



Corporación Nacional del Cobre de Chile  
División Chuquicamata  
Once Norte N° 1291  
Villa Exótica, Calama  
II Región, Chile  
www.codelco.com



Calama, 07 de febrero de 2019  
GSAE N° 050/2019

Señor  
**Rubén Verdugo Castillo**  
Superintendente (S) Medio Ambiente  
Teatinos 280, piso 8  
**SANTIAGO**

**REF:** Modificación de Metodología de Balance de Masa de Arsénico y Azufre de la Fundición Chuquicamata, aprobada en Resolución Exenta 182/2018. CODELCO División Chuquicamata

De mi consideración:

Por medio de la presente, CODELCO División Chuquicamata presenta la Modificación de Metodología de Balance de Masa de Arsénico y Azufre de la Fundición Chuquicamata, aprobada en Resolución Exenta 182 del año 2018 con fecha 09 de febrero 2018.

Lo anterior en conformidad al artículo 12 del D.S. N°28/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece que para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión de SO<sub>2</sub> 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; y a la Resolución Exenta N°694/2015 de la Superintendencia de Medio Ambiente que aprueba el "Protocolo para validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo al DS 28/2013 MMA".

Saluda atentamente a usted,

**MARIA CLÉMENCIA OVALLE ROBLES**  
Gerente Sustentabilidad y Asuntos Externos  
CODELCO Chile División Chuquicamata



ERM/CPN/lic

cc: Gerente Fundición Chuquicamata  
Director de Ambiente y Territorio DCH  
Ingeniero Jefe de Sustentabilidad  
Correlativo  
Archivo



CODELCO División Chuquicamata

**METODOLOGÍAS DE BALANCE METALÚRGICO DE ARSÉNICO Y AZUFRE  
FUNDICIÓN CHUQUICAMATA**

Dirección de Calidad – Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo

	Nombre	Cargo	Fecha	Revisión
<b>Elaborado por</b>	Rubén Toro Z.	Coordinador de Gestión Calidad y Procesos GRMD	<i>R. Toro</i>	<b>A</b>
	Paola Moreno C.	Ingeniera de Gestión de Calidad y Procesos GRMD	<i>[Signature]</i>	<b>B</b>
<b>Revisado por</b>	Daniela Homper N.	Ingeniera Senior Gerencia Fundición- Chuquicamata	<i>[Signature]</i>	<b>C</b>
	Carolina Pinilla N.	Ingeniera Jefe Sustentabilidad	<i>[Signature]</i>	<b>D</b>
<b>Aprobado por</b>	Jorge Concha H.	Director de Calidad	<i>[Signature]</i>	<b>0</b>

## ÍNDICE

1. REQUERIMIENTOS GENERALES .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 RESUMEN .....	2
1.3 TITULAR .....	3
2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA .....	4
3. FLUJOS DE ENTRADA.....	5
4. FLUJOS DE SALIDA .....	6
5. FLUJOS INTERMEDIOS (INVENTARIOS).....	7
6. VALIDACIÓN DE LOS BALANCES .....	8
7. MUESTREO .....	10
7.1 MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO .....	10
7.2 ESTIMACIONES .....	10
8. ANÁLISIS QUÍMICO.....	15
9. MODIFICACIÓN DE DOCUMENTO .....	18
10. ANEXOS .....	20
Anexo 1.....	21
Resumen de Procedimiento .....	21

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1. Descripción de equipos e instalaciones.....	5
Tabla 3.1. Flujos de Entrada .....	5
Tabla 4.1. Flujos de Salida.....	6
Tabla 5.1. Flujo variación de Inventarios .....	7
Tabla 7.1. Descripción de muestreos y estimaciones.....	12
Tabla 8.1. Descripción del análisis químico.....	15

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 Ubicación de la Fuente Emisora.....	1
Figura 2.1 Diagrama de Flujo Fundición Chuquicamata .....	4
Figura 7.1. Diagrama de puntos de medición y de muestreo .....	14

### **ANEXOS**

Anexo 1. Resumen de Procedimientos	
------------------------------------	--

# 1. REQUERIMIENTOS GENERALES

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La Fundición Chuquicamata tiene una capacidad de fusión de concentrados y/o calcinas (provenientes de División Ministro Hales, CODELCO) de 1.170.000 ton/año, donde sus productos principales son cobre anódico y ácido sulfúrico. La capacidad de producción está aprobada ambientalmente por la Resolución de Calificación Ambiental N° 183 del año 2000 (RCA 183/2000).

Fundición Chuquicamata tiene una antigüedad de operación de 65 años, sin embargo, el esquema operacional actual data del año 2000.

Este esquema cuenta con un escenario operativo en base a 01 Secador Rotatorio, 01 Horno Flash, 04 Convertidores Pierce Smith, 06 Hornos de Refinación Anódica, 02 Hornos de Fusión de Scrap, 03 Ruedas de Moldeo de Ánodos, 02 Plantas de Ácido Sulfúrico, 03 Plantas de Oxígeno y 01 Planta de Tratamiento de Arsénico.

La Fundición Chuquicamata, está ubicada en la comuna de Calama, Provincia de Loa, Región de Antofagasta. Dicha instalación se emplaza a 15 km al Norte de la ciudad de Calama y 250 km al Noreste de la ciudad de Antofagasta. En la Figura 1.1 se detalla con mayor precisión la ubicación.

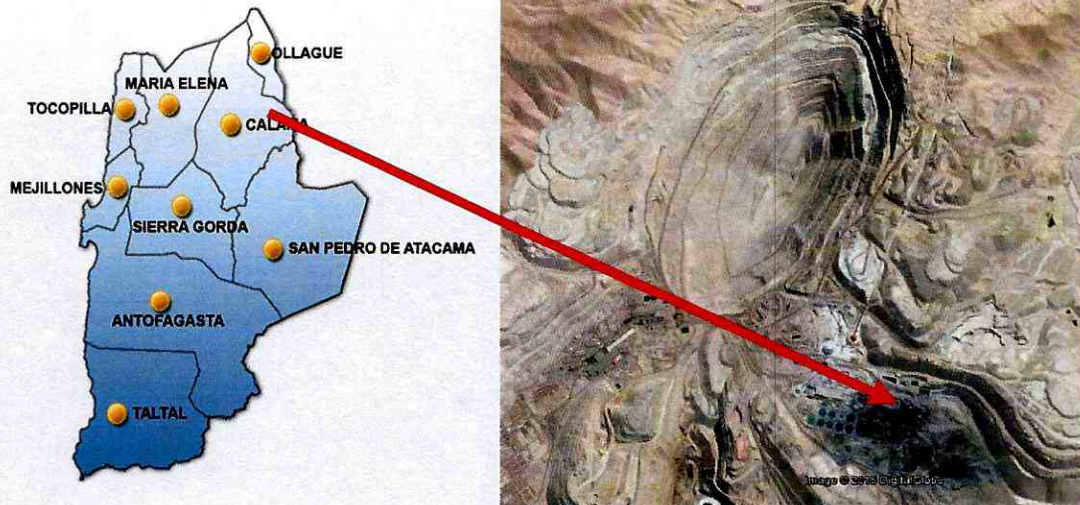


Figura 1.1. Ubicación de la Fuente Emisora

## 1.2 RESUMEN

La Fundición de Chuquicamata, ha desarrollado un mejoramiento general a gran parte sus operaciones unitarias para dar cumplimiento al DS 28/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece "Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico" con entrada en vigencia el 12 Diciembre 2018.

