}{l}\right)$

$f$  : Finos de Arsénico (t)

$[As]$  : Concentración de Arsénico  $\left(\frac{t}{m^3}\right)$

## 9 REGISTRO DE CONTROL DOCUMENTAL

Los documentos que forman parte de esta metodología se encuentran resumidos desde la Tabla 9.1 y comprenden los procedimientos de muestreos, procedimiento de preparación de muestras, procedimiento de análisis químico (incluyendo mantenciones de equipos críticos, calibraciones, verificaciones intermedias), procedimiento para verificaciones intermedias de los equipos de medición de flujo (básculas), procedimiento de ensayo No Conforme (Por ejemplo, emisión mensual negativa, captación mayores al 100%).

### 9.1 Registro documental de procedimientos de muestreo y preparación

Flujos	Procedimientos		Registros
	Código	Identificación	
Concentrados de Cu Concentrados de Au Concentrados de Ag Precipitados	SGCC-P-01	Procedimiento de muestreo concentrados y precipitados	<b>SGCC-RM-01</b> Registro de muestreo
	SGCC-P-02	Procedimiento de reducción de muestras concentrados y precipitados	
	SGCC-P-03	Procedimiento de refinado de muestras concentrados y precipitados	
Minerales de fusión directa	SGCC-P-04	Procedimiento de muestreo y preparación de minerales fusión directa	
Sílice	SGCC-P-05	Procedimiento de muestreo y preparación de sílice	
Blíster	SGCC-P-11	Procedimiento de muestreo y preparación blíster	
Ánodos	SGCC-P-08	Procedimiento de muestreo y preparación ánodos	
Ácido Sulfúrico producto.	SGCC-P-12	Procedimiento de muestreo de ácido sulfúrico producto	
Ácido Sulfúrico Tipo C Ácido Sulfúrico PTGC	SGCC-P-13	Procedimiento de muestreo de ácido sulfúrico tipo C y PTGC	

Flujos	Procedimientos		Registros
	Código	Identificación	
Venta de concentrado	SGCC-P-10	Procedimiento de muestreo y preparación venta de concentrado	
Venta circulantes CT Venta circulante conversión	SGCC-P-09	Procedimiento de muestreo y preparación venta de circulantes	
Circulante CT Escoria CT fría Metal Blanco frío Circulantes conversión	SGCC-P-06	Procedimiento de muestreo y preparación circulantes	
Productos en Proceso	N/A	N/A	
Polvos de fusión Polvos de conversión Polvos precipitadores electrostáticos	SGCC-P-07	Procedimiento de muestreo y preparación de polvos	
Escoria final	CM-04	Muestreo Escoria Final HELE	

## 9.2 Registro documental de procedimientos de análisis químico de As

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
Concentrado de Cu	Determinación de Arsénico en Concentrado, Precipitados y Minerales fusión directa por EAA	GC-AQ-I-As-3	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Precipitados	Determinación de Arsénico en Concentrado, Precipitados y Minerales fusión directa por EAA	GC-AQ-I-As-3	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Concentrados de Au	Determinación de Arsénico en Concentrado, Precipitados y	GC-AQ-I-As-3	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
	Minerales fusión directa por EAA		SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Concentrados de Ag	Determinación de Arsénico en Concentrado, Precipitados y Minerales fusión directa por EAA	GC-AQ-I-As-3	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Sílice	Determinación de Arsénico en Concentrado, Precipitados y Minerales fusión directa por EAA	GC-AQ-I-As-3	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Circulante CT	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Escoria CT fría	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
			SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Metal Blanco Frío	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Polvo de Fusión	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Polvos de conversión	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Polvos precipitadores electrostáticos	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
			SGL-Re-I-2I V04
Circulante Conversión	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-2I V04
Productos en Proceso	N/A	N/A	N/A
Ánodos	Determinación de Arsénico en Cobre Metálico por EAA	GC-AQ-I-As-1	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-2I V04
Escoria Final	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-S-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-2I V04
Ácido Sulfúrico Producto	Determinación de arsénico en ácido sulfúrico producto por EAA	GC-AQ-I-As-15	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-2I V04
Ácido Sulfúrico Tipo C		GC-AQ-I-As-14	SGL-Re-I-As-01

