

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

**EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA ACTIVIDAD
DE FUNDICIÓN Y REFINERÍA PARA CODELCO CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

MILTON IVÁN VALDÉS PESCE

PROFESOR GUÍA:
TEODORO WIGODSKI SIREBRENİK

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARÍA TERESA CORDOVEZ MELERO
ORLANDO CASTILLO ESPINOZA

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2012

EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA ACTIVIDAD DE FUNDICIÓN Y REFINERÍA PARA CODELCO CHILE

El presente trabajo tiene como objetivo la realización de una evaluación técnico-económica de la actividad de Fundición y Refinería para Codelco Chile. El proyecto nace a raíz del aumento de la producción de concentrados de cobre generados con la puesta en marcha de los proyectos estructurales, los que cumplen un rol de sustituir y aumentar la producción actual.

Codelco se ha definido como una empresa vendedora de cátodos de cobre principalmente por la complejidad de sus concentrados, pero sus Fundiciones y Refinerías tienen altos costos y no poseen capacidad disponible, lo cual deja a la empresa en una posición de incertidumbre frente al aumento de producción propia y a nuevas exigencias en normativas ambientales de emisión de contaminantes.

El mercado posee capacidad disponible de Fundición y Refinería con bajos costos asociados y tecnología más avanzada respecto de la que posee hoy Codelco, sin embargo se proyecta un mercado ajustado debido al aumento tanto en la producción de concentrados de cobre como en las normativas de emisiones de gases contaminantes hacia las fundiciones.

La evaluación económica considera: un horizonte de 24 años; una tasa de descuento del 8%; las proyecciones económicas señaladas en las orientaciones comerciales y el plan de negocio y desarrollo de Codelco. Esta evaluación indica que la diferencia de VAN entre vender el total de excedentes como concentrados e invertir en Fundiciones y Refinerías propias es de US\$190 millones a favor de vender concentrados, si se invierten US\$1.700 millones en una Fundición y Refinería procesando cerca del 40% de los excedentes. Si se procesa la totalidad de estos, el VAN es de US\$633 millones a favor de vender cátodos con una inversión de US\$3.600 millones.

Así se concluye que el negocio de Fundición y Refinería es conveniente con tecnología de última generación y a un nivel de volúmenes sobre 2 millones de toneladas, asegurando la venta de concentrados que puedan no ser comercializados en el futuro y disminuyendo los volúmenes de material transportado. Por esta razón se recomienda profundizar el estudio incorporando factores de riesgo asociados a la no venta de concentrados y a los efectos en inversiones y tarifas, tanto eléctricas como de transporte, debido al incremento en los volúmenes de concentrados transportados.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.ANTECEDENTES GENERALES	6
1.Codelco	6
2.Proceso del Cobre	8
3.Industria de Fundición y Refinería (FURE).....	10
-Industria	10
-Comercialización	12
4.Negocio de Fundición y Refinería en Codelco	14
-Desempeño ambiental	18
-Producción y capacidad	18
II.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN	19
III.OBJETIVOS	20
IV.MARCO CONCEPTUAL	20
V.METODOLOGÍA	22
VI.ALCANCES.....	23
VII.PROCESO DECLARATIVO	24
-Misión de Codelco.....	24
-Visión de Codelco	24
VIII.PROCESO ANALÍTICO	26
1.Análisis Interno de Fundiciones y Refinerías en Codelco	26
1.1.Proyectos Estructurales	26
1.2.Caracterización.....	28
1.3.Abastecimiento.....	31
1.4.Emisiones y Nueva Normativa Ambiental	33
1.5.Costos en Fundiciones	35
2.Organización Industrial y Mercado	39
2.1.Integrantes o Actores del Mercado	39
2.1.1.Productores de Concentrado	40
2.1.2.Fundiciones y Refinerías	40
2.2.Oferta/Demanda.....	42
2.3.Costos de la Industria	43
2.3.1.Precio del ácido	47
2.4.Comercialización de Concentrados	50
2.4.1.Venta y maquila de concentrados.....	50
2.4.2.Cargos por Fundición y Refinación	50
2.5.Posibles escenarios futuros.....	52
2.5.1.Fundición y Refinería	52
2.5.2.Normativas Ambientales.....	54
2.5.3.Cambio en la Economía China	56
IX.CÁTODOS O CONCENTRADOS	57
X.ESTRATEGIA DE NEGOCIOS	59
XI.DEFINICIÓN DE ESCENARIOS Y EVALUACIÓN ECONOMICA.....	60
XII.RESULTADOS.....	62

XIII.CONCLUSIONES.....	66
XIV.RECOMENDACIONES	68
XV.BIBLIOGRAFÍA	69
XVI.ANEXOS.....	71
Anexo A: Proceso del cobre 1.....	71
Anexo B: Proceso del cobre 2.....	71
Anexo C: Variables definidas en las Orientaciones Comerciales.....	72
Anexo D: Resumen de Decreto 165/99 para la emisión de Arsénico.....	73

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres, por su infinito amor, apoyo y consejo en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida, y más aún en estos últimos 9 meses en que los necesité más que antes.

A Eduardo, por la gran oportunidad que me dio y se comprometió cien por ciento para sacar adelante este proyecto.

A la Gerencia de Negocios y Filiales y a la Vicepresidencia de Comercialización de Codelco, en especial a Carmen quien me guió en la primera etapa de este proyecto y siempre estuvo dispuesta a responder a mis inquietudes.

A mi profesor guía, Sr. Teodoro Wigodski, por sus acertados comentarios y su disposición a solucionar mis dudas en forma diligente.