Dado lo anterior, los proyectos que forman parte de la transformación de la Fundición se describen a continuación:

- Transformación de Plantas de Ácido N° 3 y N°4 a Doble Contacto/ Doble Absorción, tiene por objetivo desarrollar un cambio de tecnología que permita disminuir las emisiones de SO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, aumentar la eficiencia de conversión y absorción de los gases provenientes de Fundición.
- Aumento de la Capacidad de Fusión, potenciamiento del Horno Flash 825 ktpa a 1.170 ktpa permitiendo procesar mezclas de calcina de División Ministro Hales (DMH), concentrado de Chuquicamata, RT Fase 1 y concentrado de escoria.
- Implementación de un nuevo Secador a Vapor, que permite la reducción de la emisión de Material Particulado.
- Captación y Limpieza de Humos en Refino, para la reducción de emisiones de gases.
- Cambio a un combustible menos contaminante Petróleo a Gas Natural en la refinación.
- Mejoramiento en la captación de gases fugitivos en Horno Flash.
- Reemplazo de Campanas Convertidores Pierce Smith.
- Instalación de una nueva planta de tratamiento de efluentes, para la fijación de Arsénico (ATP).

En este informe se presenta la metodología propuesta, la cual se basa en los requerimientos descritos en la Resolución Exenta N°694/2015 en relación a las metodologías específicas, conforme las cuales se realizan los balances de masa mensuales para el Azufre (S) y Arsénico (As).

Una vez realizado el balance de Cobre (Cu), se utilizan las masas en base seca del balance ajustado de cobre de la División Chuquicamata (mediante software SIGMAFINE) extrayendo en forma automática las masas reconciliadas de los flujos necesarios para los balances de As y S, además de las masas de Efluente de Planta de Ácido y la producción de ácido sulfúrico.

Para dichos balances, las leyes de As y S asociados a cada flujo, se encuentran disponibles en el sistema LIMS de información del laboratorio químico, para lo cual, se cuenta con aplicaciones automáticas que rescatan esta información y la hacen converger a los flujos definidos en el balance.

Posteriormente, se cuenta con la información de inventarios medidos por distintas metodologías (topografía laser, medición de alturas en tolvas, estimación de líquidos calientes en equipos de fusión, conteo de piezas de ánodos y scrap), cuyas leyes han sido analizadas para As y S, y son ingresadas en forma manual para que participen del balance.

Por otro lado, en cada balance mensual se informa los materiales de mantención y limpieza, siendo estos descontados anualmente de la emisión final acumulada del año de acuerdo a lo establecido en el Protocolo.

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

$$\text{Emisión (As,S)} = \text{Entradas} - \text{Salidas} + \Delta_{Inv} \quad \text{Ec. 1}$$

La emisión se determina como la diferencia entre las concentraciones de azufre o arsénico neto que ingresa y sale de la fuente emisora más el azufre o arsénico asociado a la variación de inventario (este término puede ser positivo o negativo).

### 1.3 TITULAR

Tabla 1.1. Información del titular de la fuente

<b>Titular de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:</b> CODELCO CHILE, División Chuquicamata		<b>RUT o RUN:</b> 61.704.000-K	
<b>Identificación de la fuente:</b> Fundición de Concentrados División Chuquicamata			
<b>Dirección:</b> Av. 11 Norte N°1291, Villa Exótica, Edificio Institucional, Calama	<b>Región:</b> Antofagasta	<b>Provincia:</b> El Loa	<b>Comuna:</b> Calama
<b>Correo Electrónico:</b> <a href="mailto:MBarrazg@codelco.cl">MBarrazg@codelco.cl</a>		<b>Teléfono:</b> (56-55) 2325320	
<b>Representante Legal:</b> Mauricio Antonio Barraza Gallardo		<b>RUT:</b> 9.467.943 – 5	
<b>Dirección:</b> Av. 11 Norte N°1291, Villa Exótica, Edificio Institucional, Calama	<b>Teléfono:</b> (56-55) 2325320	<b>Correo Electrónico:</b> <a href="mailto:MBarrazg@codelco.cl">MBarrazg@codelco.cl</a>	

## 2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

El límite y sistema se detalla en la siguiente figura:

