



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTRATEGIA DE MAXIMIZACIÓN DE LOS INGRESOS  
DEL NEGOCIO FUNDICIÓN Y REFINERÍA.”**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGÍSTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**RODRIGO OCEDIN ARRIOLA**

**PROFESOR GUÍA:  
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
IVÁN BRAGA CALDERÓN  
WALTER CAZENAVE GUIER  
MARCO VELÁSQUEZ LAMBERT**

**SANTIAGO DE CHILE  
2013**

## 1. Resumen

Chuquicamata es una de las divisiones que integran la Vicepresidencia de Operaciones Norte de CODELCO, junto a las divisiones de Radomiro Tomic y Ministro Hales. La Fundición y Refinería es un negocio que maquila concentrados de cobre y ánodos para la obtención de cátodos de alta pureza para ser entregados al mercado. Es decir, presta servicios de procesamiento, por lo tanto, su rol es de transformador de productos de cobre y no un productor. Producto de este proceso de maquila se produce en la fundición el único producto de este negocio, que es el ácido sulfúrico. Los ingresos que recibe la Fundición y Refinería producto de su servicio de maquila son: los cargos por tratamiento (TC/RC), ahorro por logística, ventas de ácido sulfúrico, penalidades por calidad de concentrados y/o ánodos, márgenes por cobre y márgenes de Oro y Plata. En estos últimos años, el negocio de Fundición y Refinería tiene ingresos positivos principalmente por las ventas de ácido sulfúrico y el margen de oro (Au) y Plata (Ag) producto de la maquila de concentrados y ánodos en sus instalaciones.

El objetivo principal del presente estudio es definir una estrategia de maximización de los ingresos para el negocio Fundición y Refinería, en una primera mirada asociados a la recuperación de Oro y Plata, identificando los mecanismos para obtener la información mínima requerida para lograr este propósito. Con ello cambiar la mirada de planificación sólo por cobre, sino que también comenzar a definir criterios para la planificación integrada por cobre, oro y plata. La metodología utilizada consistió en buscar antecedentes acerca de cómo otras divisiones trataban la recuperación de oro y plata a partir de este negocio de procesamiento de cobre. A poco andar, las entrevistas realizadas indicaron que el único mecanismo para maximizar las recuperaciones de oro y plata se basan en maximizar los rendimientos por cobre en este negocio, mientras mayor es mi rendimiento por cobre, mayor será la recuperación de estos productos. Lo anterior nos llevó a revisar la gestión de operaciones, para ver la maximización de los ingresos del negocio Fundición y Refinería. En este sentido, como alternativas de maximización se analizó los ingresos por arsénico del negocio, a través de las penalidades de esta impureza. Lo que nos llevó no solo a revisar las penalidades por arsénico, sino que también se incorporó el antimonio en este análisis. Estudiar si los valores de las penalidades son representativos, suficientes y adecuados a los CAPEX y OPEX del negocio Fundición y Refinería para el tratamiento de concentrados con altos niveles de arsénico y en los próximos años de antimonio.

Los resultados obtenidos indicaron que para la determinación adecuada del aporte económico del negocio Fundición y Refinería, deben modificarse los valores de penalidades presentes en las Orientaciones Comerciales de Codelco, con el objetivo de medir correctamente el aporte económico, sobre todo al evaluar el tratamiento de cantidades globales de concentrados sucios y no de cantidades marginales con posibilidad de venta. Se debe implementar el concepto de penalidad por Antimonio, en especial, al estar en el umbral de procesar concentrados con valores extremadamente altos de esta impureza, considerando además, la realización de inversiones importantes y el desembolso de recursos adicionales de costo de operación, que no cuentan con su contraparte de ingresos actualmente.

## **Agradecimientos**

En primer lugar a mi esposa Paulina y mis hijas Constanza e Isidora, que sin su apoyo, soporte, entendimiento, paciencia y amor no hubiese sido posible.

A mis partners de estudio, Luis, Jorge, Nallib y José, quienes facilitaron y fortalecieron las capacidades de cada uno en el equipo para el logro de los objetivos trazados en el inicio de este camino.

A quienes apoyaron con su tiempo y conocimiento en las entrevistas desarrolladas en la presente tesis.

A Marco, profesor invitado, por su apoyo en el desarrollo de esta tesis.

## Tabla de Contenido

1.	Resumen.....	2
2.	Introducción .....	5
3.	Descripción de la organización.....	6
4.	Descripción del negocio.....	9
5.	Objetivo .....	13
6.	Alcance.....	13
7.	Metodología .....	14
7.1.	Entrevistas y Benchmark.....	14
7.2.	Maximización del margen del negocio FURE.....	15
8.	Ingresos por Penalidades.....	16
8.1.	Valores de penalidad. ....	18
8.1.1	Escenario Orientaciones Comerciales (OO.CC.).....	19
8.1.2	Escenario Base Antimonio (Sb TIR 14%).....	19
8.1.3	Escenario Arsénico Largo Plazo (As LP).....	20
8.1.4	Escenario Arsénico Corto Plazo (As CP). ....	21
8.1.5	Escenario Arsénico PND 2011 (As CP + LP). ....	21
8.1.6	Escenario As – Sb IVAN 1,4.....	21
8.2.	Resultados y Conclusiones.....	21
8.2.1	Resultados.....	21
8.2.2	Conclusiones.....	24
9.	Costos de Operación e Inversión para el Abatimiento de Arsénico y Antimonio. 26	
10.	Determinación de Valor de Penalidad.....	30
11.	Referencias.....	34
12.	Anexos.....	35

## 2. Introducción

Durante el año 2010 la ex División Codelco Norte se separó en las llamadas hoy División Chuquicamata (DCH) y División Radomiro Tomic (DRT), lo que ha transformado a la División Chuquicamata, y específicamente a la Fundición y Refinería en un gran maquilador de cobre externo, procesando materiales de: División Chuquicamata, División Radomiro Tomic, División El Salvador, División El Teniente y materiales provenientes del mercado. Esto se verá aumentado a futuro con la incorporación de la nueva División Ministro Hales, de la cuál se procesará calcinas a partir de concentrados de cobre provenientes de esa mina, sumado al aumento en la producción de sulfuros de RT y la disminución de concentrados a partir de la mina rajo de Chuquicamata hasta su cierre. Posterior al cierre de la mina rajo abierto, Chuquicamata consolidará la explotación de sus minerales en minería subterránea bajo el modelo de block caving. Cabe destacar que los materiales provenientes de Ministro Hales presentarán altos contenidos de plata, nunca antes vistos en las instalaciones de la Fundición y Refinería (FURE), adicionalmente, se presentarán un gran contenido de impurezas como el antimonio y el bismuto.

El negocio Fundición y Refinería es un maquilador de concentrados y ánodos para la producción de cátodos de alta pureza que se ve enfrentado a bajos cargos por tratamiento (TC/RC), influenciados por la gran oferta de procesamiento de concentrados que se ha instalado en el continente asiático, específicamente en su país con mayor crecimiento que es China. A esto se suman los costos al alza y con un alto componente de éstos como costos fijos. Estos costos al alza tienen su principal factor en el crecimiento factorial del precio de los combustibles y la mano de obra calificada para el desarrollo de las faenas mineras.

Este escenario de ingresos provoca que la Fundición y Refinería sea catalogada como un negocio estrecho. Cabe señalar que la existencia de márgenes estrechos, conjuntamente con costos de capital extremadamente altos han sido en las últimas décadas las principales barreras de entrada para nuevos actores en la industria, como también la existencia de una ostensible declinación de la integración de los negocios mina concentradora con negocios de fundición y refinería.

La Fundición y Refinería recibe ingresos por los cargos de tratamiento, ventas de ácido sulfúrico, factores de localización, penalidades por calidades tanto de concentrados como ánodos y los márgenes por oro y plata. Donde este margen corresponde a la diferencia valorizada a condiciones de mercado, que se produce entre las cantidades de oro y plata obtenidas en el proceso de maquila y las devoluciones pactadas o acordadas en los contratos tanto internos como externos.

Con este escenario y dado lo estrecho del negocio Fundición y Refinería, toma gran relevancia el margen del negocio, ya sea en términos de utilidades por cobre, oro o plata y en especial por las concentraciones que se encuentran proyectadas en los

escenarios futuros para estos elementos, descritos en los planes de largo plazo de la corporación, conocidos como planes de negocio y desarrollo. Con esto las proyecciones de producción, concentraciones y tratamientos, cobran vital importancia a la hora de planificar el negocio de la división y de la Fundición y Refinería en particular.

Esta mirada deberá considerar tanto el análisis sobre los productos de las plantas, materiales secundarios y barros anódicos, no sólo en el aspecto técnico – económico, sino también en los aspectos estratégicos, comerciales y ambientales interrelacionados. Este trabajo busca generar una estrategia para la maximización de los ingresos del negocio Fundición y Refinería de la División Chuquicamata a través del margen de oro y plata del negocio, y como estos dependen de las diferentes calidades de alimentación y las recuperaciones en cada una de las etapas o procesos de este negocio. El propósito es contar con un análisis y claridad para planificar, evaluar y definir el negocio en términos de la maximización del margen.

Esta maximización del margen, será el resultado de buscar y encontrar vías para cambiar paradigmas, en relación a la planificación estratégica, control y evaluación del negocio, no solamente considerar el cobre como un eje central, y que los créditos por subproductos se transformen en una consecuencia a partir de las recuperaciones estándar para las condiciones del negocio. En contrasentido, este estudio busca analizar la importancia en la planificación de las condiciones integradas de cobre, oro y plata, buscando como maximizar los rendimientos o eficiencia en algunas de las etapas de los procesos pudiese incrementar el margen con respecto al análisis tradicional. Es decir, planificar y controlar la producción en términos de cobre, oro y plata, para que la evaluación económica del negocio se pueda ver incrementada, incluso con disminuciones de recuperación de cobre con respecto al escenario tradicional de planificación.

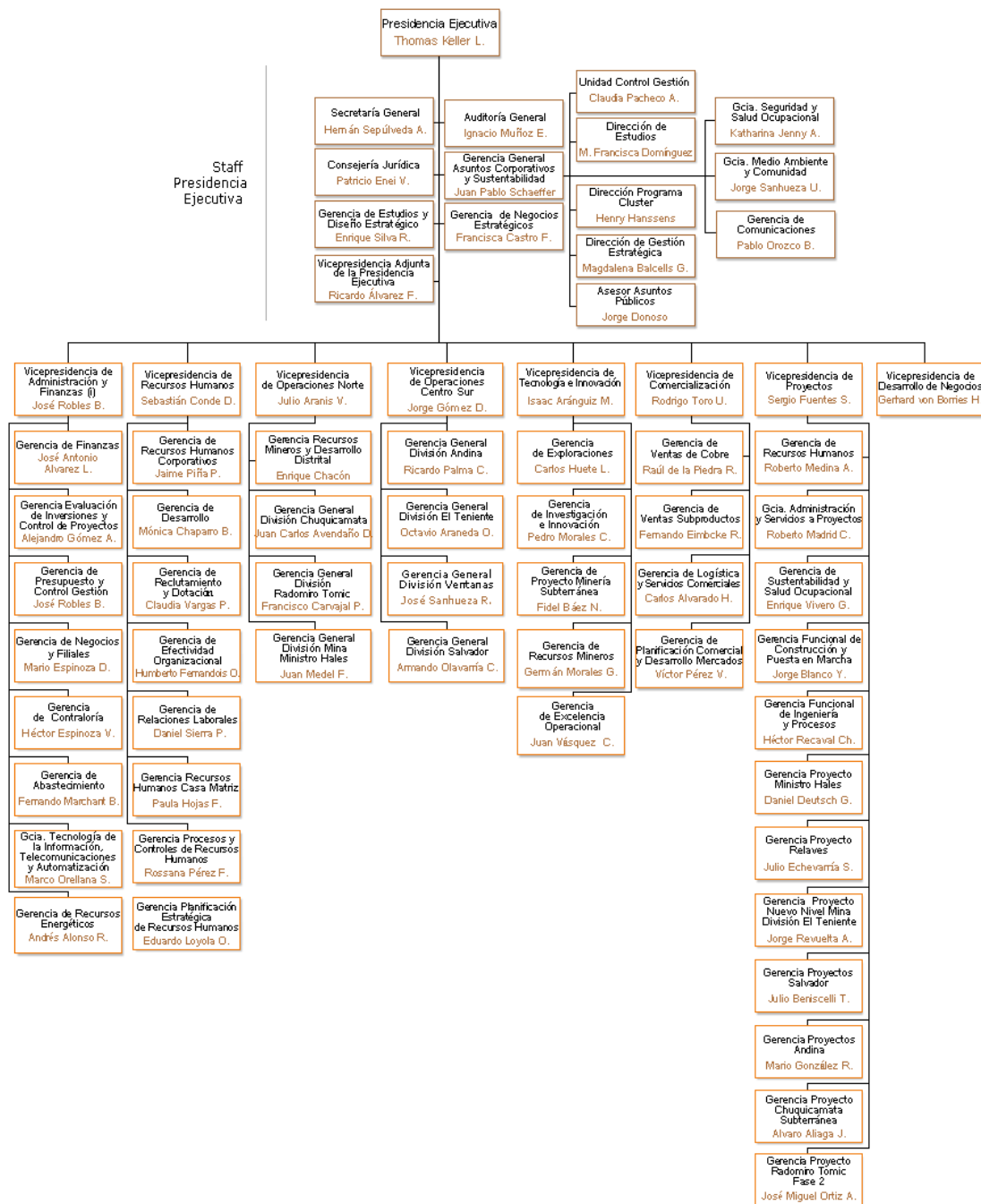
### **3. Descripción de la organización**

Ubicada en la II Región, la División Norte de Codelco fue creada el 1 de agosto de 2002, a través de la fusión de las Divisiones Chuquicamata y Radomiro Tomic. En el año 2010 la División Norte se reestructura en la Vicepresidencia de Operaciones Norte (VON) que engloba las siguientes Divisiones:

- División Chuquicamata (DCH)
- División Radomiro Tomic (DRT)
- División Ministro Hales (DMH)

**Figura 3.1: Organigrama Codelco**

**Organigrama**



La División Chuquicamata está ubicada a 1.650 kilómetros al norte de la capital de Chile y a 250 kilómetros al noreste de Antofagasta, a 2.870 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con dos minas donde el tipo de explotación es a rajo abierto, "Chuquicamata" y "Mina Sur". Chuquicamata entró en operaciones en 1910, aunque sus propiedades mineras también eran conocidas desde hace siglos por culturas prehispánicas.