Y a ti, querida abuela, que desde allá arriba me diste las energías para terminar este proceso y me cuidas día a día.

I. ANTECEDENTES GENERALES

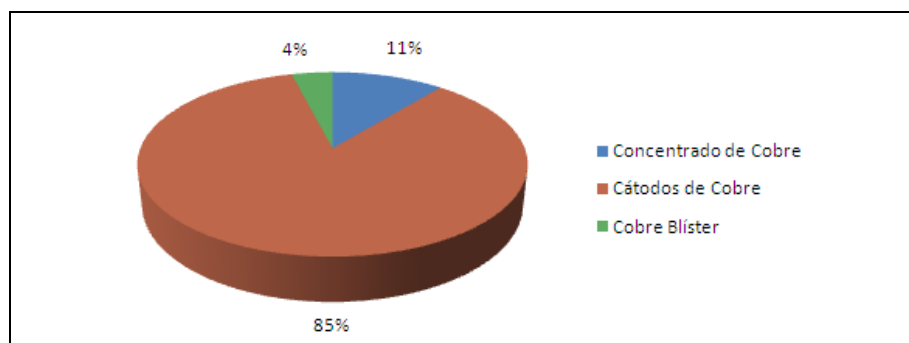
1. Codelco

Codelco es el primer productor de cobre en el mundo y posee cerca del nueve por ciento de las reservas mundiales de este metal.

Es una empresa del Estado de Chile, de carácter minero, comercial e industrial. Creada en 1976 bajo el nombre de Corporación Nacional del Cobre de Chile cuando asumió la administración única de los yacimientos de la gran minería nacionalizados en 1971.

Codelco posee activos por sobre los US\$ 20 mil millones y un patrimonio que, según los estados de resultados, asciende a US\$6.065 millones a fines del 2011. Su cartera de productos de cobre está compuesta por los siguientes productos siendo el cátodo de cobre su principal producto:

Figura N° 1: Cartera de Productos de cobre de Codelco año 2011



Fuente: Codelco Update, Julio 2011

Además comercializa otros productos como molibdeno, alambroón y ácido sulfúrico los cuales representan un 10% de las ventas de la empresa.

Al año 2000 la compañía ejecutaba sus operaciones a través de cinco divisiones mineras: Chuquicamata, Radomiro Tomic, Salvador, Andina y Teniente. A esto se suman los siguientes hitos:

- Desde mayo de 2005 la fundición y refinería Ventanas se convirtió en la sexta división de Codelco.
- En 2008 se incorporó la filial Minera Gaby S.A. (100% de propiedad de Codelco).
- En 2010 se creó la división Ministro Hales, cuyo yacimiento se encuentra aún en proceso de construcción.

- Además Codelco posee el 49% de la empresa de cobre Sociedad Contractual El Abra.

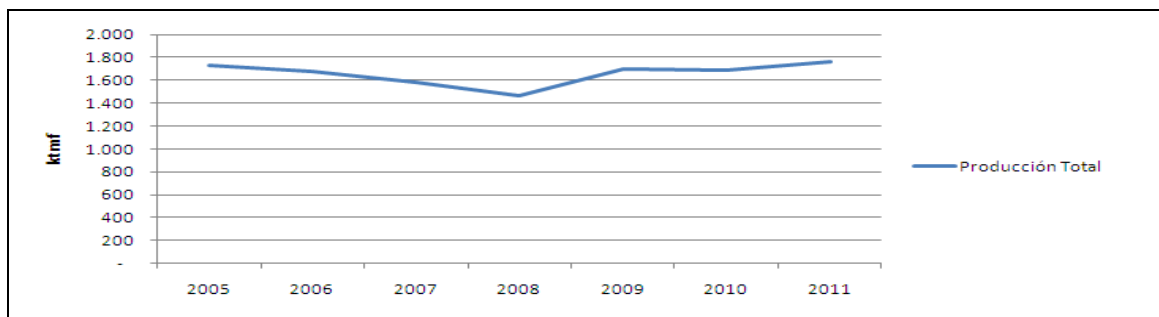
Estas divisiones tienen como objetivos:

- La explotación de yacimientos
- El procesamiento de los minerales
- Obtención del metal y sus subproductos

Además existe una Casa Matriz la cual coordina, elabora políticas corporativas que promuevan una gestión más eficiente de la empresa y comercializa los productos.

El año 2011 Codelco produjo 1.796.000 toneladas métricas de cobre fino (tmf), cifra equivalente al 11% de la producción mundial de cobre mina y un 34% de la producción nacional del mismo año. La evolución de la producción histórica de Codelco se muestra a continuación:

Figura N° 2 Producción de cobre fino Codelco



Fuente Plan de Negocio y Desarrollo 2011, Codelco

Cabe agregar que la compañía es el segundo productor de Molibdeno a nivel mundial con una producción de 21,3 mil toneladas el año 2011.

- *Misión y Visión*

Codelco como empresa estatal ha declarado como misión:

“Desplegar en forma responsable y con excelencia, toda su capacidad de negocios mineros y relacionados en Chile y en el mundo, con el propósito de maximizar en el largo plazo su valor económico y su aporte al Estado”.