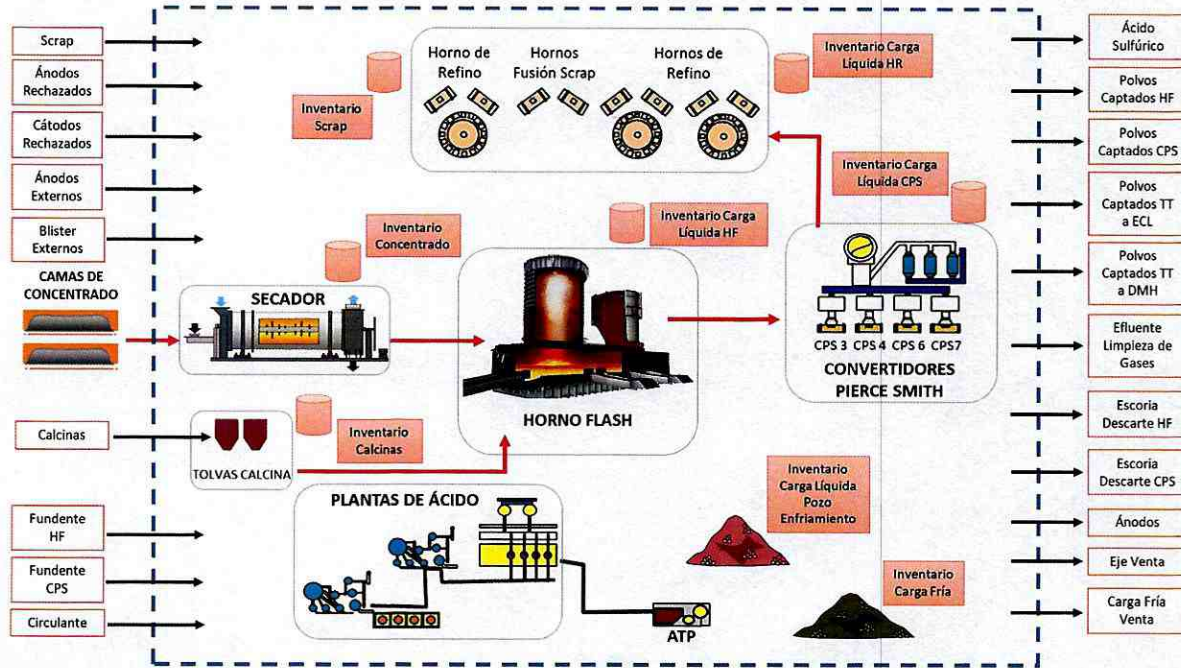


Figura 2.1 Diagrama de Flujo Fundición Chuquicamata

En la Tabla 2.1 se presentan los principales equipos e instalaciones.

Tabla 2.1. Descripción de equipos e instalaciones

Equipo/ Instalación	Cantidad	Dimensiones	Capacidad equipo	Marca/ Modelo	Año Instalación
Secador N°5	1	3,6 m diámetro y 38,5 m de largo	160(t/h)	Secador Rotatorio directo	1992
Secador a Vapor N°6	1	4,44 m diámetro y 15,5 m de largo	207(t/h)	Secador a vapor de tambor rotatorio	2019
Horno Flash (HF)	1	- Settler: 21 m x 7,6 m x 2 m - Torre reacción: 6m $\phi$ x 6 m altura (cilíndrica) - Up-take: 3,8 m $\phi$ x 7,5 m Altura	3.000 t/día	Outokumpu	1988
Convertidor Pierce Smith (CPS)	3	4,5 m $\phi$ x 13,2 m largo	250 t/día	Pierce Smith	1952
Convertidor Pierce Smith (CPS)	1	4,5 m $\phi$ x 13,2 m largo	250 t/día	Pierce Smith	2017
Hornos de Refino	4	4 m $\phi$ x 9,2 m largo	250 t/día	Basculante	1952
Hornos de Refino	2	4,6 m $\phi$ x 9,2 m largo	350 t/día	Basculante	1952
Hornos Fusión Scrap	2	4 m $\phi$ x 9,2 m largo	250 t/día	Basculante	2000
Plantas de Ácido Sulfúrico	2	N/A (*)	2.085 [t <sup>3</sup> /día]	SNC-L	2018
ATP	1	N/A (*)	88 m <sup>3</sup> /h	SNC-L	2018

(\*) Las Plantas de Ácido y ATP se componen de un conjunto de varios equipos.

### 3. FLUJOS DE ENTRADA

Los flujos en entrada al balance de Arsénico y Azufre son los siguientes:

Tabla 3.1. Flujos de Entrada

Alimentación Secador N° 5 (1)
Alimentación Secador N° 6 (2)
Calcina Seca
Scrap de Refinerías
Ánodos rechazados
Cátodos rechazados
Ánodos Externos
Blíster externo
Fundentes Horno Flash (HF)
Fundentes Convertidor Pierce Smith (CPS)
Circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje)



- (1) El secador 5 conectado al Filtro de manga, de manera provisoria hasta que ingrese en funcionamiento el secador N° 6.
- (2) La alimentación a Secador como flujo y leyes, son una mezcla de concentrado filtrado, concentrados de escorias y calcinas húmedas.

#### 4. FLUJOS DE SALIDA

Los flujos en salida al balance de Arsénico y Azufre son los siguientes:

Tabla 4.1. Flujos de Salida

Ácido sulfúrico
Polvos captados HF
Polvos captados CPS
Polvos captados Tolva Tripartita a ECL
Polvos captados Tolva Tripartita a DMH
Efluentes limpieza de gases
Escorias de descarte HF
Escorias de descarte CPS
Ánodos
Eje a venta
Carga Fría a venta

## 5. FLUJOS INTERMEDIOS (INVENTARIOS)

Los inventarios considerados en el balance de Arsénico y Azufre son los siguientes:

Tabla 5.1. Flujo variación de Inventarios

<b>Inicial</b>
Inventario Concentrado
Inventario Calcina Seca
Inventario Carga Fría
Inventario Scrap
Inventario Carga Líquida HF
Inventario Carga Líquida CPS
Inventario Carga Líquida Hornos Refino
Inventario de Carga Líquida Pozo Enfriamiento
<b>Final</b>
Inventario Concentrado
Inventario Calcina Seca
Inventario Carga Fría
Inventario Scrap
Inventario Carga Líquida HF
Inventario Carga Líquida CPS
Inventario Carga Líquida Hornos Refino
Inventario de Carga Líquida Pozo Enfriamiento

## 6. VALIDACIÓN DE LOS BALANCES

El balance metalúrgico de cobre de División Chuquicamata corresponde a un balance integral, que incorpora los procesos de:

- Concentradora
- Fundición
- Refinería
- Lixiviación
- Planta ECL

El balance metalúrgico de cobre balancea masa, cobre y molibdeno, siendo este último elemento, balanceado sólo en aquellos procesos en los cuales se mide y controla su concentración, lo que corresponde básicamente al proceso de concentración.

Codelco División Chuquicamata utiliza el balance metalúrgico de cobre para validar los balances de As y S. El balance es preparado por la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo, a través de su Dirección de Calidad.

Los datos que ingresan al balance provienen de los sistemas de pesaje. La información está disponible a través del Sistema LIMS, en donde se consolida la información de pesajes y concentraciones de los distintos elementos que se analizan para el caso del laboratorio, e ingreso manual cuando no se cuenta con datos automatizados.

La mayoría de los datos son capturados a través de aplicaciones dispuestas para este efecto. La labor de la Dirección de Calidad comienza con la revisión de los datos y su eventual corrección, cuando se detectan errores de ingreso de información.

El sistema de captura y revisión de datos realiza la integración de la información, de manera de pasar de datos de turnos o lotes a información diaria y luego a información de periodo mensual.

La información revisada se alimenta a PI System, que corresponde a la base de datos de procesos de la División, estos datos son alimentados al software de ejecución de balances metalúrgicos, Sigmafine<sup>1</sup>, donde se genera la reconciliación de datos.

La reconciliación de datos en Sigmafine se ejecuta de manera simultánea para masa, cobre y molibdeno.