Figura 3.2: Ubicación geográfica mina Chuquicamata



La producción de Chuquicamata es de unas 700.000 toneladas de cátodos electrorefinados y electroobtenidos con una pureza de 99,99 por ciento de cobre. También produce unas 12.000 toneladas métricas de contenido fino de molibdeno. Además, se obtienen otros subproductos, como barros anódicos y ácido sulfúrico.

La División Chuquicamata cuenta con una fundición de concentrados que posee dos líneas de fusión:

- Fusión en un Horno Flash con una capacidad de 2.300 tpd.
- Fusión en un Convertidor Teniente con una capacidad de 2.300 tpd..

Además de estos 2 hornos principales de fusión, la fundición posee los siguientes equipos:

- Un Horno Eléctrico (HELE), para el procesamiento de escorias de fundición.
- Dos Convertidores Pierce Smith (CPS), para la conversión del Eje y Metal Blanco en cobre blister



- Dos Hornos de Refino (HR), para la refinación del cobre blister en cobre anódico y el posterior moldeo de ánodos para el proceso de electrorefinación.
- Tres Plantas de Ácido Sulfúrico (PAS), para la producción de ácido sulfúrico a través de la captura de los gases provenientes de los procesos de fusión y conversión de la fundición de concentrado.
- Tres Plantas de Oxígeno (POX), para el enriquezamiento del aire en la fusión de los concentrados de cobre.

Esta fundición con 2 líneas de fusión tiene una capacidad de 1.500.000 toneladas de concentrado al año.

En la Fundición se está trabajando en un proyecto de optimización que busca potenciar el horno Flash, de modo que se logre una capacidad de fusión 1.400.000 toneladas de concentrado al año, con una línea de fusión. Este tema es relevante, ya que de esta capacidad dependen los excedentes de concentrado de la Vicepresidencia de Operaciones Norte de Codelco.

Por otro lado, se encuentra la refinería de Chuquicamata que hoy tiene una capacidad de 530.000 toneladas finas de cátodos electrorefinados. Esta refinería está en un proceso de ampliación para aumentar su capacidad a 600.000 tmf año.

Asociada a la refinería se encuentra una planta de tratamiento de barro anódico descubrizado, que es la planta que entrega la recuperación de Au y Ag de la línea sulfuros como subproducto.

#### **4. Descripción del negocio**

Los cátodos electrorefinados de alta pureza se comercializan en 4 tipos de calidades de acuerdo a su condición física y química, donde las especificaciones químicas de los cátodos cumplen las especificaciones de la Norma ASTM B 115-10 designación "Grado 1" y BS EN 1978:1998 designación Cu-CATH-1. Las calidades corresponden a:

- Cátodos Grado A
- Cátodos Estándar 1
- Cátodos Estándar 2
- Cátodos Estándar 3

Los subproductos de la FURE para la división se producen en sus respectivas plantas de tratamiento para la obtención de Barro Anódico Descubrizado, que se comercializa en su mayor cantidad hacia la División Ventanas y otra parte a Europa. Es importante indicar que la corporación hoy, tiene en carpeta de proyectos o inversiones la generación de una Planta de Metales Nobles que trate todos los barros anódicos de la corporación de forma centralizada, lo que hará cambiar la comercialización y negocio de

los barros anódicos. En la planta de metales nobles se obtiene Oro (Au), Plata (Ag), Teluro (Te), Paladio (Pd) y Platino (Pt) como productos.

Por otro lado, el ácido sulfúrico producido se utiliza principalmente en las plantas de tratamiento de minerales oxidados de cobre del distrito norte, División Chuquicamata y División Radomiro Tomic, es sus procesos de lixiviación de cobre.

Para la evaluación economía y análisis de los márgenes del negocio FURE se utilizan las Orientaciones Comerciales de la Corporación, que establece los indicadores económicos relevantes del negocio de la cuprífera. A continuación se presentan los principales parámetros económicos que se considerarán para el presente estudio: cargos por tratamiento (TC y RC), Precio Cu, Precio Au, Precio Ag, Tasas de Interés, Días de pago, Penalidades y Premios, éstos tanto para el corto como el largo plazo. Los ingresos del tratamiento de concentrados para la Fundición y Refinería de la División Chuquicamata, están constituidos por:

1. Cargos de Tratamiento y Refinación (TC/RC).
2. Penalidades por Arsénico.
3. Ahorro Logístico.
4. Venta Ácido Sulfúrico.
5. Ingreso Neto Metales Nobles (Au y Ag) Barro Anódico.
6. Margen de Cobre sobre/bajo Deducción Metalúrgica.

Además, el tratamiento de ánodos externos se beneficia según:

1. Cargos de Refinación
2. Ingreso Neto Metales Nobles (Au y Ag) Barro Anódico.
3. Margen de Cobre sobre/bajo Deducción Metalúrgica

En ambos casos, si se devuelven Cátodos de Cobre se imputan los premios para las distintas calidades:

1. Grado A.
2. Estándar 1.
3. Estándar 2.

Adicionalmente, se observan ingresos por tratamiento de cobre off-grade valorados por la diferencia de descuento de producto Blister y Ánodo, más los premios que se obtienen por calidad de los cátodos obtenidos.

Para definir el contexto específico del estudio se hace necesario la definición de cuáles son las entradas asociadas al negocio Fundición y Refinería, los productos resultantes de sus procesos y con esto los ingresos y gastos asociados a este procesamiento.

En términos de negocio la FURE es un maquilador que presta servicios de procesamiento de concentrado de cobre y ánodos de cobre para la devolución de cátodos de cobre de acuerdo a niveles de eficiencia pactados. En esta transformación la Fundición y Refinería percibe ingresos por intermedio de:

- Cargos de tratamiento: Corresponde al valor del servicio de maquila de concentrados de cobre hasta la obtención de cobre blister, tradicionalmente abreviado con la sigla TC.
- Cargos de refinación: Corresponde al valor del servicio de maquila de cobre blister hasta la obtención de cátodos electrorefinados, tradicionalmente abreviado con la sigla RC.

Estos dos cargos de tratamiento anteriormente mencionados son un par combinado (TC/RC) para el tratamiento de concentrados, que también se les menciona como un descuento combinado para el procesamiento.

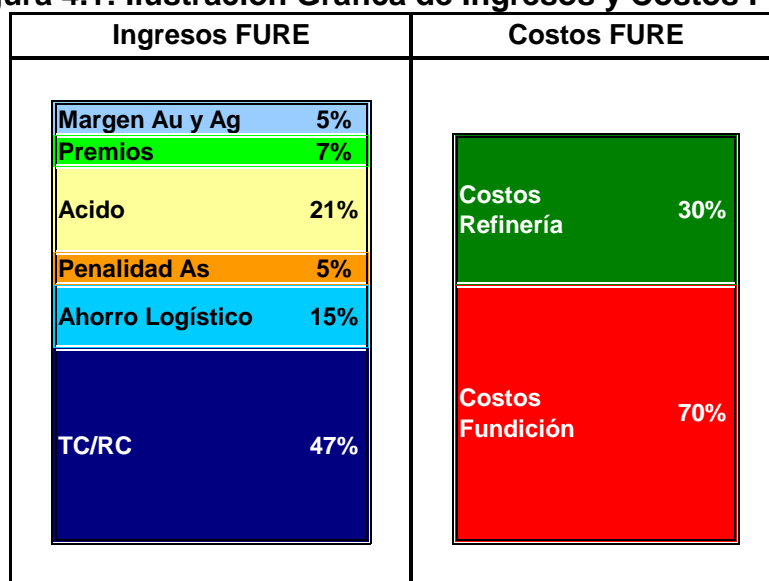
- Cargos refinación de ánodo: Corresponde al valor del servicio de maquila de ánodos de cobre hasta la obtención de cátodos electrorefinados.
- Ahorro logístico: corresponde a una fracción proveniente del ahorro entre transportar concentrados de cobre en comparación a transportar cátodos de cobre, ambos hasta su destino final. A este ahorro también se le conoce como factor de localización.
- Ventas de ácido sulfúrico: es el ingreso por la venta de una cantidad de ácido a precio de mercado.
- Penalidades por calidad de concentrados y/o ánodos: corresponden a descuentos que se realizan en los procesos de maquila para los concentrados y ánodos que presentan arsénico por sobre de ciertos límites establecidos, los que aumentan los ingresos de procesamiento.
- Márgenes de Oro y Plata: Corresponden a la diferencia valorizada, a precio de mercado, que se produce entre la cantidad acordada de devolución de estos elementos con respecto a la efectivamente producida, esto a partir del tratamiento de concentrados o ánodos en la fundición y/o refinería según corresponda. Actualmente, este margen positivo es muy importante a considerar en los ingresos del negocio en estudio.

La información requerida para la determinación de los ingresos de la FURE, se encuentra sólidamente estructurada. Estos márgenes de oro y plata son los que en estos últimos años han dejado con ingresos positivos al negocio de la Fundición y Refinería, y de aquí surge la pregunta si estamos maximizando los ingresos del negocio al planificar directamente por cobre y los resultados de los ingresos por oro y plata, también conocidos como créditos por subproductos sean una consecuencia.

No será necesario establecer los mecanismos y estrategias para comenzar a mirar la planificación de nuestro negocio en términos de revisar que se puede hacer para maximizar estas producciones y no una consecuencia. Mirar bajo que condiciones será mejor procesar un tipo de ánodos con respecto a otro, dependiendo de sus componentes. Inclusive por otro lado definir mezclas adecuadas para maximizar el margen de estos elementos que se encuentran asociados a la maquila de cobre en las formas anteriormente mencionadas.

Graficamente si expresamos los ingresos y costos de la Fundición y Refinería se verá como muestra la figura 4.1:

**Figura 4.1: Ilustración Gráfica de Ingresos y Costos FURE**



En este estudio, los costos de la Fundición y Refinería no se tomaran en cuenta para la maximización del margen del negocio, asumiendo que se encuentran lo suficientemente eficientes.

Los ingresos por cargos de tratamiento y refinación (TC/RC) son lo que paga una minera a una fundición por fundir y refinar el cobre. Con abundancia (escasez) de concentrados de cobre este pago sube (baja). Estos cargos se determinan por negociaciones semestrales entre las mineras y las fundiciones (abastecimiento) y en transacciones puntuales coyunturales (spot).

El premio es un monto que cobra el productor (en este caso Codelco) a sus clientes y es un adicional al precio internacional del cobre. Por ejemplo, si algún país europeo compró cátodos de Codelco, éstos se venderán al precio de la Bolsa de Metales de Londres del mes siguiente al mes de embarque, más un valor dólares por toneladas

métrica (hoy se encuentra alrededor de 100 US\$/tm). Cada mercado y cada cliente deberán pagar un premio para obtener cobre de ese productor. "Hay una competencia en los mercados por atraer cobre de Chile y, entonces, el premio se determina por la escasez relativa de cobre que tenga cada mercado; mientras más deficitario sea el mercado, más caro será el premio". El premio también compensa al productor por todos los gastos logísticos que deberá incurrir para que la carga de cobre llegue a cada mercado (transportar el cobre de la planta hacia puerto, embarcarlo, pagar el flete marítimo, entre otros).

Los ingresos por los ahorros logísticos de transportar cátodos de cobre con respecto al de transportar concentrados de cobre depende netamente de los costos de transporte y de la demanda de los mercados por este transporte. Los ingresos por la venta de ácido sulfúrico es un ingreso que dependerá directamente del precio del ácido sulfúrico por tonelada, y este subirá o bajará en función de la demanda que exista por este producto. En definitiva para maximizar el margen del negocio Fundición y Refinería, sobre los ingresos del negocio sólo queda por maximizar la eficiencia en la recuperación de Au y Ag y como también la razonabilidad y representatividad de las penalidades por arsénico, es decir, los ingresos por el procesamiento de minerales con altos contenidos de arsénico.

## **5. Objetivo**

El objetivo central de este caso de estudio se basa en la definición de una estrategia que permita maximizar los ingresos de la Fundición y Refinería, asociados al Oro y Plata presente en los concentrados y ánodos que la FURE maquila.

Si bien la información requerida para la determinación de los ingresos de la FURE, se encuentra sólidamente estructurada para los ingresos asociados al cobre, se debe ahora diseñar un sistema de información estructurada y robusta para las recuperaciones de oro y plata y con esto la determinación de los márgenes de estos elementos. La importancia de esta información es que en los márgenes de estos elementos se encuentra los ingresos que en los últimos años han entregado el margen positivo del negocio de la Fundición y Refinería. De lo anterior, se genera la idea fuerza de la planificación integrada de los tres elementos principales para los ingresos de la FURE y como maximizarlos, estableciendo los mecanismos y estrategias para comenzar a mirar la planificación de nuestro negocio en términos maximizar las producciones que corresponda y no maximizar cobre donde el oro y la plata sea una consecuencia del primero. Mirar bajo que condiciones será mejor procesar un tipo de ánodos con respecto a otro, dependiendo de sus componentes. Inclusive por otro lado definir mezclas adecuadas para maximizar el margen de estos elementos que se encuentran asociados a la maquila de cobre en las formas anteriormente mencionadas.