Y visión de:

“Codelco es el productor de cobre más grande del mundo y la empresa que contribuye más a la economía chilena”

- *Inversiones y Proyectos*

Codelco posee inversiones en proyectos, exploraciones, estudios y desarrollo tecnológico. Algunos de sus proyectos en desarrollo son:

Tabla N°1 Principales inversiones estructurales Codelco-Chile

Proyecto	Millones de US\$
Ministro Hales	2.300
Chuqui Subterráneo	3.900
Nueva Andina Fase II	6.400
Nuevo Nivel Mina	3.039
San Antonio Óxidos	962
Explotación Sulfuros Radomiro Tomic Fase II	4.500
Quinta Etapa Embalse Carén	99

Fuente: Página web Codelco e información interna

Estos proyectos componen el ciclo de inversiones más agresivo en la historia de la empresa, la cual involucra un monto de casi cinco mil millones de dólares en el año 2012 que pretende asegurar sus operaciones en el largo plazo y continuar generando riquezas para el desarrollo del país. Estos proyectos permitirán aumentar la producción en 500 kt/a de material fino para el año 2015.

2. Proceso del Cobre

En la naturaleza, el cobre aparece vinculado en su mayor parte a minerales sulfurados, aunque también se encuentra asociado a minerales oxidados. Estos dos tipos de mineral requieren de procesos productivos diferentes.

En una primera etapa las rocas mineralizadas extraídas de la mina, sean sulfuradas u oxidadas, son cargadas y transportadas a plantas para continuar su proceso productivo. Allí pasan por etapas de reducción de tamaño, llamadas chancados, que puede ser primario, secundario y terciario según el tamaño de la roca obtenida.

En el caso de los minerales oxidados el proceso productivo implica someter el material a una solución de lixiviación, que producirá soluciones de sulfato de cobre, las cuales son sometidas a un proceso de extracción con solventes y posteriormente a un sistema de electro obtención cuyo resultado final son los cátodos de cobre con 99,99% de pureza. En el Anexo A se puede ver el diagrama del proceso de los minerales oxidados.

Los minerales sulfurados luego de pasar por el chancado continúan su proceso de reducción de tamaño a través de la molienda. Posteriormente se adiciona agua y

reactivos específicos con los cuales se forma la pulpa, la cual entrará a un proceso de flotación y secado mediante los cuales se obtiene el concentrado de cobre, que tiene alrededor de 30 por ciento del metal. El tratamiento de éste se realiza a través de procesos de fundición y refinación llegando a cátodos con 99,99% de pureza. En el Anexo A también se puede ver un diagrama del proceso de los minerales sulfurados.

Siguiendo en la línea de los minerales sulfurados, los principales productos comercializados corresponden al concentrado de cobre y el cobre refinado, sin embargo existe subproductos intermedios como los ánodos y barros anódicos que también se transan en el mercado. En el Anexo B se pueden apreciar los subproductos y las etapas en las que se obtienen.

Codelco ha decidido comercializar cátodos de cobre debido a:

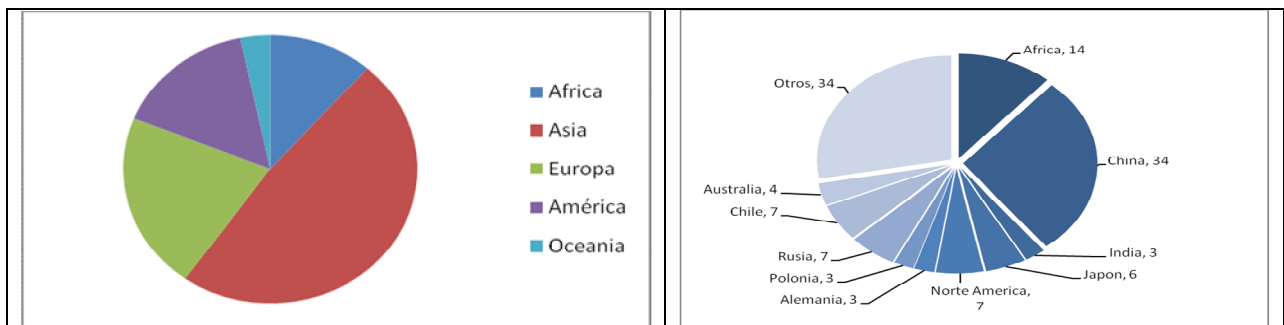
- *Premios por Cobre:* Los cuales corresponden a primas que los consumidores están dispuestos a pagar por sobre el precio del metal establecido en las bolsas de metales. Monetariamente se estima que Codelco puede captar entre 10 a 20 dólares más por tonelada al comercializar cátodos en vez de concentrados, esto debido a la participación de mercado que posee la empresa.
- *Riesgo de concentración de mercado:* En los últimos 10 años China aumentó fuertemente su capacidad de fundición (tasa del 10% anual), representando hoy cerca del 25% de la capacidad mundial y se proyecta que para 2015 China será el mayor importador de concentrado de cobre en el mundo con cerca del 35% del total mundial. Esta concentración de la capacidad de compra ha sido posible debido a los bajos costos de la industria China y se compara con el dominio que tuvo Japón entre los años 1975-2000, lo que llevó al cierre de fundiciones al no tener abastecimiento y por ende al alza de los cargos por fundición y refinación, TC/RC, que en promedio fueron de 120 US\$/tonelada de concentrado y 12 centavos por libra (c/lb), lo que equivale a decir que la suma de TC+RC es de 30 c/lb aproximadamente.
- *Las barreras ambientales:* Tal como se señaló para el caso de las emisiones de las fundiciones, se espera también un incremento en las restricciones y regulaciones de sustentabilidad, en especial para el transporte y logística de concentrados de cobre.
- *Obtención de ácido sulfúrico:* Que puede ser comercializado y/o utilizado por las mismas compañías para el procesamiento de minerales asociados a óxidos.
- *Liquidez:* El cátodo de cobre, con respecto al concentrado, presenta una alta liquidez al ser transado en las bolsas de metales. Sin embargo este valor no es cuantificable, pero es un tema relevante al momento de tomar una decisión, sobre todo cuando se dice que Codelco se ha definido como un vendedor de cátodos de cobre en el mercado.