La reconciliación de datos la realiza el motor de cálculo de Sigmafine el cual opera básicamente optimizando la siguiente función objetivo:

$$f_o = \sum_{i=1}^n \frac{(x_r - x_m)^2}{\sigma_{x_i}^2}$$

**Ec.2**

---

<sup>1</sup> Sigmafine corresponde a un software de reconciliación de datos representado por Pimsoft (<http://www.pimsoftinc.com/>) y en la actualidad corresponde al estándar corporativo de Codelco Chile para la ejecución de balances metalúrgicos.

Donde:

$x$  corresponde a:

- Los flujos másicos del modelo (tms).
- Contenidos de Inventarios del modelo (tms).
- Leyes de cobre de los flujos.
- Leyes de cobre de los inventarios.
- Leyes de molibdeno de los flujos.
- Leyes de molibdeno de los inventarios.

$m$  hace referencia al dato medido, para el periodo (flujo, mensual, inventario al inicio o final del periodo o leyes).

$r$  hace referencia al dato reconciliado.

$\sigma_x$ , Corresponde a la desviación estándar de las mediciones y participa en la optimización otorgando mayor confiabilidad a las mediciones de mejor calidad.

La optimización descrita se realiza bajo las restricciones de cumplimiento de las ecuaciones de conservación de masa en cada proceso del modelo y en todas y cada una de las combinaciones de proceso, incluyendo el proceso global.

Lo anterior significa el cumplimiento de las ecuaciones:

$$\left( \sum_{i=1}^n W_{e_i} + \sum_{i=1}^m I_{i_i} \right) - \left( \sum_{i=1}^m W_{S_j} + \sum_{i=1}^m I_{F_i} \right) = 0 \quad \text{Ec. 3}$$

y,

$$\left( \sum_{i=1}^n W_{e_i} \times X_{e_i} + \sum_{k=1}^m I_{i_k} \times X_{i_k} \right) - \left( \sum_{j=1}^m W_{S_j} \times X_{S_j} + \sum_{l=1}^m I_{F_l} \times X_{F_l} \right) = 0 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde el valor de "n" y "m" corresponde a la cantidad de variables definidas en el sistema.

En el caso del arsénico, existe la posibilidad de que el balance de emisiones arroje un resultado negativo. Esto se debe a detenciones por mantención (de uno o más equipos que están en la línea) y que significan la acumulación de materiales por alteraciones operacionales. Cuando se presente esta situación se elaborará un informe y se aplicará la corrección al final del periodo (año calendario).

## **7. MUESTREO**

Debido a que esta actividad establece las bases para la determinación de los elementos contenidos en la muestra, a continuación, se detallan las metodologías utilizadas, las que se agrupan en "Muestreo y Análisis Químico" o "Estimación".

### **7.1 MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO**

Las etapas asociadas a la determinación de la ley respecto al balance de masa de As y S se desarrollan en tres etapas: muestreo, preparación de muestra y análisis químico. Estos se ejecutan siguiendo los procedimientos de la División Chuquicamata, los cuales se encuentran dentro del Sistema de Calidad de la Dirección de Calidad y bajo el estándar de la ISO 9001. Para el análisis de los flujos de Calcina Seca a fusión y Polvos captados tolva tripartita a DMH se utilizan los procedimientos de División Ministro Hales, los cuales describen las etapas y manera de realizar dichos muestreos, de modo de asegurar la calidad de la información y la confiabilidad de los datos.

Tal como se indica en la Tabla 7.1, los procedimientos de muestreo varían dependiendo del flujo a analizar, por lo que, a modo de facilitar la lectura del presente se han resumido los procedimientos en Anexo 1.

### **7.2 ESTIMACIONES**

Algunas fracciones de Arsénico y Azufre deben ser estimadas, como se aprecia en la Tabla 7.1, esto se realiza dependiendo del flujo, de acuerdo con las siguientes metodologías:

- Ley de ánodos: este dato es obtenido mediante muestreo diario de los ánodos por carga Blíster y CFI-CFR. Se compila en un registro diario de leyes y una vez finalizado el mes, éstas se ponderan mensualmente y se asigna un valor para la Ley de Scrap, Ánodos rechazados, Cátodos rechazados, Inventario Scrap e Inventario Carga Líquida Hornos Refino.
- Entregados por Proveedor: La ley utilizada es la proporcionada por el proveedor de los ánodos externos y blíster externos.
- Estimado mediante el análisis inventario: La medición de tonelaje del Inventarios de Concentrado, se determina calculando el volumen ocupado en las tolvas. El contenido de arsénico o azufre se calcula en base al promedio ponderado del concentrado filtrado ingresado respecto a la cantidad de material en inventario.
- Análisis del último día del mes: Para el Inventario de Calcinas (seca), se utiliza los valores del último día del mes. Para el caso del Inventario Carga Líquida HF y CPS se utiliza la ley de As y S del análisis del último día del mes.
- Valor teórico: Corresponde al contenido de azufre en el ácido sulfúrico en un 100% de pureza, este valor corresponde 32,69%.

En relación a las frecuencias mencionadas en la Tabla 7.1, cabe señalar que el muestreo de la determinación de las leyes se realiza en función de medidas operacionales como lo son el loteo, ollas, carga, camiones e inventarios. Considerando esto, se indica que:

- Cargas: La frecuencia está definida en función de las cargas de las muestras de ánodos por carga (rectángulo) que tiene 3 incrementos (inicio -medio- término del moldeo).
- Camiones: La frecuencia está definida en función de camiones, donde se muestrea la totalidad de camiones que ingresa y salen de la División. Además de materiales de movimientos internos que salen o entran al límite del Balance definido. (Carga Circulante de BADEC a Stock, escoria y eje).
- Lotes: Se encuentra relacionado a los tipos de carga de los flujos, estos son acopiados y muestreados en lotes 2.000, 500 y 200 toneladas.
- Ollas evacuadas: Se encuentra relacionada a los flujos de escoria de descarte en los equipos de fusión. Se indica que la frecuencia corresponde a cuando la olla presenta un llenado completo y es trasladada al destino final. A continuación, se presenta la toma de muestras de escorias que detalla el número de incrementos por olla, estas varían entre 10 a 20 incrementos

La tabla siguiente describe y resume los muestreos y estimaciones realizadas para efectos de elaboración del balance de As y S.