## **6. Alcance**

Para la definición de una estrategia de maximización los ingresos del negocio, asociados a oro y plata se cuenta con entradas conocidas de concentrados y ánodos de cobre en términos de cobre contenido, impurezas asociadas a éstos y las concentraciones de oro y plata presente.

Por otro lado se deben definir las condiciones de información mínima ha implementar para estudiar los comportamientos de oro y plata en los procesos, es decir, generar herramientas tales como un balance de oro y plata en los procesos de fundición y refinería. Investigar condiciones que favorecen su recuperación en las diferentes etapas de procesos, evitando afectar al negocio principal de maquila de cobre. Posteriormente realizar las evaluaciones económicas con escenarios diferentes a fin de establecer brechas en la maximización de los ingresos asociados a oro y plata.

## **7. Metodología**

Para definir una estrategia de maximización de los ingresos del negocio FURE la metodología utilizada se centró en los siguientes aspectos:

### **7.1. Entrevistas y Benchmark**

Se realizó entrevistas en División Ventanas para validar si existe una planificación de operaciones para la maximización de los ingresos asociados a la recuperación de oro y plata en dichas instalaciones.

El resultado de esta entrevista con el encargado del balance divisional que considera cobre, oro y plata indicó que la planificación de operaciones se realiza en función sólo del cobre, indicando que al maximizar el rendimiento de los procesos con respecto a este elemento, automáticamente se maximizará la recuperación de oro y plata contenida en los concentrados de cobre. Esto implica que se debe maximizar el uso de materiales circulantes tales como escoria, scrap desde refinería, carga fría de los procesos de fundición manteniendo los inventarios constantes. Esto implica recuperar el cobre contenido en estos materiales y convertirlos a ánodos para que se carguen en el proceso de refinación electrolítica y llegar así a la planta de barros anódicos donde se recupera finalmente el oro y la plata de los procesos.

Adicionalmente se entrevisto con el Jefe del Laboratorio de la División Ventanas, quien indicó que si bien es importante la recuperación de oro y plata para la maximización del margen por recuperación de oro y plata la clave estaba en un adecuado manejo de los materiales circulantes. El método de análisis utilizado para estos elementos es la dosimasia o ensayo a fuego, donde se funde la muestra llegando a pesar finalmente el oro y la plata contenida, para posteriormente encontrar la concentración de estos elementos. Además se están cambiando prontamente a análisis vía absorción atómica, que tiene mejores resultados para la determinación de las concentraciones de plata.

## 7.2. Maximización del margen del negocio FURE.

Bajo el escenario de maximizar los ingresos de los márgenes por cobre, oro y plata, hemos llegado a la conclusión de que estos son función del rendimiento del cobre. Siendo los factores que intervienen en el rendimiento del cobre los siguientes:

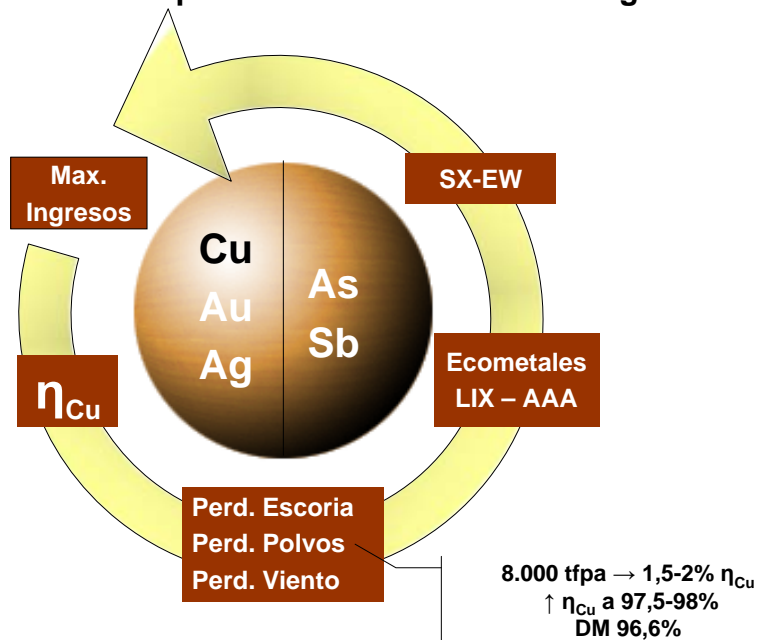
- Las pérdidas por escoria
- Las pérdidas por polvos
- Las pérdidas por viento

Las pérdidas por polvos no son pérdidas, ya que se procesan a través de un contrato de lixiviación de estos materiales a través de la empresa Ecometales, que se encarga de lixiviar y abatir arsénico y antimonio por intermedio de un proceso denominado "AAA". Este proceso produce soluciones que son tratadas por SX-EW.

Tomando en cuenta el volumen de polvos generados en la fundición de alrededor de 40.000 toneladas al año con una ley de 20% de cobre, esto corresponde a 8.000 toneladas finas de cobre al año. Esto implica un aumento en el rendimiento de la fundición de entre 1,5 y 2 puntos porcentuales de rendimiento anual.

Este aumento en el rendimiento de la Fundición de Chuquicamata, por intermedio de la recuperación del cobre contenido en los polvos, pueden permitir que la fundición supere el 96,6% de deducción metalúrgica FURE a valores entre el 97 a 98% de rendimiento, y así de esta forma maximizar los márgenes del negocio FURE por cobre. Es en este punto donde surge la pregunta, si la fundición y refinería va a recuperar este cobre, este negocio se encuentra obligado a tener imputado en su estructura de costos el pago del procesamiento de Ecometales y de SX-EW para esta recuperación. Sin embargo, estos costos surgen producto de que la fundición tiene un rendimiento que se ve afectado por una alta generación de polvos debido al tratamiento de concentrados con altos contenidos de arsénico. Es por esto que debemos incorporar un cuarto y quinto elemento a este conjunto que componen la maximización de los ingresos de este negocio que son el arsénico y antimonio. Esto provoca que el negocio de Fundición y Refinería deba analizar los ingresos provocados por el tratamiento de concentrados con altos contenidos de arsénico y antimonio.

**Figura 7.1: Componentes Maximización de Ingresos FURE**



Esto se representa de la siguiente forma en la figura 7.1, ya que hemos encontrado que existe una relación directa en el comportamiento del cobre en razón del arsénico. Al revisar la generación de polvos de otras fundiciones son de alrededor de 5.000 tpa respecto de Chuquicamata que puede generar 40.000 tpa como un mecanismo de control de emisión, que afecta su rendimiento y por ende el margen de ganancia por cobre. Ahora la pregunta es, si la FURE debe pagar por esto, ya que esta recuperación de cobre en Ecometales y SX-EW se produce producto del arsénico. Si bien, este elemento está considerado en los márgenes de ingresos del negocio Fundición y Refinería a través de las penalidades por arsénico se debe revisar si estas son representativas, suficientes y adecuadas en relación al tipo de minerales que se procesarán en los próximos años. A este análisis por penalidades se debe agregar otra impureza que tendrá una alta concentración en los minerales a tratar según el Plan de Negocios y Desarrollo (PND) de la Corporación.

## 8. Ingresos por Penalidades.

En la evaluación de los proyectos de inversión, estado de resultado por negocio y las herramientas de planificación de largo plazo, para el negocio Fundición y Refinería, se han utilizando los valores contenidos en las Orientaciones Comerciales (OO. CC.). En dicha estructura quedan contenidos los cargos de tratamiento (TC) y los cargos de refinación (RC). Además, son explicitados valores o precios aplicables a los elementos indeseables. Dichos precios son conocidos comúnmente como penalidades, estas penalidades de la estructura de ingresos del negocio Fundición y Refinería es el único factor que falta por revisar.



Esta información es emitida por la Vicepresidencia de Comercialización. Específicamente, para el caso de la impureza Arsénico, las OO. CC. contienen la siguiente tabla de valores.

**Tabla 8.1: Penalidades Orientaciones Comerciales.**

Tipo Concentrado	% As	TC Adicional US\$/TMS	RC Adicional Usc/Lb	Penalidad por cada 0,1% sobre 0,2% libre US\$/TMS
Limpio (Andina)	0,2			2,5
Sucio (Chuqui)	0,8	10	1	3

Cabe señalar la existencia de restricciones claras y precisas en las OO. CC., para cantidades superiores a 100 kta de concentrados a ventas tipo Chuquicamata. Además, se observa la declaración de un contenido máximo aceptable de 0,5% de Arsénico por las Fundiciones externas.

El Plan de Negocio y Desarrollo 2011 presenta un nivel de procesamiento promedio de 1.600 kta de concentrado y el contenido promedio de Arsénico corresponde a 1,03%. Además, en este ejercicio se observa un contenido promedio de 516 ppm de Antimonio. Se destacan valores máximos o "peak", para cada uno de los elementos de 4,88% y 2.567 ppm respectivamente.

En este punto, es necesario revisar si los valores de penalidad presentes en la OO.CC. son representativos, suficientes y adecuados, teniendo en consideración que las calidades y cantidades de concentrados a evaluar, no guardan relación con aquellos límites derivados de las OO.CC, resultando extremadamente superiores.

Conocida la tabla de penalidades y su espacio de validez, es vital revisar si realmente, con los valores mostrados en la tabla N°8.1, existe una rentabilidad mínima para el negocio Fundición y Refinería, asociada al abatimiento de impurezas. En términos de la División y de la Corporación, estos ratios corresponden a una adecuada determinación del ahorro generado, a consecuencia de poder procesar estos materiales, de difícil comercialización, en plantas propias.

Las cantidades y caracterización de los diferentes concentrados, tratados en el PND 2011, se detallan en la Tabla 8.2. El procesamiento de esta mezcla de materiales requiere realizar inversiones importantes, como también, demandará recursos adicionales de presupuesto de operaciones, todo en razón del aumento de las

cantidades de As y Sb que se requiere confinar o abatir, como también, cumplir el marco más restrictivo de normativa legal de emisiones nacional o regulaciones internacionales emergentes en la materia.

El objetivo es determinar los valores de penalidad para impurezas, específicamente As y Sb, en el contexto del PND 2011, asegurando rentabilidades mínimas, para aquellos procesos de la División, los cuales promueven la viabilidad técnico - económica de explotación de yacimientos con altos contenidos de impurezas.

**Tabla 8.2: Caracterización Concentrados Fundidos PND 2011.**

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	17-35	Max
<b>CONCENTRADO ALTO As a FU</b>									
	kt	1.460	1.400	1.341	0	273	241	521	
CuCO	%	32,85	31,33	31,14	34,55	33,38	32,54	31,61	34,55
AsCO	%	0,51	0,55	0,71	4,41	4,71	3,47	1,88	4,88
AgCO	ppm	115	101	97	584	624	651	180	651
AuCO	ppm	0,4	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0
SCO	%	33	33	33	33	33	33	33	33
SbCO	ppm	103	71	180	2.567	2.184	1.873	839	2.567
<b>CONCENTRADO BAJO As a FU</b>									
	kt	0	0	0	1.327	1.048	1.080	685	
CuCO	%	0,00	0,00	0,00	31,13	31,15	31,24	31,97	33,01
AsCO	%	0,00	0,00	0,00	1,15	0,93	0,92	0,97	1,50
AgCO	ppm	0	0	0	96	98	105	114	361
AuCO	ppm	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,4	1,0
SCO	%	34	34	34	34	34	34	34	36
SbCO	ppm	0	0	0	392	437	310	438	1.226
<b>CONCENTRADO Limpio</b>									
	kt	0	0	0	0	0	0	114	
CuCO	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	30,00
AsCO	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,14
AgCO	ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
AuCO	ppm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SCO	%	0	0	0	0	0	0	34	34
SbCO	ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Calcina a FU</b>									
	kt	0	0	0	65	279	279	279	
CuCO	%	0,00	0,00	0,00	41,85	40,43	39,41	37,78	41,85
AsCO	%	0,00	0,00	0,00	0,43	0,46	0,34	0,24	0,48
AgCO	ppm	0	0	0	707	756	788	394	788
AuCO	ppm	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	1,2	0,9	1,2
SCO	%	0	0	0	23	23	23	23	23
SbCO	ppm	0	0	0	1.444	1.229	1.054	641	1.444
<b>CALCINA DE POLVO FUCO</b>									
	kt	0	0	0	9	36	36	36	
Cu	%	0,00	0,00	0,00	25,55	26,23	26,33	25,76	29,74
As	%	0,00	0,00	0,00	0,86	0,89	0,74	0,71	1,01
Ag	ppm	0	0	0	119	272	283	170	283
Au	ppm	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,5	0,4	0,8
S	%	0	0	0	8	7	7	7	8
Sb	ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>CONCENTRADO EXTERNO ANDINA</b>									
	kt	0	0	159	133	0	0	4	
CuCO	%	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,29	29,35
AsCO	%	0,17	0,21	0,23	0,20	0,19	0,17	0,14	0,23
AgCO	ppm	70	70	70	65	70	70	70	70
AuCO	ppm	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
SCO	%	34	34	34	33	34	34	34	34
SbCO	ppm	210	210	210	210	210	210	210	210

### 8.1. Valores de penalidad.

Se construyeron escenarios, con el objetivo de determinar los valores de penalidad. Dichos casos corresponden a:

1. Escenario Orientaciones Comerciales (OO.CC.).
2. Escenario Base Antimonio (Sb TIR 14%).
3. Escenario Arsénico Largo Plazo (As LP)

4. Escenario Arsénico Corto Plazo (As CP).
5. Escenario Arsénico PND 2011 ( As CP + LP).
6. Escenario As – Sb IVAN 1,4.

A continuación, se detallan las consideraciones de cada uno de ellos, en adjunto en los Anexos A.1 al Anexo A.7 se entrega la información detallada de los cálculos de cada uno.