3. Industria de Fundición y Refinería (FURE)

- Industria:

La localización de la industria de fundición se centra en Asia, con una mayor participación de China respecto al resto de los países con 34 Fundiciones. Lo siguen Estados Unidos, Japón y Chile como se muestra en las siguientes figuras:

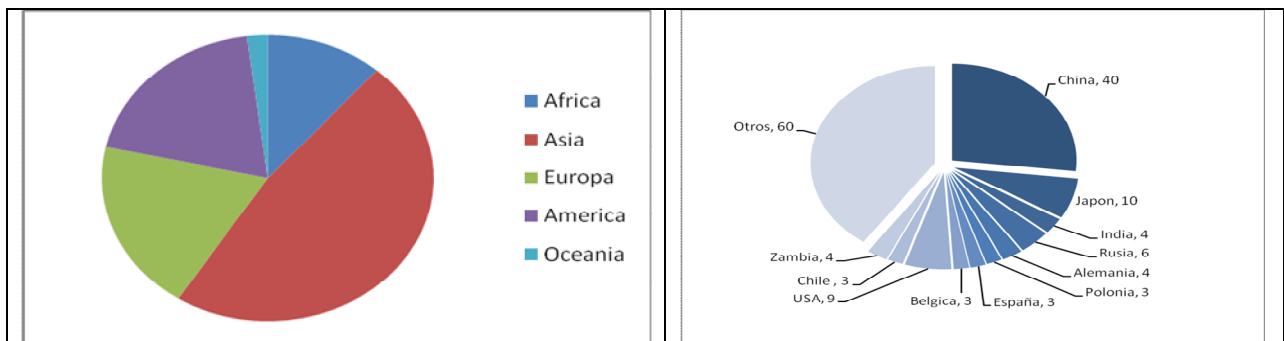
Figura N° 3: Localización y Número de Participantes por País de Industria de Fundición en el mundo



Fuente: Brook Hunt, Edición 2010

La localización de la industria de refinería, al igual que las fundiciones, se centra en Asia, siendo China el país con más participantes, pero cambiando el segundo y tercer lugar entre Japón y Estados Unidos. Chile reduce su participación a 3 Refinerías.

Figura N° 4: Localización y número de Participantes por País de Industria de Refinería en el mundo



Fuente: Brook Hunt, Edición 2010

Y está compuesta por dos actores:

- Productores de concentrados, que pueden estar integrados o no a Fundiciones y Refinerías.
 - Las Fundiciones y Refinerías, que pueden ser compradores o maquiladores¹.
- *Capacidades*

Para el tratamiento de Cobre asociado a sulfuros, existe una capacidad de fundición remanente con respecto a la producción como se ve en la siguiente tabla:

Tabla N° 2: Capacidad y Producción de Concentrado de Cobre (en TMS²)

Año	Capacidad de procesamiento de concentrado de cobre en Fundiciones	Concentrado de cobre procesado en Fundiciones	Exceso de capacidad
2007	51.881	44.922	6.959
2008	53.704	44.996	8.707
2009	56.196	45.096	11.100
2010	55.374	44.930	10.444
2011	56.207	46.496	9.711

Fuente: Brook Hunt, Edición 2010³

Donde China es uno de los países que ha aumentado su capacidad de fundición en mayor porcentaje, generando una mayor capacidad disponible a bajos costos en esa región.

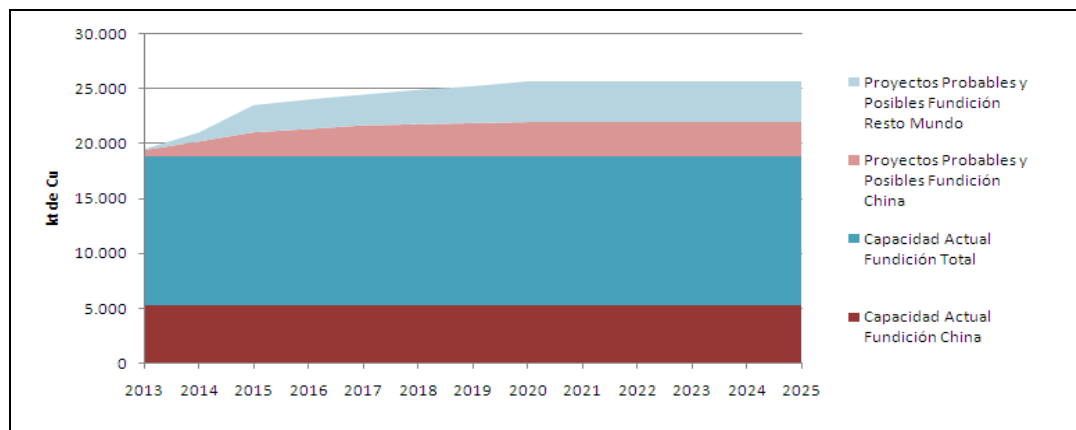
La capacidad de fundición China proyecta continuar con esta tendencia de aumento hasta el año 2019, tal como se observa en la siguiente figura:

¹ Forma de producción en la que una compañía recibe materias primas por parte de un tercero y se compromete a fabricarle un producto, quien lo comercializa bajo marca propia