Tabla 7.1. Descripción de muestreos y estimaciones

Tipo de Flujo	Punto de Muestreo	Forma de Determinación de flujos	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	Nº de Incremento <sup>2</sup>
<b>Flujos de Entrada</b>						
Alimentación Secador N° 5	Correa alimentación Secador 5	Analizada	Procedimiento CI-9686	Cada 30 minutos	Automático/Manual	16 incrementos
Alimentación Secador N° 6	Correa alimentación Secador 6	Analizada	Procedimiento CI-9686		Automático/Manual	
Calcina Seca a fusión	DMH-DCH	Analizada	Protocolo DMH-GRMD-PR-014 Ver Anexo 1, N°2	Cada 2 Horas	Manual	12 incremento por turno
Scrap	N/A	Estimado mediante Ley de ánodos	N/A	N/A	N/A	N/A
Ánodos rechazados	N/A	Estimado mediante Ley de ánodos	N/A	N/A	N/A	N/A
Cátodos rechazados	N/A	Estimado mediante Ley de ánodos	N/A	N/A	N/A	N/A
Ánodos Externos	N/A	Entregada por proveedor	N/A	N/A	N/A	N/A
Blíster externo	N/A	Entregada por proveedor	N/A	N/A	N/A	N/A
Fundentes HF	Ducto Carguío HF	Analizada	Procedimiento CI-09793.SAA. Ver Anexo 1, N°3	Cada 15 Minutos	Manual	12 incremento por día
Fundentes CPS	Correa 114-115	Analizada	Procedimiento CI-09793.SAA. Ver Anexo 1, N°3	Cada 15 Minutos	Manual	12 incremento por día
Circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje)	Romana 3	Analizada	Procedimiento CI-09690.SAA. Ver Anexo 1, N°4	Cada vez que ingresa un Camión	Manual	14 incremento por camión
<b>Flujos Intermedios</b>						
Inventario Concentrado	N/A	Estimado mediante el análisis de inventarios	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Calcina <sup>3</sup>	N/A	Estimado mediante el análisis del último día del mes	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Fría	Área de Selección	Analizada	Procedimiento CI-09690.SAA. Ver Anexo 1, N°4	<sup>4</sup> Por lotes de 2.000 ton	Manual	40 incrementos por lote
Inventario Scrap	N/A	Estimado mediante Ley de ánodos	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida HF	N/A	Estimado mediante el análisis del último día del mes	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida CPS	N/A	Estimado mediante el análisis del último día del mes	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida Hornos Refino	N/A	Estimado mediante Ley de ánodos	N/A	N/A	N/A	N/A

<sup>2</sup> Conforme a los procesos de mejora continua el número de incremento puede variar de lo reportado, considerando los mínimos establecidos en la normativa. Sólo se rectificará formalmente la presente metodología en casos donde la variación sea significativa e implique una reducción en el número de incrementos.

<sup>3</sup> Corresponde a calcina seca

<sup>4</sup> Por no disponer de espacio suficiente se forman lotes de 2.000 t

Tipo de Flujo	Punto de Muestreo	Forma de Determinación de flujos	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de Incremento <sup>2</sup>
Inventario de Carga Líquida Pozo Enfriamiento	Pozo de enfriamiento	Analizada	Procedimiento CI-09690.SAA. Ver Anexo 1, N°4	Por lotes de 500 ton	Manual	40 incrementos por lote
<b>Flujos de Salida</b>						
Ácido sulfúrico	N/A	Valor Teórico	N/A	N/A	N/A	N/A
Polvos captados HF	Dispositivo Captación de Polvo	Analizada	Procedimiento CI-09802.SAA. Ver Anexo 1, N°5	Cada 1 Horas	Manual	24 incremento por día
Polvos captados CPS	Dispositivo Captación de Polvo	Analizada	Procedimiento CI-09802.SAA. Ver Anexo 1, N°5	Cada 1 Horas	Manual	24 incremento por día
Polvos captados tolva tripartita ECL	Planta ECL	Analizada	Procedimiento CI-09702.SAA. Ver Anexo 1, N°6	Cada 5 Minutos por Camión	Automático	36 incrementos por día
Polvos captados tolva tripartita a DMH	Planta DMH	Analizada	Protocolo DMH-GRMD-PR-013 Ver Anexo 1, N°7	Cada Camión	Manual	1 incremento por camión
Efluentes limpieza de gases	Planta de Ácido	Analizada	Procedimiento CI-09710.SAA. Ver Anexo 1, N°8	Cada 15 Minutos	Automático	32 incremento por turno
Escorias de descarte HF	Canala sangría HF	Analizada	Procedimiento CI-09794.SAA. Ver Anexo 1, N°9	Por olla evacuada <sup>5</sup>	Manual	20 incremento por olla
Escorias de descarte CPS	Boca Convertidores	Analizada	Procedimiento CI-09794.SAA. Ver Anexo 1, N°9	Por olla evacuada <sup>4</sup>	Manual	10 incremento por olla
Ánodos	Planta Refino y Moldeo	Analizada	Procedimiento CI-0947.SAA. Ver Anexo 1, N°10	Por Carga	Manual	1 incremento por carga
Eje	Romana 3	Analizada	Procedimiento CI-09792.SAA. Ver Anexo 1, N°11	por lotes de 200 ton	Manual	180 incremento por lote
Carga Fría	Romana 3	Analizada	Procedimiento CI-09792.SAA. Ver Anexo 1, N°11	por lotes de 200 ton	Manual	180 incremento por lote

La siguiente figura representa los puntos de medición y muestreo de cada flujo.