El análisis se construye sobre los flujos de caja, en el mismo horizonte de tiempo del PND 2011, la demanda de recursos queda determinada por los costos netos o sin depreciación y las inversiones, en ambos casos las partidas directamente asociadas al control y abatimiento de las impurezas nombradas. Los ingresos son determinados para cada uno de los concentrados considerados en PND 2011, de acuerdo a sus cantidades y características.

#### **8.1.1 Escenario Orientaciones Comerciales (OO.CC.).**

La primera evaluación, con carácter primario, se construyó sobre la base de los concentrados mostrados en la Tabla 8.2 y los valores de penalidad de la tabla 8.1. La combinación de ambos factores permite construir los flujos de ingresos, de acuerdo a OO.CC. Además, se determinaron los costos involucrados a nivel FURE, como también aquellos gastos que actualmente se imputan en otras áreas de la División, tal cual es el caso del contrato de lixiviación de Ecometales y el contrato de abatimiento de As y Sb “AAA”, con la misma firma filial CODELCO.

Fueron determinados en forma separada los valores de ingresos y costos para cada una de las impurezas consideradas. Como también, para cada uno de estos elementos fueron determinadas las inversiones puras, en el contexto del PND 2011.

#### **8.1.2 Escenario Base Antimonio (Sb TIR 14%).**

Determinado el valor inicial, bajo OO. CC, se implementó y determinó una penalidad de Antimonio, en razón de los costos e inversiones específicas para este elemento. La tarifa queda determinada al obtener un valor, el cual permite una rentabilidad de 14% (TIR) aproximadamente. Se separó por rangos y los resultados son presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 8.3: Penalidad por Antimonio TIR 14%.**

Min	Max	Valor
Sb ppm	Sb ppm	US\$/TMS
	250	
250	1000	2
1000	1500	2,5
1500		3

El incremento corresponde a 100 ppm de Sb, siendo 250 ppm aquel valor libre sin penalidad.

Se mantiene sin cambios la tabla de penalidades por arsénico.

### **8.1.3 Escenario Arsénico Largo Plazo (As LP).**

Desde los flujos de 25 años imputables al As, fueron considerados aquellos con presencia de concentrados DMH y Calcinas, considerando los flujos de ingresos y costos de operación desde el año 2014 hasta el año 2035. Se consideraron todas las inversiones del PND 2011, que sean directamente asociadas a la impureza señalada. Se destaca que las inversiones desde el año 2011 al año 2013 son consideradas íntegramente, bajo el amparo del API Descontaminación Segunda Etapa y API de Pozos de Montecristo, que aseguran la provisión de equipos y capacidades de proceso, hasta antes de comenzar con el tratamiento de concentrados DMH y Calcinas.

El flujo de caja generado se modificó alterando las tarifas de penalidad por As, hasta lograr un rentabilidad del 14%, en forma similar al punto anterior, generando los siguientes resultados.

**Tabla 8.4: Penalidad por Arsénico 2014-2035.**

Min	Max	TC Base	RC Base	Valor
%As	%As	US\$/TMS	Usc/lb	US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	3,5
0,8		10	1	3,5

El incremento corresponde a 0,1% de As, siendo 0,2% aquel valor libre sin penalidad. Se mantiene sin cambios la tabla de Antimonio, obtenida en el punto precedente.

#### 8.1.4 Escenario Arsénico Corto Plazo (As CP).

Posteriormente, para el primer trienio se consideraron solamente los flujos de ingresos y costos de operación, generando una utilidad, que fue modificada por la alteración de los valores de penalidad de As, hasta que dicho valor de rentabilidad fuera un 14% mayor que los costos de operación. No se consideran valores de inversión al estar contenidos en el punto precedente, para no generar una doble imputación. La tabla de resultados se muestra a continuación.

**Tabla 8.5: Penalidad Arsénico 2011 – 2013.**

Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	6,5
0,8		10	1	6,5

El incremento corresponde a 0,1% de As, siendo 0,2% aquel valor libre sin penalidad. No se alteró la tabla por antimonio.

#### 8.1.5 Escenario Arsénico PND 2011 (As CP + LP).

Corresponde a la integración de los dos escenarios precedentes, 8.1.3. y 8.1.4., sin alterar las tablas de penalidad de arsénico y de antimonio.

#### 8.1.6 Escenario As – Sb IVAN 1,4.

En este último escenario se modifican las tarifas de arsénico, con el objetivo de obtener una rentabilidad de la inversión en torno a 1,4 (IVAN).

### 8.2. Resultados y Conclusiones.

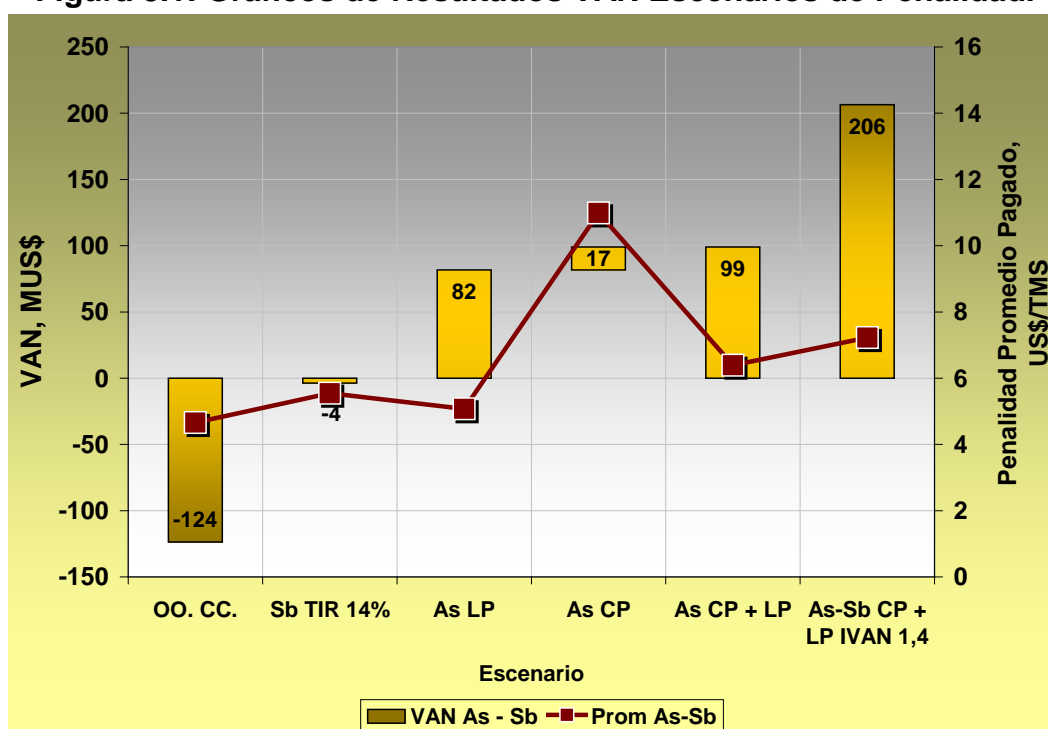
#### 8.2.1 Resultados.

El valor actual de los costos, OPEX y CAPEX, asciende a 709 MUS\$ a una tasa de 8% para 25 años, este valor esta compuesto por 564 MUS\$ de costo de operación sin depreciación y 145 MUS\$ de inversión. Las partidas de costo consideradas y los proyectos son detallados en el punto N°9.

Derivado de la evaluación, se observa un costo unitario promedio correspondiente a 2.804 US\$/Tmf de Arsénico en el Concentrado y 2.760 US\$/Tmf de Antimonio en el Concentrado.

Para los flujos de caja de As y Sb, de cada escenario del punto 8.1, su valor actualizado se entrega en la siguiente figura. En estos resultados, se observa que los valores de penalidad de la tabla 8.1 no son suficientes, no cubriendo los costos de operación e inversión, generado un VAN negativo de 123,6 MUS\$ para el primer escenario.

**Figura 8.1: Gráficos de Resultados VAN Escenarios de Penalidad.**



La implementación de una penalidad para Antimonio, en el punto 8.1.2., determina un VAN Negativo de 3,7 MUS\$, observando que el VAN del Antimonio en forma independiente corresponde a 36,2 MUS\$ positivo. Para el caso del Arsénico se mantiene el valor con un VAN negativo de 39,9 MUS\$.

Según el escenario del punto N°8.1.3 (As LP), el resultado para él corresponde a un VAN positivo de 45,5 MUS\$, por concepto de As, totalizando 81,7 MUS\$ en forma conjunta con el Sb.

Considerando valores similares de rentabilidad al escenario anterior, el caso del escenario de corto plazo de arsénico genera un VAN de 17 MUS\$ adicionales,

totalizando para el escenario total “As CP+LP” un valor actualizado de VAN de 99 MUS\$ positivo, pero hay que observar que la rentabilidad de la inversión (IVAN) es de 0,68.

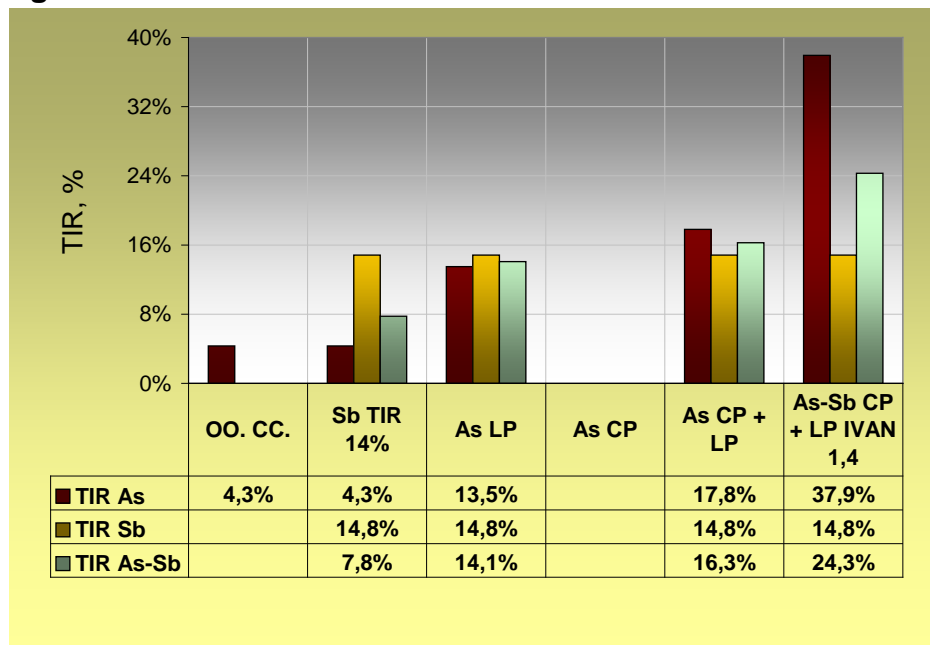
Típicamente, los proyectos de inversión FURE se ubican el rango de 1,4 de IVAN, además, existe la presión para brindar factibilidad técnica a minerales ricos en impurezas, todo ello es agravado, dadas las crecientes restricciones ambientales al procesamiento, transporte y abatimiento de concentrados de cobre, en especial para aquellos con altos contenidos de impurezas. Por lo tanto, se consideró un último escenario con valores de IVAN de 1,4 que promueva el tratamiento en forma interna.

En este último caso, la alteración de las penalidades genera un VAN positivo para As y Sb de 206 MUS\$.

Los resultados detallados se encuentran en cada anexo de la evaluación y en forma resumida son presentados en la siguiente tabla. Además, se entrega la gráfica que muestra los cambios de la tasa interna de retorno.

Los resultados para cada uno de los escenarios se presentan en la tabla siguiente.

**Figura N° 8.2: Resultados Tasa Interna de Retorno Escenarios.**



**Tabla 8.6: Resultado Escenarios Evaluados para Penalidad As-Sb.**

Penalidad Arsénico 2011 a 2013										
Arsénico por cada	0,1	% de incremento	Unidad	OO. CC.	Sb TIR 14%	As LP	As CP	As CP + LP	As-Sb CP + LP IVAN 1,4	
min	max	Base TC/RC		Penalidad						
%	%	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	
	0,2		US\$/TMS							
0,2	0,5		US\$/TMS	2,5	2,5		2,5	2,5	2,5	
0,5	0,8	10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0		6,5	6,5	6,5	
0,8		10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0		6,5	6,5	6,5	
Penalidad Arsénico desde 2014										
Arsénico por cada	Min	% de incremento	Unidad	OO. CC.	Sb TIR 14%	As LP	As CP	As CP + LP	As-Sb CP + LP IVAN 1,4	
min	max	Base TC/RC		Penalidad						
%	%	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	
	0,2		US\$/TMS							
0,2	0,5		US\$/TMS	2,5	2,5	2,5		2,5	2,5	
0,5	0,8	10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0	3,5		3,5	4,0	
0,8		10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0	3,5		3,5	4,5	
Penalidad Antimonio										
Antimonio por cada	100	ppm de Incremento	Unidad	OO. CC.	Sb TIR 14%	As LP	As CP	As CP + LP	As-Sb CP + LP IVAN 1,4	
min	max	Base TC/RC		Penalidad						
ppm	ppm	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	
	250		US\$/TMS							
250	1000		US\$/TMS		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
1000	1500		US\$/TMS		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
1500			US\$/TMS		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
<b>Prom As-Sb</b>				US\$/TMS	4,7	5,5	5,1	11,0	6,4	7,2
<b>TIR As</b>				%	4,3%	4,3%	13,5%		17,8%	37,9%
<b>TIR Sb</b>				%		14,8%	14,8%		14,8%	14,8%
<b>TIR As-Sb</b>				%		7,8%	14,1%		16,3%	24,3%
<b>Utilidad Trienio 2011 - 2013</b>				%	-23,0%	-23,0%	nd	13,7%	13,7%	13,7%
<b>VAN As</b>				MUS\$	-39,9	-39,9	45,5	17,4	62,8	170,2
<b>VAN Sb</b>				MUS\$	-83,6	36,2	36,2		36,2	36,2
<b>VAN As - Sb</b>				MUS\$	-123,6	-3,7	81,7	17,4	99,0	206,4
<b>INVA</b>				MUS\$	145,6	145,6	145,6		145,6	145,6
<b>IVAN</b>					-0,85	-0,03	0,56		0,68	1,42

## 8.2.2 Conclusiones.

Para una adecuada determinación del aporte económico del negocio Fundición y Refinería, deben modificarse los valores de penalidades presentes en las OO.CC. con el objetivo de medir adecuada y correctamente el aporte económico, sobre todo al evaluar el tratamiento de cantidades globales de concentrados sucios y no de cantidades marginales con posibilidad de venta.