² Toneladas Métricas Secas

³ Considerando una ley de 27% en concentrados

Figura N°5: Aumento esperado de capacidad en Fundiciones Chinas



Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

Los costos promedios por región de la industria de Fundición y Refinación se detallan a continuación, donde Asia presenta los costos más bajos:

Tabla N°3: Costos directos totales de Fundición y Refinería por región 2011

Promedio de la Región	Costo Neto Efectivo Fundición (c/lb)	Costo Neto Efectivo Refinería (c/lb)	Costo de Fundición + Refinación (c/lb)
China	12,1	3,5	15,6
Otros Asia	16,9	3,7	20,6
África	15,5	5,2	20,7
Japón	18,4	6,0	24,4
Australia	22,2	7,9	30,1
Europa	26,0	5,1	31,1
Latino América	27,1	8,5	35,6
Norte América	26,7	9,4	36,1

Fuente: Elaboración propia sobre información de Brook Hunt, Edición 2012

- Comercialización

Las empresas que no se encuentran integradas a fundiciones o refinerías, y algunas que si lo están pero presentan excedentes en su producción, deben comercializar sus concentrados. El valor final de comercialización de concentrado es acordado entre el comprador y vendedor según el precio del cobre fijado en la bolsa de metales, menos los cargos de fundición y refinación (TC/RC) y otros descuentos como costo de transporte, comisiones por venta, muestreo y penalidades.

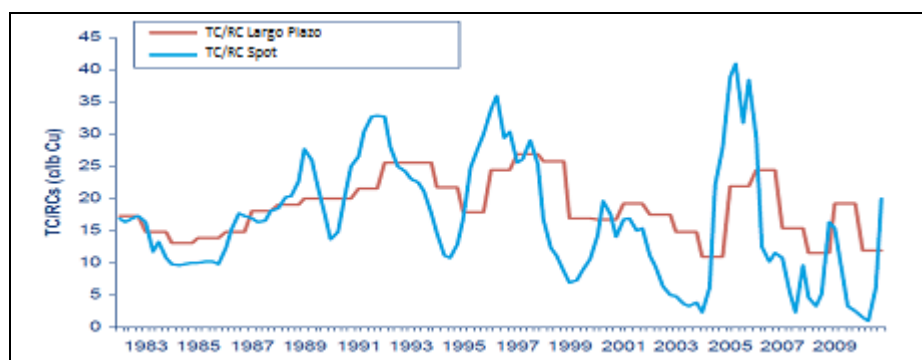
Para comercializar el concentrado de cobre existen dos modalidades, los Contratos Spot o Contratos a Largo plazo. Para un contrato Spot las tarifas son acordadas según la situación del mercado en un cierto instante, por este motivo presenta una mayor variabilidad.

En un contrato a Largo Plazo los precios se acuerdan a través de una negociación entre las partes, comprador y vendedor, según las proyecciones de oferta y demanda pero se ven influenciadas por las siguientes variables:

- Concentración de las importaciones de concentrado
- Costos promedios de la industria
- Capacidad mundial de fundición

De esta forma la variación de estos índices en el tiempo muestra a continuación:

Figura N°6: Variación TC/RC Spot y Largo Plazo

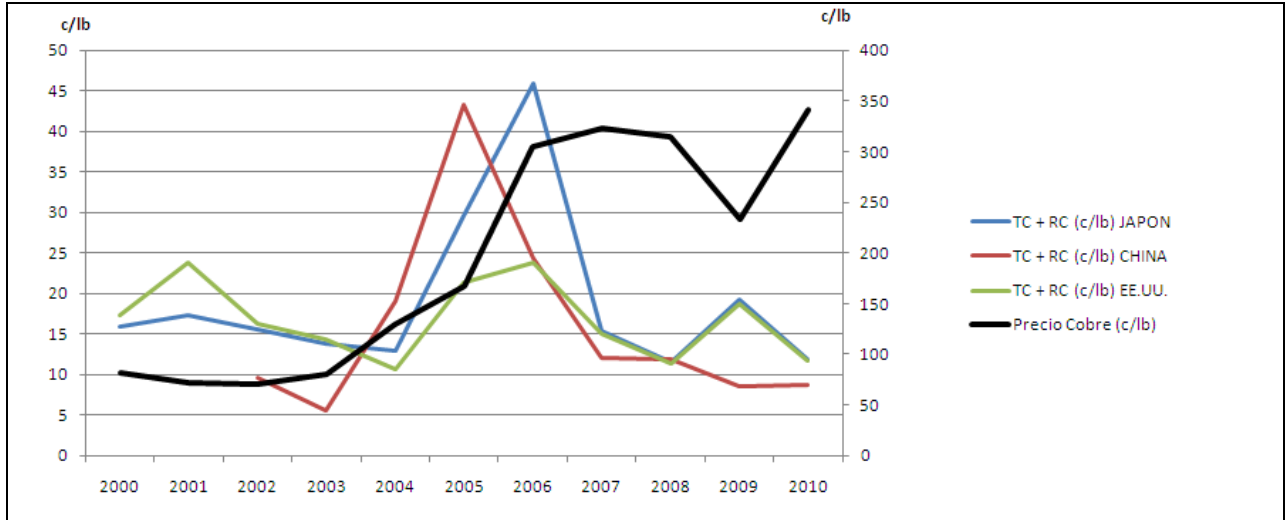


Fuente Brook Hunt, Edición 2010

Los TC/RC tienen sus valores más altos cuando existe un exceso en la oferta de concentrado en el mercado, pero ante una disminución de ésta los valores comienzan a bajar, dado que las empresas que procesan este material necesitan asegurar sus producciones, por lo que están dispuestas a disminuir el monto de estos cargos en el momento de la negociación.