<sup>5</sup> Por olla evacuada según procedimientos de DCH



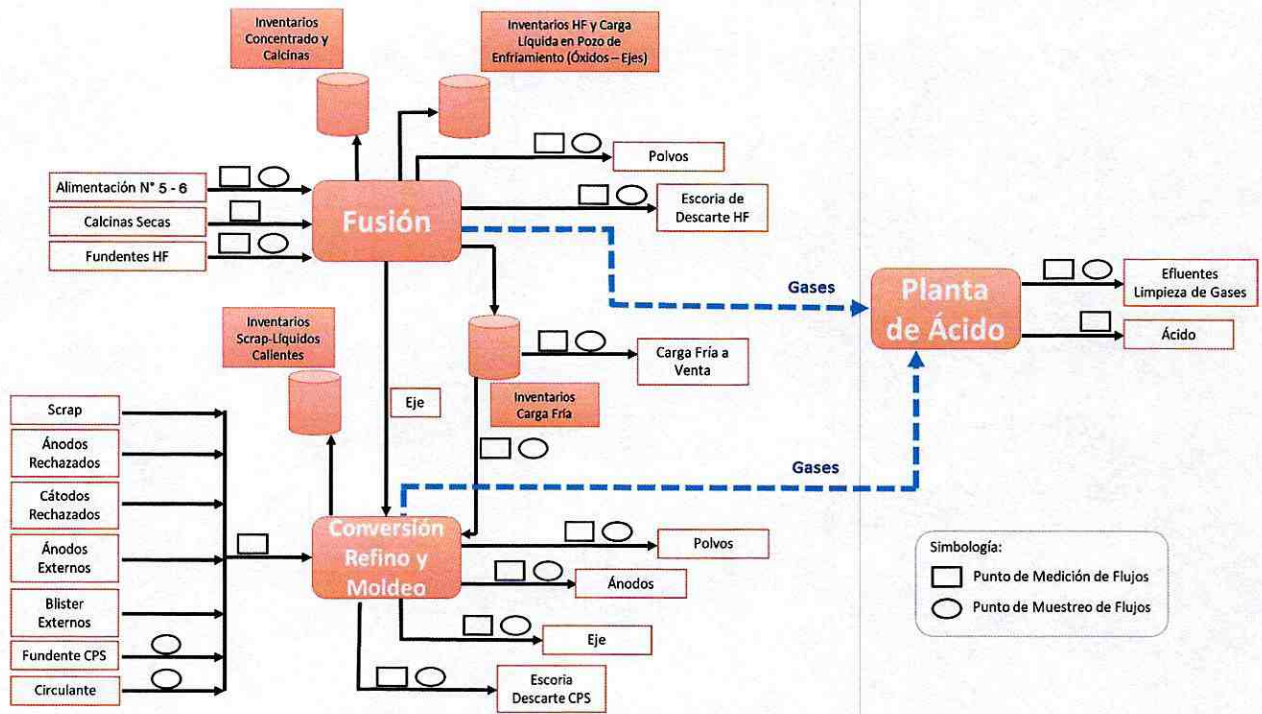


Figura 7.1. Diagrama de puntos de medición y de muestreo

## 8. ANÁLISIS QUÍMICO

La tabla siguiente presenta el detalle de los análisis químicos asociados a los distintos flujos del balance.

Tabla 8.1. Descripción del análisis químico

Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de Muestreo/Equipos	Límite detección As %	Límite detección S %	Técnica análisis As	Error As %	Técnica análisis S	Error S %
Alimentación Secador N°5	Compuesto por Turno	Manual	<0,006	0,01	Método EAA, CN-0903.SAA Ver Anexo 1, N°12	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±2,00
Alimentación Secador N°6	Compuesto por Turno	Manual	<0,006	0,01	Método EAA, CN-0903.SAA Ver Anexo 1, N°12	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±2,00
Calcina Seca a fusión	Compuesto Turno/día	Manual	<0,006	0,01	Método EAA, CN-09713.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±2,00
Scrap	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Anodos rechazados	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Cátodos rechazados	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Anodos Externos	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Blisters externo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fundentes HF	Compuesto Turno	Manual	<0,003	N/A	Método EAA, CN-09714.SAA Ver Anexo 1, N°14	±0,003	N/A	N/A
Fundentes CPS	Compuesto Turno	Manual	<0,003	N/A	Método EAA, CN-09714.SAA Ver Anexo 1, N°14	±0,003	N/A	N/A

Circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje)	Compuesto Diario	Manual	<0,006	0,1	Método EAA, CN-09711.SAA y CN-09154.SAA Ver Anexo 1, N°15 y 16	±0,0448	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±1,2
Ácido sulfúrico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Polvos captados HF	Compuesto Diario	Manual	<0,006	<0,1	Método EAA, CN-09710.SAA Ver Anexo 1, N°17	±0,436	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20.	±0,40
Polvos captados CPS	Compuesto Diario	Manual	<0,006	<0,1	Método EAA, CN-09710.SAA Ver Anexo 1, N°17	±0,436	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±0,40
Polvos captados toiva tripartita a ECL	Compuesto Diario	Automático	<0,006	<0,1	Método EAA, CN-09710.SAA Ver Anexo 1, N°17	±0,436	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±0,40
Polvos captados toiva tripartita a DMH	Compuesto Diario	Manual	<0,006	<0,1	Método EAA, CN-09710.SAA Ver Anexo 1, N°17	±0,436	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±0,40
Efluentes limpieza de gases	Compuesto Turno	Automático	<0,001	<0,10	Método EAA, CN-09715.SAA Ver Anexo 1, N°18 EAA	±0,2825	GRAVIMETRIA CN-09148.SAA	ND
Escorias de descarte HF	Compuesto Diario	Manual	<0,006	<0,01	Método EAA, CN-09711.SAA Ver Anexo 1, N°15	±0,0448	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	ND
Escorias de descarte CPS	Compuesto Diario	Manual	<0,006	<0,01	Método EAA, CN-09711.SAA Ver Anexo 1, N°15	±0,0448	Método de Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20.	ND
Ánodos	Por Cargas	Manual	<0,001	0,0002	Método EAA, CN-0979.SAA Ver Anexo 1, N°19	±0,0365	Método de combustión y detección infrarrojo CN-0916.SAA	±0,1
Eje	Compuesto Diario	Manual	<0,006	0,1	Método EAA, CN-09154.SAA	±0,0448	Método de combustión y detección infrarrojo	±1,2

Carga Fría	Por Cargas	Manual	<0,006	0,1	Método EAA, CN-09711.SAA Ver Anexo 1, N°15	±0,0448	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±1,2	
<b>Flujos Intermedios</b>									
Inventario Concentrado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Inventario Calcina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Inventario Carga Fría	Quincenal	Manual	<0,006	0,1	Método EAA, CN-09711.SAA Ver Anexo 1, N°15	±0,0448	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±1,2	
Inventario Scrap	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Inventario Carga Líquida HF	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Inventario Carga Líquida CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Inventario Carga Líquida Hornos Refino	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Inventario Carga líquida Pozo Enfriamiento	Por Cargas	Manual	<0,006	0,1	Método EAA, CN-09711.SAA Ver Anexo 1, N°15	±0,0448	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°20	±1,2	