Se debe implementar el concepto de penalidad por Antimonio, en especial, al estar en el umbral de procesar minerales con valores extremadamente altos de esta impureza, considerando además, la realización de inversiones importantes y el desembolso de recursos adicionales de costo de operación, que no cuentan con su contraparte de ingresos actualmente.



Los valores recomendados y aplicables para las impurezas arsénico y antimonio son aquellos contenidos en el escenario de IVAN de 1,4 y son entregados en la tabla adjunta. Estos valores permiten:

1. Rentabilizar adecuadamente el valor de los minerales contenidos en DMH o en aquellos yacimientos con altos contenidos de As y Sb.
2. Minimizar los efectos de Normativa Ambiental para la exportación y comercialización.
3. Asegurar una posición negociadora fuerte, al contar con un procesamiento interno desarrollado adecuadamente.
4. Mantener el nivel de liquidez de la cartera de productos comerciales corporativa, respaldada en Cátodos Grado A.
5. Segmentar correctamente el valor aportado por cada Negocio en los flujos de caja o estado de resultado.
6. Potenciar el Complejo de la Fundición y Refinería de Chuquicamata, como el negocio llamado a procesar materiales altos en impurezas y de difícil comercialización.

La modificación de las tablas de penalidad por impurezas, debe tener directa relación con la construcción del modelo de negocios a obtener DCH – DMH. No pudiendo existir o ser admisible un desmedro de los indicadores de DCH, en favor de DMH.

**Tabla 8.6: Tabla Recomendada de Penalidades para As – Sb.**

<b>Penalidad Arsénico 2011 a 2013</b>				
Arsénico por cada	0,1	% de incremento	Unidad	As-Sb CP + LP IVAN 1,4
min	max	Base TC/RC		Penalidad
%	%	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS
	0,2		US\$/TMS	
0,2	0,5		US\$/TMS	2,5
0,5	0,8	10 / 1	US\$/TMS	6,5
0,8		10 / 1	US\$/TMS	6,5
<b>Penalidad Arsénico 2014</b>				
Arsénico por cada	Min	% de incremento	Unidad	As-Sb CP + LP IVAN 1,4
min	max	Base TC/RC		Penalidad
%	%	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS
	0,2		US\$/TMS	
0,2	0,5		US\$/TMS	2,5
0,5	0,8	10 / 1	US\$/TMS	4,0
0,8		10 / 1	US\$/TMS	4,5
<b>Penalidad Antimonio</b>				
Antimonio por cada	100	ppm de Incremento	Unidad	As-Sb CP + LP IVAN 1,4
min	max	Base TC/RC		Penalidad
ppm	ppm	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS
	250		US\$/TMS	
250	1000		US\$/TMS	2,0
1000	1500		US\$/TMS	2,5
1500			US\$/TMS	3,0
<b>Prom As-Sb</b>			US\$/TMS	7,2
<b>TIR As</b>			%	37,9%
<b>TIR Sb</b>			%	14,8%
<b>TIR As-Sb</b>			%	24,3%
<b>Utilidad Trienio 2011 - 2013</b>			%	13,7%
<b>VAN As</b>			MUS\$	170,2
<b>VAN Sb</b>			MUS\$	36,2
<b>VAN As - Sb</b>			MUS\$	206,4
<b>INVA</b>			MUS\$	145,6
<b>IVAN</b>				1,42

Para validar los valores obtenidos en el largo plazo de las penalidades de arsénico, se entrevistó al Subgerente de Ventas Cobre para Asia respecto de cuales eran los descuentos que ha aplicado la Vicepresidencia de Comercialización para la compra de concentrados por sobre un 1% de As, y al revisar contratos de cliente, se indicó que se han aplicado descuentos en la compra de hasta 5 US\$/TMS. Este parámetro refuerza la razonabilidad de las penalidades calculadas en el presente estudio para el largo plazo con un IVAN de 1,4, que sobre 0,8% de As entrega resultados de 4,5 US\$/TMS.

## 9. Costos de Operación e Inversión para el Abatimiento de Arsénico y Antimonio.

Las impurezas Arsénico y Antimonio, contenidos en Concentrados y Ánodos, cuentan con una normativa ambiental vigente, tanto para su procesamiento en Chile, como también, restricciones a nivel internacional vigentes y emergentes. Además, el procesamiento de concentrados sucios presenta dificultades, en especial, para el adecuado cumplimiento de la calidad de los productos comerciales.

Si consideramos un nivel estable de fusión de concentrados y tratamientos de ánodos externos, que generen una producción de cobre de 600 ktmf de cátodos, será necesario incorporar inversiones y aumentar el costo de operación, para un adecuado tratamiento de estos materiales, teniendo como consecuencia un aumento del costo unitario FURE.

De los conceptos explicitados anteriormente y con el objetivo de poder generar las condiciones técnicas para el tratamiento de la mezcla PND, se derivan las siguientes partidas de inversión.

1. Aumento de Capacidad de Confinamiento Arsénico en Montecristo.
2. Aumento de Capacidad Neutralización Efluentes Fundición DCH.
3. Reemplazo Equipos Sistemas de Gases Fugitivos.
4. Planta de Tratamiento de Impurezas Refinería.
5. Optimización Manejo de Polvos Fundición.
6. Inversiones FURE para Tratamiento de Concentrados y Calcinas DMH.

En esta lógica, el control y abatimiento de las impurezas se ejecuta incorporando equipos y procesos, como también, generado flujos de salida. En general, estas corrientes de salida para el control de concentraciones y emisiones, presentan valores altos de cobre, en forma asociada a las nombradas impurezas.

Los flujos extraídos del proceso presentan altos contenidos de As y Sb, que específicamente corresponden a Polvos Metalúrgicos Fundición y Solución de Descarte Refinería. Ambos son extraídos del proceso para el control de emisiones al aire de As y concentración de Cu, As y Sb en productos intermedios.

De acuerdo a PND 2011, las cantidades de polvos y descarte son función de la alimentación, por lo tanto se observará un considerable aumento de las masas finas de As y Sb, sobretodo cuando comience el tratamiento de las calcinas de DMH, tal cual fue observado en la Tabla 8.2.

Actualmente, los polvos son lixiviados en Ecometales y las soluciones ricas en cobre resultantes son tratadas en la Gerencia de Extracción y Lixiviación (GEL).

Los productos líquidos descartables con altos contenidos de As, son abatidos en las gravas subyacentes de esta última área. En el largo plazo, el abatimiento de las fracciones de As y Sb, presente en Polvos y Descarte, será realizado mediante el Proceso "AAA", perteneciente a Ecometales, filial CODELCO.

El resultado de los procesos actuales y futuros para polvos y solución de descarte, corresponde a un PLS que se trata en plantas SX-EW, generándose producción de Cátodos por esta vía.

Se debe recordar que la propiedad de estos materiales con cobre, son parte del compromiso de devolución de cobre FURE, amparado en la deducción metalúrgica de 3,4%. Por lo tanto, los gastos de Ecometales y Sx-Ew deben ser cargados a la FURE como un servicio de maquila. Sólo con esta modalidad, el negocio de Fundición y Refinería está en condiciones de considerar estas producciones de cobre dentro de su cartera de devolución de materiales, o como también, dentro del margen positivo / negativo de cobre si lo hubiere.

Hacia el interior de la FURE existen gastos para el control de Gases Fugitivos, Abatimiento de As y Granallado de Escoria. Además, todo proceso nuevo como la Planta IX debe tener asociado su costo de operación. Las partidas consideradas corresponden a las funciones de operación, mantenimiento y gastos generales.

Para las actividades antes señaladas se derivan los siguientes costos valorados de Operación e Inversión.

1. Equipos de Limpieza de Gases en Fundición y Plantas de Ácido.
2. Planta de Tratamiento de Arsénico (ATP) y Transporte y Confinamiento de Arsenito de Calcio en Montecristo
3. Tratamiento de Polvos Fundición.
  - a. Lixiviación de Polvos, con abatimiento As en gravas.
  - b. Lixiviación y Abatimiento de As/Sb con Procesos AAA.
  - c. Proceso Sx-Ew.
  - d. Pérdida de Cobre por Manejo.
4. Tratamiento de Solución de Descarte de Refinería
  - a. Abatimiento As en Gravass.
  - b. Abatimiento As y Sb con Proceso AAA
  - c. Tratamiento de Solución en Sx-Ew.
  - d. Pérdida de Cobre por Manejo.
5. Planta de Tratamiento de Intercambio Iónico (IX) Refinería.
6. Reproceso de Materiales para aumentar abatimiento de Impurezas.
7. Gastos Generales.

La cuantificación de la necesidad de recursos se entrega en la tabla adjunta, en ella se muestra en valor promedio para el horizonte de PND 2011, como también, el valor de VAC de 25 años, a una tasa de 8%.

**Tabla 9.1: Costo Operación Abatimiento As y Sb PND 2011 FURE.**

Costo de Operación				2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2017 - 2035		
<b>1 Equipos de Limpieza de Gases en Fundición y Plantas de Acido.</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>							
Horno Flash	Gases Fugitivos	Energía Eléctrica	KUS\$	7.492	702	1.007	896	916	627	623	626	626
Convertidores Peirce Smith	Gases Fugitivos control As	Cal	KUS\$	4.164	390	345	344	364	375	412	408	407
Refino	Inyección de Fundente	Energía Eléctrica	KUS\$	6.611	619	888	790	808	553	550	552	552
		Carbonato de Sodio	KUS\$	10.076	944	807	811	849	871	1.031	1.012	991
HELE	Granallado	Aqua Industrial	KUS\$	2.701	253	251	477	601	100	134	145	241
		Transporte de Escoria	KUS\$	1.285	118	118	118	118	118	118	118	118
Fundición	Control de Calidad	Energía Eléctrica	KUS\$	7.051	661	948	843	862	590	586	589	589
		2 Balances Mensuales	KUS\$	29.413	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755
Planta de Acido	Limpieza de Gases	Venturi Scrubber	KUS\$	80.675	7.558	12.021	10.556	11.350	8.189	6.669	6.346	6.053
Reproceso Materiales			KUS\$	9.706	909	288	287	360	414	1.278	1.229	1.167
Mantenición Equipos			KUS\$	34.373	3.220	4.402	4.046	4.283	3.261	2.962	2.887	2.836
<b>Total</b>			<b>KUS\$</b>	<b>193.527</b>	<b>18.129</b>	<b>23.832</b>	<b>21.925</b>	<b>23.266</b>	<b>17.855</b>	<b>17.118</b>	<b>16.667</b>	<b>16.336</b>
<b>2 Planta de Tratamiento de Arsénico (ATP) y Transporte y Confinamiento de Arsenito de Calcio en Montecristo</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>	<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
			KUS\$	52.215	4.891	3.441	3.203	3.552	4.473	6.256	5.496	5.641
<b>3 Tratamiento de Polvos Fundición</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>	<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
			KUS\$	30.925	2.897	12.000	12.000	12.000				
			KUS\$	130.412	12.217				21.519	15.626	12.835	11.880
			KUS\$	43.911	4.114	5.389	5.031	4.984	6.091	3.794	3.963	3.437
			KUS\$	4.244	398	552	528	532	668	372	365	307
<b>Total</b>			<b>KUS\$</b>	<b>182.605</b>	<b>17.106</b>	<b>17.941</b>	<b>17.559</b>	<b>17.516</b>	<b>28.279</b>	<b>19.792</b>	<b>17.164</b>	<b>15.623</b>
<b>4 Tratamiento de Solución de Descarte de Refinería</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>	<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
			KUS\$	0	0							
			KUS\$	38.175	3.576				0	3.233	6.002	3.925
			KUS\$	59.514	5.575	5.162	5.702	5.705	5.657	5.729	5.679	5.564
			KUS\$	5.661	530	529	598	609	621	562	524	497
<b>Total</b>			<b>KUS\$</b>	<b>95.479</b>	<b>8.944</b>	<b>5.691</b>	<b>6.300</b>	<b>6.314</b>	<b>6.278</b>	<b>9.524</b>	<b>12.205</b>	<b>9.985</b>
<b>5 Planta de Tratamiento de Intercambio Iónico (IX) Refinería</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>	<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
			KUS\$	24.099	2.258	0	0	0	2.976	2.976	2.976	2.976
<b>6 Gastos Generales</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>	<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
			KUS\$	16.438	1.540	1.527	1.470	1.519	1.796	1.670	1.635	1.517
<b>Total OPEX</b>				<b>VAN</b>	<b>CAUE</b>	<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
			KUS\$	564.363	52.869	52.431	50.457	52.168	61.656	57.336	56.143	52.079

La inversión justificada por As y Sb, sin considerar los valores de inversión asociada al tratamiento de materiales provenientes de DMH, para cada una de las superintendencias que conforman la Gerencia FURE se muestra en las siguientes figuras.