El impacto de los TC/RC para los productores se puede ver en la siguiente figura:

Figura N°7: Variación TC/RC y Precio del Cobre



Fuente: Elaboración propia sobre información de Brook Hunt, Edición 2011

Los TC/RC tuvieron valores más altos en el período 2004-2007 debido a que en esos años se incluía un cobro adicional correspondiente a un porcentaje del precio. El alza del precio de este mineral gatilló que los cargos por fundición y refinación alcanzasen sus valores más altos en torno a los 180 US\$/tonelada de concentrado y 18c/lb, equivalente a 45 c/lb de manera combinada (TC+RC en unidades de c/lb).

Hoy los TC/RC no representan un porcentaje importante del precio del cobre, pero en alguna instancia del mercado llegó a ser valorizado en un cuarto de su valor.

4. Negocio de Fundición y Refinería en Codelco

Codelco posee cuatro fundiciones y tres refinerías como se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla N°4: Fundiciones y Refinerías de Codelco Chile

Fundición	Refinería
Chuquicamata	Chuquicamata
Potrerosillos	Potrerosillos
Caletones	Ventanas
Ventanas	

Fuente: Elaboración propia sobre información de Codelco

Las capacidades de las fundiciones de Codelco son:

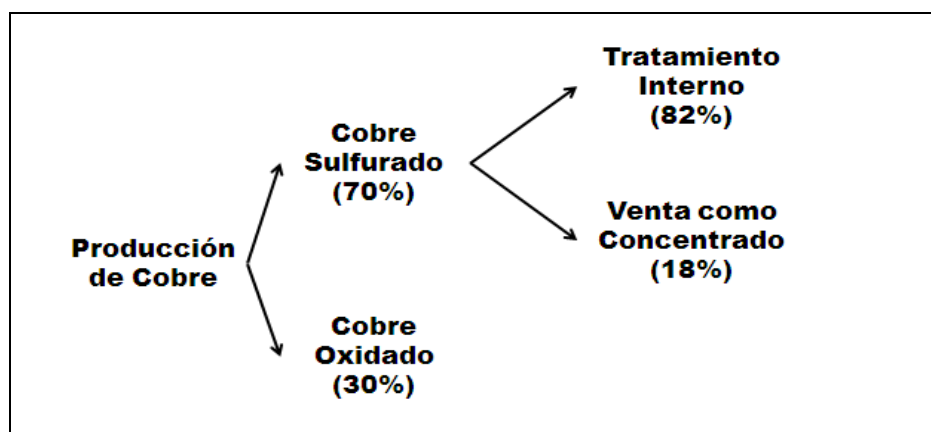
Tabla N°5: Fundiciones y Capacidad de Fundición Codelco 2011 (kt de concentrado de Cu)

Fundición	Capacidad
Chuquicamata	1.200
Potrerillos	660
Caletones	1.400
Ventanas	412

Fuente: Elaboración propia sobre información de Codelco

A través de estas plantas, la empresa produce cerca del 70% del cobre fino, lo que se puede ver en el siguiente diagrama:

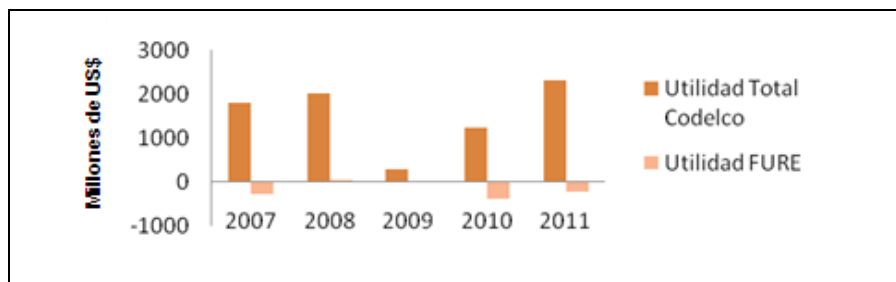
Figura N° 8: Producción esperada cobre 2012



Fuente: Plan de Negocio y Desarrollo 2012

El negocio de Fundición y Refinería aporta comparativamente un porcentaje menor del valor agregado en relación a las etapas de exploración, operación minera y concentración (concentrado de cobre), tal como se señala en la siguiente figura