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
	Determinación de arsénico en ácido sulfúrico tipo C y ácido sulfúrico PTGC		SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Ácido Sulfúrico PTGC	Determinación de arsénico en ácido sulfúrico tipo C y ácido sulfúrico PTGC	GC-AQ-I-As-14	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Venta de concentrado	Determinación de Arsénico en Concentrado, Precipitados y Minerales por EAA	GC-AQ-I-As-3	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Venta de circulantes CT	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA	GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04
Venta de circulantes Conversión		GC-AQ-I-As-16	SGL-Re-I-As-01 SGL-Re-I-As-02 SGL-Re-I-As-03 SGL-Re-I-As-04 SGL-Re-I-As-05



Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
	Determinación de Arsénico en Circulantes de Fundición por EAA		SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19 SGL-I-09 V03 SGL-Re-I-21 V04

### 9.3 Registro documental de procedimientos de análisis químico de S

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
Concentrado de Cu	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Precipitados	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Blíster	Determinación Instrumental de Azufre en Cobre Metálico	GC-AQ-I-S-9	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Minerales de fusión directa	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Concentrados de Au	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Concentrados de Ag	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Sílice	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
Circulante CT	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Escoria CT fría	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Metal Blanco Frío	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Polvos de fusión	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Polvos de conversión	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Polvos precipitadores electrostáticos	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Circulante Conversión	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Productos en Proceso	N/A	N/A	N/A
Ánodos	Determinación Instrumental de Azufre en Cobre Metálico	GC-AQ-I-S-9	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Escoria Final	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
Ácido Sulfúrico Producto	Determinación indirecta de Azufre en ácido sulfúrico producto	GC-AQ-I-S-12	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL – P – 19
Ácido Sulfúrico Tipo C	Determinación gravimétrica de Azufre en ácido sulfúrico tipo c y ácido sulfúrico PTGC	GC-AQ-I-S-11	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Ácido Sulfúrico PTGC	Determinación gravimétrica de Azufre en ácido sulfúrico tipo c y ácido sulfúrico PTGC	GC-AQ-I-S-11	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Venta de concentrado	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición.	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Ventas circulantes CT	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19
Venta circulantes Conversión	Determinación Instrumental de Azufre en concentrado, precipitados, minerales y Circulantes de fundición	GC-AQ-I-S-10	SGL-Re-I-S-01 SGL-Re-I-08-01 SGA-PA-14-01 SGL-I-08 V02 SGL-P-19

#### **9.4 Registro documental de procedimiento de Trabajo No Conforme**

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
Ensayo no conforme	Procedimiento de Trabajo No Conforme	SGCC-P-14	Registro de Hallazgo

#### **9.5 Registro documental de verificación intermedia de básculas**

Flujos	Nombre del procedimiento	Código	Registros Asociados
Verificación intermedia de básculas	Procedimiento de verificaciones intermedias de báscula	SGCC-P-15	Digital en básculas y romana

## **10 REFERENCIAS**

- 10.1 Resolución Exenta 694, 21 de agosto de 2015, Superintendencia del Medio Ambiente.  
"Aprueba protocolo para validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo con el D.S. 28/2013 MMA".
- 10.2 Decreto Supremo 28, 12 de diciembre de 2013, Ministerio de Medio Ambiente.  
"Establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico".
- 10.3 Decreto Supremo 75, 26 de diciembre de 2008, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
"Modifica norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire contenida en el DS N° 165 de 1999 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia".
- 10.4 Decreto Supremo 165, 2 de junio de 1999, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
"Establece la Norma de Emisión para la Regulación del Contaminante Arsénico Emitido al Aire".
- 10.5 Resolución Exenta 2271, 12 de noviembre de 2020, Superintendencia del Medio Ambiente.  
"Requiere información que indica e instruye la forma y modo de presentación de los antecedentes solicitados a Empresa Nacional de Minería, Fundación Hernán Videla Lira".