**Tabla 9.2: Inversión Fundición PND 2011, sin valores DMH.**

Superintendencia Fundición	Moneda	2011	2012	2013	2014	2015	2016
		KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$
N-PF-MEJ. MANEJO, TRANSP Y ALMAC. POLV MET.-	Inversion ME						
N-PF-MEJ. MANEJO, TRANSP Y ALMAC. POLV MET.-	Inversion MN	200					
N-FA-MEJ. MANEJO, TRANSP Y ALMAC. POLV MET.-	Inversion ME						
N-FA-MEJ. MANEJO, TRANSP Y ALMAC. POLV MET.-	Inversion MN		300				
N-EJ-MEJ. MANEJO, TRANSP Y ALMAC. POLV MET.-	Inversion ME						
N-EJ-MEJ. MANEJO, TRANSP Y ALMAC. POLV MET.-	Inversion MN			1.405	2.942		
N-PF-REEMP SIST. MANEJO GASES FUGITIVOS HF-	Inversion ME						
N-PF-REEMP SIST. MANEJO GASES FUGITIVOS HF-	Inversion MN						
N-FA-REEMP SIST. MANEJO GASES FUGITIVOS HF-	Inversion ME						
N-FA-REEMP SIST. MANEJO GASES FUGITIVOS HF-	Inversion MN						
N-EJ-REEMP SIST. MANEJO GASES FUGITIVOS HF-	Inversion ME						
N-EJ-REEMP SIST. MANEJO GASES FUGITIVOS HF-	Inversion MN						
N-PF-AUMENTO CAPAC NEUTRALIZ EFLUENTES FUND-	Inversion ME						
N-PF-AUMENTO CAPAC NEUTRALIZ EFLUENTES FUND-	Inversion MN	185					
N-FA-AUMENTO CAPAC NEUTRALIZ EFLUENTES FUND-	Inversion ME						
N-FA-AUMENTO CAPAC NEUTRALIZ EFLUENTES FUND-	Inversion MN		484				
N-EJ-AUMENTO CAPAC NEUTRALIZ EFLUENTES FUND-	Inversion ME						
N-EJ-AUMENTO CAPAC NEUTRALIZ EFLUENTES FUND-	Inversion MN			2.390	5.576		
N-EJ-RELL.SANIT.RESID. SOLID.AS.MONTECRISTO-	Inversion ME						
N-EJ-RELL.SANIT.RESID. SOLID.AS.MONTECRISTO-	Inversion MN	4.225	3.000				
N-EJ-MONTECRISTO LARGO PLAZO-	Inversion ME						
N-EJ-MONTECRISTO LARGO PLAZO-	Inversion MN					4.225	3.000

**Tabla 9.3: Inversión Refinería PND 2011, sin valores DMH.**

Superintendencia Refinería	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$
ID-TRATAMIENTO IMPUR. EN ANODO/CÁTODO DC	13.524	35.080					
IC-DESARROLLO INTEGRADO NEGOCIO FUNDICION		1.958					
IC-REEMP SIST PURIF DE ELECTROL (FILTROS					46		
IB-REEMP SIST PURIF DE ELECTROL (FILTROS						106	
ID-REEMP SIST PURIF DE ELECTROL (FILTROS							356
ID-TRATAMIENTO IMPUR. EN ANODO/CÁTODO DC	4.521	12.544					

Los costos de inversión para el tratamiento de concentrados y calcinas provenientes de DMH, son observados en la Tabla N°2.4.

**Tabla 9.4: Inversión FURE para DMH.**

	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017
	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$
Inversiones FURE para MMH	0	16.283	47.574	4.273	0	0	0

En resumen, los flujos de CAPEX y OPEX para el tratamiento de concentrados complejos ascienden 709 MUS\$ en el PND 2011, con un valor equivalente de 66,5 MUS\$ por año, a un tasa de 8% por 25 años. Se observa un costo unitario de 2.804 US\$/Tmf de Arsénico en el concentrado.

**Tabla 9.5: Resumen CAPEX y OPEX abatimiento As-Sb PND 2011.**

	VAN	CAUE	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2017 - 2035
			KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$	KUS\$
Total OPEX	564.363	52.869	52.431	50.457	52.168	61.656	57.336	56.143	52.079
<b>Inversiones</b>			<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
Inversiones FURE para As y Sb	90.752	8.502	22.655	53.366	3.795	8.518	4.271	3.106	1.609
			<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
Inversiones FURE para MMH	54.866	5.140	0	16.283	47.574	4.273	0	0	0
			<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
Total CAPEX	145.618	13.641	22.655	69.649	51.369	12.791	4.271	3.106	1.609
			<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>2.014</b>	<b>2.015</b>	<b>2.016</b>	<b>2017 - 2035</b>
VAC	709.980	66.510	75.086	120.105	103.537	74.446	61.607	59.249	53.688

Respecto de estos valores debe ser analizado el valor de penalidad, tanto la suficiencia de los parámetros actuales, como aquellos que permitan dar una adecuada rentabilidad a la utilización de estos recursos.

Los costos presentados no contienen depreciación, dado que se realiza un estudio a nivel de flujo de caja.

## 10. Determinación de Valor de Penalidad.

El valor de ingreso por penalidad se determina para los siguientes materiales tratados.

1. Concentrado Alto Arsénico.
2. Concentrado Bajo Arsénico.
3. Calcina Tostación MMH.
4. Calcina Polvos a Tostador
5. Concentrado Limpio RT Fase II.
6. Concentrado Externo DCH: Andina.

Los valores unitarios de penalidad, para cada concentrado, son determinados según la siguiente relación:

$$TCP_{ij} = \frac{(C_{ij} - C_{iL})}{I_i} * P_{ij} + TC/RC_{ij}$$

Donde:

- TCP<sub>ij</sub> : Cargo de Tratamiento por la Impureza “i” para el concentrado “j” [US\$/TMS].  
 C<sub>ij</sub> : Contenido de la impureza “i” en el concentrado “j” [%].  
 C<sub>iL</sub> : Contenido de la impureza “i” libre de penalidad [%].  
 P<sub>ij</sub> : Penalidad por cada incremento I<sub>i</sub> para la impureza “i” [US\$/TMS].  
 I<sub>i</sub> : Incremento porcentual para la impureza “i” sobre C<sub>jL</sub> [%].  
 TC/RC<sub>ij</sub> : Penalidad Base para la impureza “i” del concentrado “j” [US\$/TMS].  
 i : Arsénico y Antimonio.  
 j : Tipo de Concentrado.

Luego, el ingreso para cada tipo de concentrado queda determinado por:

$$PI_{ij} = TCP_{ij} * M_j$$

Donde:

- TCP<sub>ij</sub> : Cargo de Tratamiento por la Impureza “i” para el concentrado “j” [US\$/TMS].  
 M<sub>j</sub> : Cantidad de concentrado fundido “j” [kta].  
 PI<sub>ij</sub> : Ingreso por Penalidad de la impureza “i” del concentrado “j” [KUS\$].  
 i : Arsénico y Antimonio.  
 j : Tipo de Concentrado.

El ingreso total para un año se obtiene a partir de:

$$PI = \sum_{j=1}^n \sum_{i=As,Sb} P_{ij}$$

Donde:

- PI : Ingreso total anual por penalidad.
- $PI_{ij}$  : Ingreso por Penalidad de la impureza "i" del concentrado "j" [KUS\$].
- i : Arsénico y Antimonio.
- j : Tipo de Concentrado.

Los resultados de estos escenarios se entregan en la tabla 10.1 y su detalle se entrega en los anexos A al anexo G. En dicha tabla se muestran las condiciones de penalidad, para cada intervalo de contenidos de As-Sb. Además, son incluidos indicadores económicos, para cada elemento, como también, para el par de impurezas.

Los ratios entregados son:

1. Valor Actual Neto para As, Sb y par As-Sb.
2. Tasa Interna de Retorno para As, Sb y par As-Sb.
3. Inversión Actualizada par As-Sb
4. IVAN para par As-Sb.



**Tabla 10.1: Resultados Escenarios Evaluados Penalidad As-Sb.**

<b>Penalidad Arsénico 2011 a 2013</b>									
Arsénico por cada	0,1	% de incremento	Unidad	OO. CC.	Sb TIR 14%	As LP	As CP	As CP + LP	As-Sb CP + LP IVAN 1,4
min	max	Base TC/RC		Penalidad					
%	%	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS
	0,2		US\$/TMS						
0,2	0,5		US\$/TMS	2,5	2,5		2,5	2,5	2,5
0,5	0,8	10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0		6,5	6,5	6,5
0,8		10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0		6,5	6,5	6,5
<b>Penalidad Arsénico desde 2014</b>									
Arsénico por cada	Min	% de incremento	Unidad	OO. CC.	Sb TIR 14%	As LP	As CP	As CP + LP	As-Sb CP + LP IVAN 1,4
min	max	Base TC/RC		Penalidad					
%	%	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS
	0,2		US\$/TMS						
0,2	0,5		US\$/TMS	2,5	2,5	2,5		2,5	2,5
0,5	0,8	10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0	3,5		3,5	4,0
0,8		10 / 1	US\$/TMS	3,0	3,0	3,5		3,5	4,5
<b>Penalidad Antimonio</b>									
Antimonio por cada	100	ppm de incremento	Unidad	OO. CC.	Sb TIR 14%	As LP	As CP	As CP + LP	As-Sb CP + LP IVAN 1,4
min	max	Base TC/RC		Penalidad					
ppm	ppm	US\$/TMS - Usc/lb		US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS	US\$/TMS
	250		US\$/TMS						
250	1000		US\$/TMS		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
1000	1500		US\$/TMS		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
1500			US\$/TMS		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
<b>Prom As-Sb</b>			US\$/TMS	4,7	5,5	5,1	11,0	6,4	7,2
<b>TIR As</b>			%	4,3%	4,3%	13,5%		17,8%	37,9%
<b>TIR Sb</b>			%		14,8%	14,8%		14,8%	14,8%
<b>TIR As-Sb</b>			%		7,8%	14,1%		16,3%	24,3%
<b>Utilidad Trienio 2011 - 2013</b>			%	-23,0%	-23,0%	nd	13,7%	13,7%	13,7%
<b>VAN As</b>			MUS\$	-39,9	-39,9	45,5	17,4	62,8	170,2
<b>VAN Sb</b>			MUS\$	-83,6	36,2	36,2		36,2	36,2
<b>VAN As - Sb</b>			MUS\$	-123,6	-3,7	81,7	17,4	99,0	206,4
<b>INVA</b>			MUS\$	145,6	145,6	145,6		145,6	145,6
<b>IVAN</b>				-0,85	-0,03	0,56		0,68	1,42

## 11.Referencias

- Pagina web Codelco Chile, Memorio Anual, 2011
- Vicepresidencia de Comercialización, Orientaciones Comerciales Codelco, 2012.
- Estructura de Costos FURE
- Planes de Negocio y Desarrollo Codelco, 2011.

## 12. Anexos

### Anexo A:

#### Base de Cálculo de Concentrados.

Concentrado		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
Sucio a Fundición	KTMS	1.460	1.400	1.341		273	241	238	537
Bajo a Fundición	KTMS				1.327	1.048	1.080	1.083	663
Limpio a Fundición	KTMS								120
Calcina a Fundición	KTMS				65	279	279	279	279
Calcina Polvos a Fundición	KTMS				9	36	36	36	36
Andina	KTMS			159	133				4
Escondida	KTMS								
Total	KTMS	1.460	1.400	1.500	1.534	1.636	1.636	1.636	1.639

Concentrado		Cu	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
Sucio a Fundición	%Cu		32,85	31,33	31,14	34,55	33,38	32,54	32,02	31,60
Bajo a Fundición	%Cu					31,13	31,15	31,24	31,21	32,04
Limpio a Fundición	%Cu								30,00	30,00
Calcina a Fundición	%Cu				41,85	40,43	39,41	38,79	37,73	
Calcina Polvos a Fundición	%Cu				25,55	26,23	26,33	27,45	25,66	
Andina	%Cu		29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,17	29,29	
Escondida	%Cu		35,00	35,00	35,00	34,98	35,00	35,00	35,00	

Concentrado		Cu Pagable	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
Sucio a Fundición	ktmf Cu pag		463	424	403		88	76	73	164
Bajo a Fundición	ktmf Cu pag					399	315	326	327	205
Limpio a Fundición	ktmf Cu pag									35
Calcina a Fundición	ktmf Cu pag				26	109	106	105	102	
Calcina Polvos a Fundición	ktmf Cu pag				2	9	9	10	9	
Andina	ktmf Cu pag			44	37					1
Escondida	ktmf Cu pag									
Total	ktmf Cu pag		463	424	448	465	522	517	514	

Concentrado		As	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
Sucio a Fundición	%As		0,51	0,55	0,71	4,41	4,71	3,47	3,11	1,85
Bajo a Fundición	%As					1,15	0,93	0,92	0,88	0,98
Limpio a Fundición	%As								0,09	0,11
Calcina a Fundición	%As				0,43	0,46	0,34	0,30	0,24	
Calcina Polvos a Fundición	%As				0,86	0,89	0,74	0,60	0,71	
Andina	%As		0,17	0,21	0,23	0,20	0,19	0,17	0,18	0,14
Escondida	%As		0,10	0,10	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	