## 9. MODIFICACIÓN DE DOCUMENTO

N°	RAZÓN DE CAMBIO	N° de Página
1	<p>1.1 INTRODUCCIÓN</p> <p>Se modifica la capacidad de fusión de concentrados y/o calcinas a 1.170.000 ton/años.</p> <p>Se modifica el esquema con que cuenta la fundición, en función a la transformación que sufre (reemplazo e ingreso de equipos).</p>	1
2	<p>1.2 RESUMEN</p> <p>Se incluye detalle de proyectos que forman parte de la transformación de la Fundición DCH.</p>	2
3	<p>2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Figura 2.1: Se modifica Diagrama de Flujo de la Fundición Chuquicamata, según la transformación detallada en punto 1.2.</li> <li>• Tabla 2.1: Se describen equipos e instalaciones a operar en la Fundición producto de la transformación.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elimina el Secador N°4</li> <li>• Se mantiene Secador N°5 hasta que ingrese en operación Secador N° 6.</li> <li>• Se incorpora Secador N°6.</li> <li>• Potenciamiento de Horno Flash.</li> <li>• Funcionamiento de 4 CPS.</li> <li>• Reemplazo de 3 plantas de ácido simple contacto – simple absorción a 2 plantas de ácido doble contacto – doble absorción.</li> <li>• Reemplazo de actual planta ATP por una nueva.</li> </ul> </li> </ul>	4 - 5
4	<p>3. FLUJOS DE ENTRADA</p> <p>Tabla 3.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elimina el Secador N°4</li> <li>• Se mantiene Secador N°5 hasta que ingrese en operación Secador N° 6.</li> <li>• Se incorpora Secador N°6.</li> <li>• Se eliminan Fundentes Convertidos Teniente (CT).</li> <li>• En Circulante se cambia PELA por BADEC (nuevo sector de Bodegas de Almacenamiento de Excedentes de Concentrado).</li> <li>• Se elimina Circulante Metal Blanco porque no se generará al encontrarse el CT detenido.</li> </ul>	5
5	<p>4. FLUJOS DE SALIDA</p> <p>Tabla 4.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elimina Polvos captados CT.</li> <li>• Se divide en Polvos a DMH y ECL.</li> <li>• Se elimina Escorias de descarte CT.</li> <li>• Se elimina Metal Blanco.</li> </ul>	6

N°	RAZÓN DE CAMBIO	N° de Página
6	<p>5. FLUJOS INTERMEDIOS (INVENTARIOS)</p> <p>Tabla 5.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elimina Inventario CT en Inicial.</li> <li>• Se especifica que los inventarios de HF y CPS son de carga líquida en Inicial.</li> <li>• Se elimina Inventario de Carga Líquida Metal Blanco en Inicial.</li> <li>• Se distingue entre Calcina Seca y Calcina Fría en Final.</li> <li>• Se especifica que los inventarios de HF y CPS son de carga líquida en Final.</li> <li>• Se elimina Inventario CT en Final.</li> <li>• Se elimina Inventario de Carga Líquida Metal Blanco, Óxido y Eje. Se reemplaza por Inventario de Carga Líquida Pozo de Enfriamiento.</li> </ul>	7
7	<p>6. VALIDACIÓN DE LOS BALANCES</p> <p>Se incorpora el proceso de la Planta de Ecometales (ECL).</p>	8
8	<p>7. MUESTREO</p> <p>Tabla 7.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se reemplaza alimentación de Secadores N° 4 y 5 por Alimentación N° 5-6 en Flujos de Entrada. Se conecta Secador N°5, a filtro de manga del Secador N°6, por periodo de puesta en marcha, hasta que ingrese en operación Secador N°6.</li> <li>• Se elimina Fundentes CT en Flujos de Entrada.</li> <li>• En Circulante se cambia PELA por BADEC y se elimina MB en Flujos de Entrada.</li> <li>• Se elimina Inventario Carga Líquida CT en Flujos Intermedios.</li> <li>• Se elimina Inventario de Carga Líquida Metal Blanco, Óxido y Eje. Se reemplaza por Inventario de Carga Líquida Pozo de Enfriamiento.</li> <li>• Se elimina Polvos captados CT en Flujos de Salida.</li> <li>• Se elimina Escorias de descarte CT en Flujos de Salida.</li> <li>• Se elimina Metal Blanco en Flujos de Salida.</li> </ul> <p>Figura 7.1: Se modifica Diagrama de Puntos de Medición y de Muestreo, según transformación de Fundición.</p>	12 – 13 - 14
9	<p>8. ANÁLISIS QUÍMICO</p> <p>Tabla 8.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elimina el Secador N°4</li> </ul>	15 – 16 - 17

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se mantiene Secador N°5 hasta que ingrese en operación Secador N° 6.</li> <li>• Se incorpora Secador N°6.</li> <li>• Se reemplaza alimentación de Secadores N° 4 y 5 por Secador N° 6 en Flujos de Entrada.</li> <li>• Se elimina Fundentes CT en Flujos de Entrada.</li> <li>• En Circulante se cambia PELA por BADEC y se elimina MB en Flujos de Entrada.</li> <li>• Se elimina Polvos captados CT en Flujos de Salida.</li> <li>• Se elimina Escorias de descarte CT en Flujos de Salida.</li> <li>• Se elimina Metal Blanco en Flujos de Salida.</li> <li>• Se elimina Inventario Carga Líquida CT en Flujos Intermedios.</li> <li>• Se elimina Inventario de Carga Líquida Metal Blanco, Óxido y Eje. Se reemplaza por Inventario de Carga Líquida Pozo de Enfriamiento.</li> </ul>	
--	--	--