Figura N° 9: Utilidades de Codelco y del Negocio de Fundición y Refinería

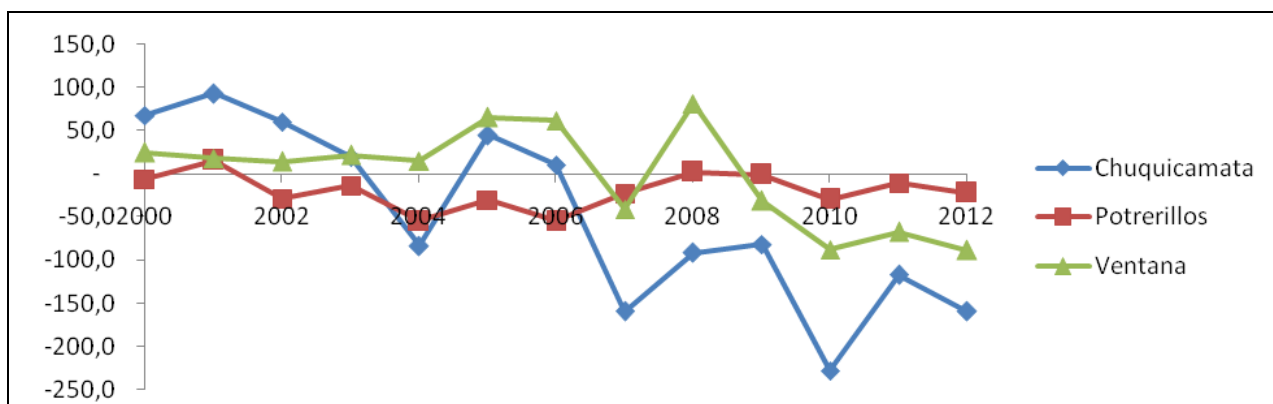


Fuente: Memoria Codelco 2011 y Brook Hunt, Edición 2010

Como se aprecia, gran parte de las utilidades son obtenidas en los procesos previos a las fundiciones y refinerías, es decir, en los procesos de extracción y concentración de cobre principalmente.

La siguiente figura muestra que las utilidades del negocio de Fundición y Refinería han descendido en los últimos años:

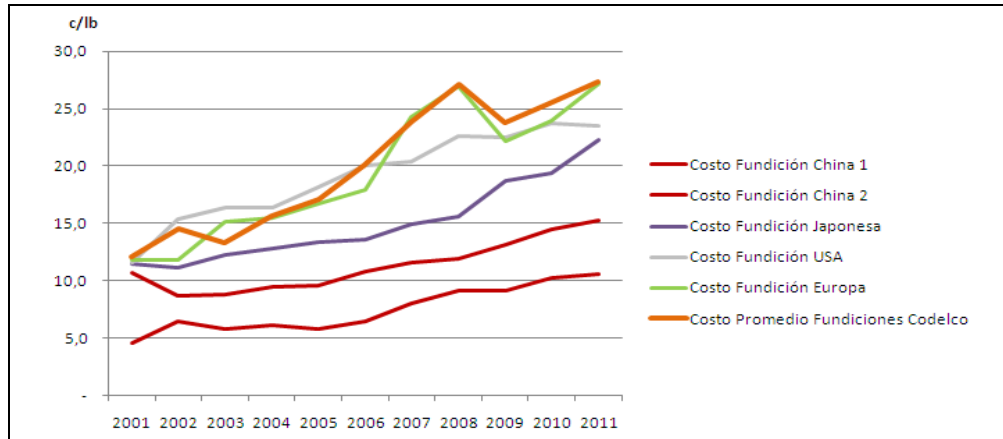
Figura N°10: Ganancias/Pérdidas Negocio de Fundición y Refinería (millones de US\$)



Fuente: Elaboración propia sobre información de Brook Hunt, Edición 2010

Lo que puede ser comparado con los costos de otras fundiciones apreciando que Codelco tiene altos costos de operación:

Figura N°11: Costos en distintas Fundiciones

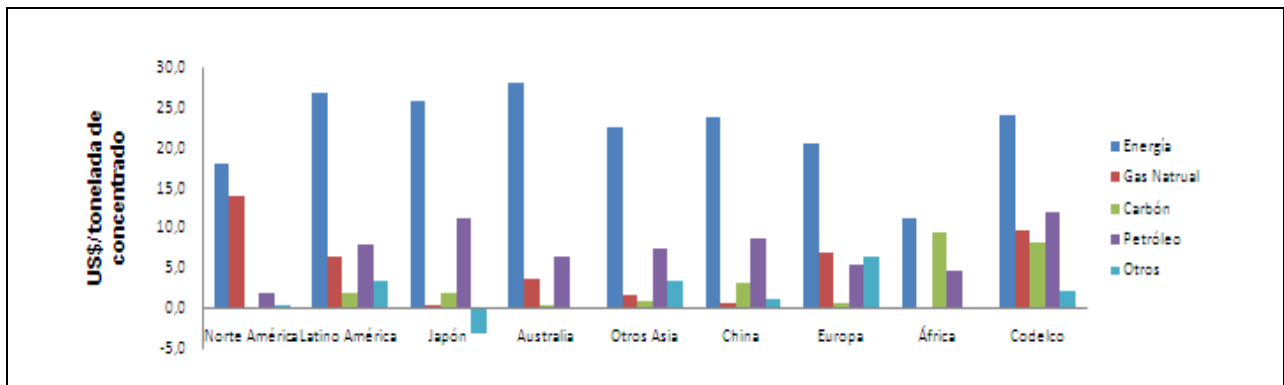


Fuente: Elaboración propia sobre información de Brook Hunt, Edición 2010

Dentro de la cartera de proyectos de Codelco, existen proyectos que han llevado a la empresa a postergar sistemáticamente los proyectos asociados al negocio de fundición y refinación debido a las restricciones de capital y endeudamiento a las que está sometida la empresa.