Concentrado		Sb	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
Sucio a Fundición	ppm Sb		103,07	70,93	179,58	2566,63	2184,46	1873,23	1548,85	1118,70
Bajo a Fundición	ppm Sb					392,01	437,10	310,17	1029,38	462,68
Limpio a Fundición	ppm Sb									
Calcina a Fundición	ppm Sb					1443,73	1228,76	1053,69	871,23	608,09
Calcina Polvos a Fundición	ppm Sb									
Andina	ppm Sb		210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00
Escondida	ppm Sb		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00

## Anexo B:

### Evaluación Escenario Orientaciones Comerciales (OO.CC.)

Tabla Penalidades Arsénico por cada

Hasta 0,1		2013 %As			
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS	
	0,2				
0,2	0,5			2,5	
0,5	0,8	10	1	3	
0,8		10	1	3	

Desde 0,1		2014 %As			
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS	
	0,2				
0,2	0,5			2,5	
0,5	0,8	10	1	3	
0,8		10	1	3	

Penalidad Incremental

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,90
			2,50	2,50	2,50	2,50	1,16
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,81
	2,50	2,50	2,50				0,15

Penalidad Base

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
26,24	27,25	31,90	136,17	152,38	115,00	104,26	86,36
			45,20	38,59	38,16	36,95	34,84
			5,74	6,48	3,46	2,59	1,44
			35,21	36,34	31,83	27,90	22,59
	0,34	0,82	0,07				0,00

Ingreso Arsénico

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	323.166	30.274
Bajo a Fundición	KUS\$	250.782	23.493
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	5.712	535
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	6.659	624
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
<b>Total</b>	<b>KUS\$</b>	<b>586.430</b>	<b>54.936</b>

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
38.294	38.145	42.789		41.644	27.725	24.769	35.636
			59.999	40.422	41.208	40.029	26.032
			372	1.809	965	724	401
			316	1.304	1.142	1.001	811
		130	9				
38.294	38.145	42.919	60.696	85.178	71.041	66.523	62.880

Tabla Penalidades Antimonio por cada

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Ingreso Antimonio

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$		
Bajo a Fundición	KUS\$		
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$		
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$		
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$		

Ingreso Penalidad As- Sb

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	323.166	30.274
Bajo a Fundición	KUS\$	250.782	23.493
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	5.712	535
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	6.659	624
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	586.430	54.936

Costo Operación As-Sb	KUS\$	564.363	52.869
Inversiones As- Sb	KUS\$	145.618	13.641

Flujo Impurezas	KUS\$	-123.551	-11.574
-----------------	-------	----------	---------

Tasa Interna de Retorno	%	nd	
-------------------------	---	----	--

Inversión	KUS\$	59.523	5.576
Gasto	KUS\$	24.099	2.258
Ingreso Sb	KUS\$		
Flujo	KUS\$	-83.622	-7.834

Tasa Interna de Retorno	%	nd	
-------------------------	---	----	--

Negocio As

Inversión	KUS\$	86.095	8.065
Gasto		540.264	50.611
Ingreso As		586.430	54.936
Flujo		-39.929	-3.741

Tasa Interna de Retorno	%	4,32%	
-------------------------	---	-------	--

Utilidad Sobre Costos As	%	104%	83%
--------------------------	---	------	-----

Valor Promedio Utilidad As	%		
----------------------------	---	--	--

Valor Paga Promedio	US\$/TMS	4,66	
---------------------	----------	------	--

Factor CAUE	%	11	
-------------	---	----	--

100	ppm Sb	Valor
Min	Max	US\$/TMS
Sb ppm	Sb ppm	
	500	
500	1000	
1000	1500	
1500		

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
38.294	38.145	42.789		41.644	27.725	24.769	35.636
			59.999	40.422	41.206	40.029	26.032
			372	1.809	965	724	401
			316	1.304	1.142	1.001	811
		130	9				
38.294	38.145	42.919	60.696	85.178	71.041	66.523	

52.431	50.457	52.168	61.656	57.336	56.143	53.337	52.009
22.655	69.649	51.369	12.791	4.271	3.106	599	1.665

-36.792	-81.960	-60.618	-13.751	23.572	11.791	12.587	7.292
---------	---------	---------	---------	--------	--------	--------	-------

--	--	--	--	--	--	--	--

18.045	49.582			46	106	356	
			2.976	2.976	2.976	2.976	2.976
-18.045	-49.582		-2.976	-3.022	-3.082	-3.332	-2.976

--	--	--	--	--	--	--	--

4.610	20.067	51.369	12.791	4.225	3.000	243	1.665
52.431	50.457	52.168	58.680	54.360	53.167	50.361	49.103
38.294	38.145	42.919	60.696	85.178	71.041	66.523	60.966
-18.747	-32.378	-60.618	-10.775	26.594	14.873	15.919	10.268

--	--	--	--	--	--	--	--

-27%	-24%	-18%	3%	57%	34%	32%	24%
------	------	------	----	-----	-----	-----	-----

-23%			26%				
------	--	--	-----	--	--	--	--

8.52	7.73	6.24	4.72	4.06	4.38	4.53	4.24
------	------	------	------	------	------	------	------

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

## Anexo C:

### Evaluación Escenario Base Antimonio (Sb TIR 14%).

Tabla Penalidades Arsénico por cada

Hasta 0,1		2012 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	3
0,8		10	1	3

Desde 0,1		2013 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	3
0,8		10	1	3

Penalidad Incremental

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,90
			2,50	2,50	2,50	2,50	1,16
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,81
	2,50	2,50	2,50				0,15

Penalidad Base

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
26,24	27,25	31,90	136,17	152,38	115,00	104,26	86,36
			45,20	38,59	38,16	36,95	34,84
			5,74	6,48	3,46	2,59	1,44
			35,21	36,34	31,83	27,90	22,59
	0,34	0,82	0,07				0,00

Ingreso Arsénico

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	323.166	30.274
Bajo a Fundición	KUS\$	250.782	23.493
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	5.712	535
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	6.659	624
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	586.430	54.936

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
38.294	38.145	42.789		41.644	27.725	24.769	35.636
			59.999	40.422	41.208	40.029	26.032
			372	1.809	965	724	401
			316	1.304	1.142	1.001	811
		130	9				
38.294	38.145	42.919	60.696	85.178	71.041	66.523	62.880

Tabla Penalidades Antimonio por cada

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Ingreso Antimonio

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	62.987	5.901
Bajo a Fundición	KUS\$	29.774	2.789
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	27.067	2.536
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$		
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	119.828	11.225

Ingreso Penalidad As- Sb

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	386.154	36.174
Bajo a Fundición	KUS\$	280.556	26.282
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	32.779	3.071
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	6.659	624
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	706.258	66.161

Costo Operación As-Sb	KUS\$	564.363	52.869
Inversiones As- Sb	KUS\$	145.618	13.641

Flujo Impurezas	KUS\$	-3.723	-349
-----------------	-------	--------	------

Tasa Interna de Retorno	%	8%	
-------------------------	---	----	--

Negocio Sb

Inversión	KUS\$	59.523	5.576
Gasto	KUS\$	24.099	2.258
Ingreso Sb	KUS\$	119.828	11.225
Flujo	KUS\$	36.206	3.392

Tasa Interna de Retorno	%	14,83%	
-------------------------	---	--------	--

Negocio As

Inversión	KUS\$	86.095	8.065
Gasto	KUS\$	540.264	50.611
Ingreso As	KUS\$	586.430	54.936
Flujo	KUS\$	-39.929	-3.741

Tasa Interna de Retorno	%	4,32%	
-------------------------	---	-------	--

Utilidad Sobre Costos As	%	125%	99%
--------------------------	---	------	-----

Valor Promedio Utilidad As	%		
----------------------------	---	--	--

Valor Paga Promedio	US\$/TMS	5,55	
---------------------	----------	------	--

Factor CAUE	%	11	
-------------	---	----	--

100 ppm Sb		Valor
Min Sb ppm	Max Sb ppm	US\$/TMS
	250	
250	1000	2
1000	1500	2,5
1500		3

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,42
			2,00	2,00	2,00	2,50	1,18
			2,50	2,50	2,50	2,00	2,05

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			69,50	58,03	48,70	38,97	23,29
			2,84	3,74	1,20	19,48	6,42
			29,84	24,47	20,09	12,42	7,61

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
				15,859	11,740	9,257	7,247
			3,770	3,920	1,299	21,107	2,197
			1,934	6,831	5,609	3,468	2,123
			5,704	26,610	18,649	33,832	11,567

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
38,294	38,145	42,789		57,503	39,466	34,025	42,882
			63,768	44,342	42,508	61,136	28,229
			2,306	8,639	6,574	4,192	2,524
			316	1,304	1,142	1,001	811
		130	9				
38,294	38,145	42,919	66,400	111,788	89,690	100,355	

52,431	50,457	52,168	61,656	57,336	56,143	53,337	52,009
22,655	69,649	51,369	12,791	4,271	3,106	599	1,665

-36,792	-81,960	-60,618	-8,047	50,182	30,440	46,419	19,513
---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

18,045	49,582			46	106	356	
			2,976	2,976	2,976	2,976	2,976
			5,704	26,610	18,649	33,832	12,221
-18,045	-49,582		2,728	23,588	15,567	30,500	9,245

4,610	20,067	51,369	12,791	4,225	3,000	243	1,665
52,431	50,457	52,168	58,680	54,360	53,167	50,361	49,103
38,294	38,145	42,919	60,696	85,178	71,041	66,523	60,966
-18,747	-32,378	-60,618	-10,775	26,594	14,873	15,919	10,268

-27%	-24%	-18%	3%	57%	34%	32%	24%
------	------	------	----	-----	-----	-----	-----

-23%			26%				
------	--	--	-----	--	--	--	--

8,52	7,73	6,24	5,17	5,33	5,54	6,83	5,19
------	------	------	------	------	------	------	------

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

## Anexo D:

### Evaluación Escenario Arsénico Largo Plazo (As LP).

Tabla Penalidades Arsénico por cada

Hasta 0,1		2013 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			
0,5	0,8			
0,8				

Desde 0,1		2014 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	3,5
0,8		10	1	3,5

Penalidad Incremental

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
			3,50	3,50	3,50	3,50	3,29
			2,50	2,50	2,50	2,50	1,16
			3,50	3,50	3,50	3,50	3,12
			2,50				0,15

Penalidad Base

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			157,20	174,93	131,34	118,84	98,16
			49,97	42,25	41,75	40,34	38,25
			5,74	6,48	3,46	2,59	1,44
			38,51	39,79	34,53	29,91	24,41
			0,07				0,00

Ingreso Arsénico

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	250.486	23.465
Bajo a Fundición	KUS\$	275.203	25.781
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	5.712	535
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	7.206	675
Andina	KUS\$	7	1
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	538.615	50.457

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
				47.805	31.666	28.231	40.075
			66.320	44.255	45.079	43.695	28.617
			372	1.809	965	724	401
			346	1.428	1.239	1.074	876
			9				
			67.046	95.296	78.950	73.723	69.969



Tabla Penalidades Antimonio por cada

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Ingreso Antimonio

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	62.987	5.901
Bajo a Fundición	KUS\$	29.774	2.789
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	27.067	2.536
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$		
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	119.828	11.225

Ingreso Penalidad As- Sb

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	313.473	29.366
Bajo a Fundición	KUS\$	304.978	28.570
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	32.779	3.071
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	7.206	675
Andina	KUS\$	7	1
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	658.443	61.682

Costo Operación As-Sb	KUS\$	543.118	50.879
Inversiones As- Sb	KUS\$	145.618	13.641

Flujo Impurezas	KUS\$	81.680	7.652
Tasa Interna de Retorno	%	14%	

Negocio Sb

Inversión	KUS\$	59.523	5.576
Gasto	KUS\$	24.099	2.258
Ingreso Sb	KUS\$	119.828	11.225
Flujo	KUS\$	36.206	3.392

Tasa Interna de Retorno	%	14,83%	
-------------------------	---	--------	--

Negocio As

Inversión	KUS\$	86.095	8.065
Gasto	KUS\$	407.046	38.132
Ingreso As	KUS\$	538.615	50.457
Flujo	KUS\$	45.474	4.260

Tasa Interna de Retorno	%	13,51%	
-------------------------	---	--------	--

Utilidad Sobre Costos As	%	121%	96%
--------------------------	---	------	-----

Valor Promedio Utilidad As	%		
----------------------------	---	--	--

Valor Paga Promedio	US\$/TMS	5,07	
---------------------	----------	------	--

Factor CAUE	%	11	
-------------	---	----	--

100 ppm Sb		Valor
Min Sb ppm	Max Sb ppm	US\$/TMS
	250	
250	1000	2
1000	1500	2,5
1500		3

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,42
			2,00	2,00	2,00	2,50	1,18
			2,50	2,50	2,50	2,00	2,05

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			69,50	58,03	48,70	38,97	23,29
			2,84	3,74	1,20	19,48	6,42
			29,84	24,47	20,09	12,42	7,61

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
				15,859	11,740	9,257	7,247
			3,770	3,920	1,299	21,107	2,197
			1,934	6,831	5,609	3,468	2,123
			5,704	26,610	18,649	33,832	11,567

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
				63,664	43,407	37,487	47,321
			70,090	48,175	46,379	64,802	30,815
			2,306	8,639	6,574	4,192	2,524
			346	1,428	1,239	1,074	876
			9				
			72,750	121,907	97,598	107,555	

			61,656	57,336	56,143	53,337	52,009
22,655	69,649	51,369	12,791	4,271	3,106	599	1,665
-22,655	-69,649	-51,369	-1,696	60,300	38,349	53,620	26,450

18,045	49,582			46	106	356	
			2,976	2,976	2,976	2,976	2,976
			5,704	26,610	18,649	33,832	12,221
-18,045	-49,582		2,728	23,588	15,567	30,500	9,245