## 10. ANEXOS

# **Anexo 1**

---

## **Resumen de Procedimiento**



N°	NOMBRE PROCEDIMIENTO	CÓDIGO	RESUMEN
1	Muestreo y análisis de humedad de concentrado de entrada y salida en Secador	CI-09686.SAA	Este instructivo es aplicado para asegurar la toma y traslado de las muestras de entrada y salida de secadores de la Gerencia de Fundición para el control de humedad. Las muestras de entrada y salida de secador que alimentan a los equipos de fusión (Horno Flash), sea realizada en forma controlada, para obtener muestras y humedades representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico.
2	Protocolo técnico de transferencia de calcinas DMH a DCH	DMH-GRMD-PR-014	Este procedimiento tiene por propósito establecer las condiciones técnicas de transferencia de calcinas producidas en División Ministro Hales y enviadas a División Chuquicamata para cierre metalúrgico y contable. Muestreo en DCH. Muestreo manual, realizado en un despiche en el sistema de alimentación al HF para las calcinas secas.
3	Fundentes en equipo de fusión CPS /HF. Toma, preparación y entrega de muestras	CI-09793.SAA	Asegurar que la Toma y Preparación de las muestras de Fundentes que alimenta a los equipos de fusión-conversión, tales como Convertidor Peirce Smith y Horno Flash, sea realizada en forma controlada, de tal manera de obtener muestras representativas. Este instructivo es aplicado a la toma y preparación de las muestras de Fundentes, provenientes de la Planta ubicada en la Gerencia Fundición de Concentrado.
4	Calculo de inventarios subgerencia de fundición	CI-09690.SAA	Este instructivo es aplicable a la medición del inventario físico de la Gerencia de Fundición, en la Planta de Almacenamiento y Manejo de Materiales, Sector de Almacenamiento y Preparación de Carga Fría, Plata de Refino y Moldeo, Tolvas de Procesos, Tolvas de Almacenamiento, Pozo de Secado Solar, Sector Bandejas de Almacenamiento de Líquidos Calientes y Equipos de Fusión de la Gerencia de Fundición.
5	Polvos metalúrgicos - toma, preparación y entrega de muestras	CI-09802.SAA	Asegurar que la toma y preparación de las muestras de los polvos metalúrgicos, generados por la fusión de concentrados, sea realizada en forma controlada, tal que permita obtener muestras representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico. La actividad de toma de muestras de polvos metalúrgicos se realiza en los ductos de descarga de los equipos de fusión de la Fundición de Concentrado y la preparación de las muestras.
6	Concentrado, borra y polvos movimientos internos - toma y preparación de muestras	CI-09702.SAA	Asegurar que la toma y preparación de las muestras de Movimientos Internos, (Concentrados, Borrás ECL, Polvo ECL, Residuos ECL) sea realizada en forma controlada, que permita obtener muestras representativas. Las actividades de muestreo se realizan en tarima Romana N° 3, en sector de Camas, P.E.L.A y Plantas. Preparación se realiza en la Sala de Preparación de empresa colaboradora, ubicada en sector Km.-6.
7	Protocolo técnico Inter divisional tratamiento polvos metalúrgicos DCH en DMH	DMH-GRMD-PR-013	Establece las condiciones técnicas y comerciales para el traslado de polvos metalúrgicos provenientes de División Chuquicamata para tratamiento en División Ministro Hales. Asegurar el envío de polvos metalúrgicos DCH para el cumplimiento de los planes de tratamiento en planta Tostación DMH.  Controlar el tonelaje, muestreo y caracterización

			química del polvo metalúrgico enviado a proceso para determinar las variables que se utilizarán para los cálculos referidos a las devoluciones de cobre fino entre Divisiones.
8	Efluentes plantas de ácido – toma y preparación de muestras	CI-09710.SAA	Asegurar que las muestras de Efluentes de Plantas de Acido (EPAs) que participan en los Balance Metalúrgicos y control de proceso, sean tomadas y preparadas bajo condiciones controladas. Este Instructivo es aplicado en la toma y preparación de muestras de Efluentes de Plantas de Acido en la alimentación al estanque acumulador V-501, de la Planta Tratamiento de Arsénico.
9	Escoria de fusión - toma y traslado de muestras.	CI-09794.SAA	Asegurar que la toma y traslado de las muestras de Escorias de los equipos de la Planta Fundición, sea realizada en forma controlada, para obtener muestras representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico. Este instructivo es aplicado en la toma y traslado de las muestras de Escorias de los equipos de la Planta Fundición de la Gerencia Fundición de Concentrado.
10	Preparación de muestras ánodos de cobre	CI-0947.SAA	Asegurar que la preparación de muestras de ánodos de cobre sea realizada en forma controlada, de manera que permita obtener muestras homogéneas y representativas para el análisis químico. Este instructivo es válido para la preparación de muestras en formato rectangular y tejos del área refino y moldeo de la Superintendencia fundición. Es aplicado por el personal de la Muestrera de cobre del área gestión de calidad y procesos de la Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo GRMD
11	Toma y traslado de muestras de eje en horno FLASH	CI-09792.SAA	Asegurar que la toma y traslado de las muestras de Ejes del Horno Flash (HF), sea realizada en forma controlada, para obtener muestras representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico. Este instructivo es aplicado a la toma y traslado de muestras de Eje del Horno Flash de la <b>Gerencia</b> de Fundición.
12	Mineral – determinación de cobre, hierro, zinc, molibdeno, arsénico, plomo, antimonio, manganeso, plata y bismuto. método espectrofotométrico de absorción atómica	CN-0903.SAA	Describir un método para la determinación de Cobre, Hierro, Zinc, Molibdeno, Arsénico, Plomo, Antimonio, Manganeso, Plata y Bismuto en muestras de minerales de cobre, mediante espectrofotometría de Absorción Atómica. El método es aplicable en los rangos comunes de concentración para estos elementos.
13	Concentrados de cobre - determinación de arsénico. método espectrofotométrico por absorción atómica	CN-09713.SAA	Describir un método para la determinación de Arsénico en las diversas muestras de Concentrados de Cobre y Calcinas, mediante espectrofotometría de absorción atómica. El método es aplicable en los rangos comunes de ocurrencia.
14	Fundente - determinación de arsénico. método espectrofotométrico por absorción atómica	CN-09714.SAA	Describir un método para la determinación de Arsénico en muestras de Fundentes, utilizados en la Fundición de Concentrado, mediante espectrofotometría de absorción atómica. El método es aplicable a contenidos de hasta 0.4 % de arsénico.
15	Escorias, carga fría - determinación de arsénico. método espectrofotométrico por absorción atómica	CN-09711.SAA	Describir un método para la determinación de Arsénico en los diversos tipos de escorias (incluidas las cargas frías), mediante espectrofotometría de absorción atómica. El método es aplicable en los rangos comunes de ocurrencia.

16	Polvos metalúrgicos y borras - determinación de arsénico, método espectrofotométrico de absorción atómica	CN-09710.SAA	Describir un método para la determinación de Arsénico, en las diversas muestras de polvos y borras, mediante espectrofotometría de absorción atómica. El método es aplicable a muestras de polvos y borras, en los rangos comunes de ocurrencia.
18	Efluentes planta de ácido - determinación de arsénico. Método espectrofotométrico por absorción atómica.	CN-09715.SAA	Describir un método para la determinación de Arsénico en muestras de Efluentes de las Plantas de Ácido, mediante espectrofotometría de absorción atómica. El método es aplicable en los rangos comunes de ocurrencia.
19	Ánodos de Cobre – Determinación de Arsénico, Antimonio, Bismuto, Calcio, y plomo, Método espectrofotométrico por absorción atómica.	CN-0979.SAA	Describe un método para la determinación de arsénico, antimonio, bismuto, calcio y plomo en ánodos de cobre, mediante espectrofotometría de absorción atómica
20	Determinación de Azufre y Carbono, Método Combustión Directa Detección IR. LECO CS-230SH	CN-09728.SAA	Describe un método por combustión directa y detección IR para la determinación simultánea de Azufre y Carbono en muestras de concentrado de cobre, polvos Metalúrgicos, escorias, minerales, óxidos de molibdeno y sulfuros de molibdeno. El método es aplicable en rangos comunes de ocurrencia