4,610	20,067	51,369	12,791	4,225	3,000	243	1,665
			58,680	54,360	53,167	50,361	49,103
			67,046	95,296	78,950	73,723	67,903
-4,610	-20,067	-51,369	-4,424	36,712	22,782	23,120	17,204

nd	nd	nd	14%	75%	48%	46%	38%
----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

nd			40%				
----	--	--	-----	--	--	--	--

			5,66	5,82	6,02	7,32	5,67
--	--	--	------	------	------	------	------

1	1	1	1	1	1	1	
---	---	---	---	---	---	---	--

## Anexo E:

### Evaluación Escenario Arsénico Corto Plazo (As CP).

Tabla Penalidades Arsénico por cada

Hasta 2013				
0,1	%As			
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	6,5
0,8		10	1	6,5

Desde 2014				
0,1	%As			
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			
0,5	0,8			
0,8				

Penalidad Incremental

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013
6,50	6,50	6,50
	2,50	2,50

Penalidad Base

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013
10,00	10,00	10,00

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013
37,02	39,58	49,72
	0,34	0,82

Ingreso Arsénico

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	150.474	58.389
Bajo a Fundición	KUS\$		
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$		
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$	103	40
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	150.577	58.429

2011	2012	2013
54.028	55.416	66.686
		130
54.028	55.416	66.816

Tabla Penalidades Antimonio por cada

100 ppm Sb		Valor
Min Sb ppm	Max Sb ppm	US\$/TMS
	250	
250	1000	2
1000	1500	2.5
1500		3

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013

Ingreso Antimonio

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$		
Bajo a Fundición	KUS\$		
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$		
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$		
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$		

2011	2012	2013

Ingreso Penalidad As- SB

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	150.474	58.389
Bajo a Fundición	KUS\$		
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$		
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$	103	40
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	150.577	58.429

2011	2012	2013
54.028	55.416	66.686
		130
54.028	55.416	66.816

Costo Operación As-Sb	KUS\$	133.218	51.693
Inversiones As- Sb	KUS\$		

52.431	50.457	52.168

Flujo Impurezas	KUS\$	17.360	6.736
-----------------	-------	--------	-------

1.598	4.960	14.648
-------	-------	--------

Tasa Interna de Retorno	%	nd	
-------------------------	---	----	--

Negocio Sb

Inversión	KUS\$		
Gasto	KUS\$		
Ingreso Sb	KUS\$		
Flujo	KUS\$		


Tasa Interna de Retorno	%	nd	
-------------------------	---	----	--

Negocio As

Inversión	KUS\$		
Gasto	KUS\$	133.218	51.693
Ingreso As	KUS\$	150.577	58.429
Flujo	KUS\$	17.360	6.736

52.431	50.457	52.168
54.028	55.416	66.816
1.598	4.960	14.648

Tasa Interna de Retorno	%	nd	
-------------------------	---	----	--

Utilidad Sobre Costos As	%	113%	113%
--------------------------	---	------	------

3%	10%	28%
----	-----	-----

Valor Promedio Utilidad As	%		
----------------------------	---	--	--

14%
-----

Valor Paga Promedio	US\$/TMS	10,99	
---------------------	----------	-------	--

12,02	11,23	9,71
-------	-------	------

Factor CAUE	%	3	
-------------	---	---	--

1	1	1
---	---	---

## Anexo F:

### Evaluación Escenario Arsénico PND 2011 (As CP + LP).

Tabla Penalidades Arsénico por cada

Hasta 0,1 %As		2013 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	6,5
0,8		10	1	6,5

Desde 0,1 %As		2014 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	3,5
0,8		10	1	3,5

Penalidad Incremental

	US\$/TMS
Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
6,50	6,50	6,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
			3,50	3,50	3,50	3,50	3,29
			2,50	2,50	2,50	2,50	1,16
			3,50	3,50	3,50	3,50	3,12
	2,50	2,50	2,50				0,15

Penalidad Base

	US\$/TMS
Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

Tarifa

	US\$/TMS
Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
37,02	39,58	49,72	157,20	174,93	131,34	118,84	98,16
			49,97	42,25	41,75	40,34	38,25
			5,74	6,48	3,46	2,59	1,44
			38,51	39,79	34,53	29,91	24,41
	0,34	0,82	0,07				0,00

Ingreso Arsénico

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	400.960	37.561
Bajo a Fundición	KUS\$	275.203	25.781
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	5.712	535
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	7.206	675
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	689.192	64.563

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
54.028	55.416	66.686		47.805	31.666	28.231	40.075
			66.320	44.255	45.079	43.695	28.617
			372	1.809	965	724	401
			346	1.428	1.239	1.074	876
		130	9				
54.028	55.416	66.816	67.046	95.296	78.950	73.723	69.969

Tabla Penalidades Antimonio por cada

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Ingreso Antimonio

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	62.987	5.901
Bajo a Fundición	KUS\$	29.774	2.789
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	27.067	2.536
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$		
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	119.828	11.225

Ingreso Penalidad As- Sb

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	463.948	43.462
Bajo a Fundición	KUS\$	304.978	28.570
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	32.779	3.071
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	7.206	675
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	809.020	75.788

Costo Operación As-Sb	KUS\$	564.363	52.869
Inversiones As- Sb	KUS\$	145.618	13.641

Flujo Impurezas	KUS\$	99.040	9.278
-----------------	-------	--------	-------

Tasa Interna de Retorno	%	16%	
-------------------------	---	-----	--

Negocio Sb

Inversión	KUS\$	59.523	5.576
Gasto	KUS\$	24.099	2.258
Ingreso Sb	KUS\$	119.828	11.225
Flujo	KUS\$	36.206	3.392

Tasa Interna de Retorno	%	14,83%	
-------------------------	---	--------	--

Negocio As

Inversión	KUS\$	86.095	8.065
Gasto	KUS\$	540.264	50.611
Ingreso As	KUS\$	689.192	64.563
Flujo	KUS\$	62.833	5.886

Tasa Interna de Retorno	%	17,82%	
-------------------------	---	--------	--

Utilidad Sobre Costos As	%	143%	114%
--------------------------	---	------	------

Valor Promedio Utilidad As	%		
----------------------------	---	--	--

Valor Paga Promedio	US\$/TMS	6,39	
---------------------	----------	------	--

Factor CAUE	%	11	
-------------	---	----	--

100	ppm Sb	Valor
Min	Max	US\$/TMS
	250	
250	1000	2
1000	1500	2,5
1500		3

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,42
			2,00	2,00	2,00	2,50	1,18
			2,50	2,50	2,50	2,00	2,05

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			69,50	58,03	48,70	38,97	23,29
			2,84	3,74	1,20	19,48	6,42
			29,84	24,47	20,09	12,42	7,61

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
				15,859	11,740	9,257	7,247
			3,770	3,920	1,299	21,107	2,197
			1,934	6,831	5,609	3,468	2,123
			5,704	26,610	18,649	33,832	11,567

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
54,028	55,416	66,686		63,664	43,407	37,487	47,321
			70,090	48,175	46,379	64,802	30,815
			2,306	8,639	6,574	4,192	2,524
			346	1,428	1,239	1,074	876
		130	9				
54,028	55,416	66,816	72,750	121,907	97,598	107,555	

52,431	50,457	52,168	61,656	57,336	56,143	53,337	52,009
22,655	69,649	51,369	12,791	4,271	3,106	599	1,665

-21,057	-64,689	-36,721	-1,696	60,300	38,349	53,620	26,450
---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

18,045	49,582			46	106	356	
			2,976	2,976	2,976	2,976	2,976
			5,704	26,610	18,649	33,832	12,221
-18,045	-49,582		2,728	23,588	15,567	30,500	9,245

4,610	20,067	51,369	12,791	4,225	3,000	243	1,665
52,431	50,457	52,168	58,680	54,360	53,167	50,361	49,103
54,028	55,416	66,816	67,046	95,296	78,950	73,723	67,903
-3,012	-15,107	-36,721	-4,424	36,712	22,782	23,120	17,204

3%	10%	28%	14%	75%	48%	46%	38%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

14%			40%				
-----	--	--	-----	--	--	--	--

12,02	11,23	9,71	5,66	5,82	6,02	7,32	5,67
-------	-------	------	------	------	------	------	------

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

## Anexo G:

### Evaluación Escenario Arsénico PND 2011 (As CP + LP).

Tabla Penalidades Arsénico por cada

Hasta 0,1 %As		2013 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	6,5
0,8		10	1	6,5

Desde 0,1 %As		2014 %As		
Min %As	Max %As	TC Base US\$/TMS	RC Base Usc/lb	Valor US\$/TMS
	0,2			
0,2	0,5			2,5
0,5	0,8	10	1	4
0,8		10	1	4,5

1,417401215

Penalidad Incremental

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
6,50	6,50	6,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
			4,50	4,50	4,50	4,50	4,01
			2,50	2,50	2,50	2,50	1,16
			4,50	4,50	4,00	4,00	3,58
	2,50	2,50	2,50				0,15

Penalidad Base

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
			10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
37,02	39,58	49,72	199,25	220,02	164,03	147,98	121,75
			59,49	49,56	48,92	47,10	44,73
			5,74	6,48	3,46	2,59	1,44
			45,10	46,71	37,24	31,92	27,27
	0,34	0,82	0,07				0,00

Ingreso Arsénico

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	459.855	43.079
Bajo a Fundición	KUS\$	322.811	30.241
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	5.712	535
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	8.064	755
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	796.551	74.620

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
54,028	55,416	66,686		60,128	39,547	35,155	48,953
			78,962	51,920	52,822	51,027	33,567
			372	1,809	965	724	401
			405	1,676	1,337	1,146	979
		130	9				
54,028	55,416	66,616	79,748	115,533	94,670	88,052	83,899

Tabla Penalidades Antimonio por cada

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Tarifa

Sucio a Fundición	US\$/TMS
Bajo a Fundición	US\$/TMS
Limpio a Fundición	US\$/TMS
Calcina a Fundición	US\$/TMS
Calcina Polvos a Fundición	US\$/TMS
Andina	US\$/TMS
Escondida	US\$/TMS

Ingreso Antimonio

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	62.987	5.901
Bajo a Fundición	KUS\$	29.774	2.789
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	27.067	2.536
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$		
Andina	KUS\$		
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	119.828	11.225

Ingreso Penalidad As- Sb

		VAN 25 Años @ 8%	CAUE
Sucio a Fundición	KUS\$	522.842	48.979
Bajo a Fundición	KUS\$	352.585	33.030
Limpio a Fundición	KUS\$		
Calcina a Fundición	KUS\$	32.779	3.071
Calcina Polvos a Fundición	KUS\$	8.064	755
Andina	KUS\$	110	10
Escondida	KUS\$		
Total	KUS\$	916.380	85.845

Costo Operación As-Sb	KUS\$	564.363	52.869
Inversiones As- Sb	KUS\$	145.618	13.641

Flujo Impurezas	KUS\$	206.399	19.335
-----------------	-------	---------	--------

Tasa Interna de Retorno	%	24%	
-------------------------	---	-----	--

Negocio Sb

Inversión	KUS\$	59.523	5.576
Gasto	KUS\$	24.099	2.258
Ingreso Sb	KUS\$	119.828	11.225
Flujo	KUS\$	36.206	3.392

Tasa Interna de Retorno	%	14,83%	
-------------------------	---	--------	--

Negocio As

Inversión	KUS\$	86.095	8.065
Gasto	KUS\$	540.264	50.611
Ingreso As	KUS\$	796.551	74.620
Flujo	KUS\$	170.193	15.943

Tasa Interna de Retorno	%	37,93%	
-------------------------	---	--------	--

Utilidad Sobre Costos As	%	162%	129%
--------------------------	---	------	------

Valor Promedio Utilidad As	%		
----------------------------	---	--	--

Valor Paga Promedio	US\$/TMS	7,23	
---------------------	----------	------	--

Factor CAUE	%	11	
-------------	---	----	--

100	ppm Sb	Valor
Min	Max	US\$/TMS
	250	
250	1000	2
1000	1500	2,5
1500		3

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			3,00	3,00	3,00	3,00	2,42
			2,00	2,00	2,00	2,50	1,18
			2,50	2,50	2,50	2,00	2,05

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
			69,50	58,03	48,70	38,97	23,29
			2,84	3,74	1,20	19,48	6,42
			29,84	24,47	20,09	12,42	7,61

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
				15,859	11,740	9,257	7,247
			3,770	3,920	1,299	21,107	2,197
			1,934	6,831	5,609	3,468	2,123
			5,704	26,610	18,649	33,832	11,567

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018-2035
54,028	55,416	66,686		75,987	51,288	44,412	56,199
			82,732	55,840	54,121	72,135	35,764
			2,306	8,639	6,574	4,192	2,524
			405	1,676	1,337	1,146	979
		130	9				
54,028	55,416	66,816	85,452	142,143	113,319	121,884	

52,431	50,457	52,168	61,656	57,336	56,143	53,337	52,009
22,655	69,649	51,369	12,791	4,271	3,106	599	1,665

-21,057	-64,689	-36,721	11,005	80,536	54,070	67,948	40,140
---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

18,045	49,582			46	106	356	
			2,976	2,976	2,976	2,976	2,976
			5,704	26,610	18,649	33,832	12,221
-18,045	-49,582		2,728	23,588	15,567	30,500	9,245

4,610	20,067	51,369	12,791	4,225	3,000	243	1,665
52,431	50,457	52,168	58,680	54,360	53,167	50,361	49,103
54,028	55,416	66,816	79,748	115,533	94,670	88,052	81,594
-3,012	-15,107	-36,721	8,277	56,948	38,503	37,448	30,895

3%	10%	28%	36%	113%	78%	75%	66%
----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----

14%			68%				
-----	--	--	-----	--	--	--	--

12,02	11,23	9,71	6,65	6,78	6,99	8,30	6,61
-------	-------	------	------	------	------	------	------

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---