La situación empeora ya que no se invierte en mejorar los altos costos de producción asociados y al continuo deterioro de la maquinaria⁴

Figura N°12: Costos 2011 de procesamiento de concentrado de cobre por región



Fuente: Elaboración propia sobre información de Brook Hunt, Edición 2011

⁴ Opinión experto Héctor Recaval, Gerente Proyectos FURE Corporativo

- Desempeño ambiental

Para un correcto funcionamiento de las plantas de fundición existen normas vinculadas a la captura de emisiones de gases, donde la situación de Codelco con respecto a las plantas de fundición en Chile se muestra a continuación:

Tabla N°6: Porcentaje de Emisiones Actual de Fundiciones

Fundición	Porcentaje de Captura de Emisiones de Fundiciones en Chile	Empresa
Chagres	95%	Anglo American
Altonorte	93%	Xstrata
Paipote	89%	Enami
Chuquicamata	91%	CODELCO
Potrerillos	76%	
Caletones	88%	
Ventanas	94%	

Fuente: Minería Chilena

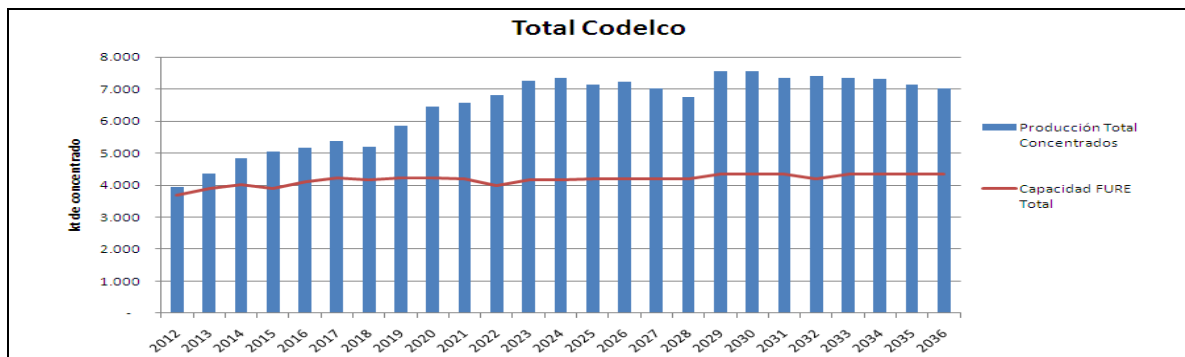
Además para este año se espera que el Gobierno dé a conocer una nueva Normativa Ambiental que regulará las emisiones de contaminantes de las fundiciones.

- Producción y capacidad

El aumento en la producción de cobre para los próximos años indica que Codelco no podrá procesar el material concentrado debido a la falta de capacidad.

Estos excedentes irán aumentando a medida que se ejecuten los proyectos estructurales previamente señalados, hasta generar incluso 3 millones de toneladas de excedentes, en caso de que Codelco no ejecute proyectos en sus fundiciones y refinerías.

Figura N°13: Producción concentrado⁵ y capacidad de fundición proyectada



Fuente: Plan de Negocio y Desarrollo 2012

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

Codelco trabaja para reponer y generar un aumento en su producción a través de nuevos proyectos estructurales con altas inversiones asociadas, los cuales apuntan a mantenerse como el mayor productor de cobre mundial en los próximos años.

El planteamiento de seguir tratando en fundiciones y refinerías su concentrado y producir cátodos de cobre enfrenta una problemática si la empresa prioriza los proyectos estructurales dejando de lado el negocio de fundición y refinería, ya que al concretarlos la capacidad de estas plantas no será capaz de producir el aumento esperado de material fino estimado para los próximos años.

Además, la incorporación de una nueva norma ambiental que aumentará el porcentaje de captura de emisiones de gases en la industria de Fundiciones a valores iguales o superiores al 95%, que es un valor superior al actual en todas las plantas de fundición de Codelco, implicará inversiones adicionales para poder continuar con este negocio.

A lo anterior se suma que los costos de tratamiento de concentrado de cobre en las distintas Fundiciones y Refinerías en Codelco se ubican entre los más altos en la industria debido a la antigüedad de las plantas.

Debido a lo previamente indicado, es necesario definir una estrategia de negocios que permita a la empresa enfrentar los desafíos de aumento de producción en el mediano y largo plazo en la industria de Fundición y Refinería.

⁵ Producción propia de concentrado más producción de pequeña minería

III. OBJETIVOS

- **Objetivo General**

Evaluación técnico económica de la actividad de Fundición y Refinería para Codelco Chile.

- **Objetivos Específicos**

- Caracterizar tanto la industria de Fundición y Refinería de Codelco y mundial.
- Identificar ventajas competitivas y comparativas de la industria con respecto a Codelco.
- Identificar Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del negocio de Fundición y Refinería para Codelco.
- Realizar una evaluación económica comparativa entre la venta de excedentes de concentrado y su tratamiento interno.
- Identificar las principales variables que inciden en los precios TC/RC e indicar la incidencia que tienen en el negocio de Fundición y Refinería.
- Estudiar la sensibilidad del negocio frente a las variables identificadas en el escenario de aumento de producción 2012- 2036.
- Encontrar el TC/RC que equilibre el negocio de Fundición y Refinería para Codelco.

IV. MARCO CONCEPTUAL⁶

Un plan estratégico es un documento que plantea un mapa a seguir en el cual los responsables de una organización o empresa aclaran lo que ésta quiere conseguir y cómo se propone conseguirlo en el mediano y largo plazo.

A nivel global, su objetivo es trazar un mapa de la organización que señale los pasos a seguir y marque directrices y comportamiento necesario para alcanzar la visión propuesta por la empresa. De esta forma las organizaciones se encargan de convertir los proyectos en acciones (tendencias, metas, objetivos, etc.).

⁶ Planificación Estratégica : Definición e información basada en el libro “Estrategias para el liderazgo competitivo”, Hax, Majluf; Editorial Granica, 2004

Según la literatura, el proceso de planificación de una estrategia distingue tres etapas principales: declaración, análisis y ejecución.

En la etapa de declaración, los responsables de la organización expresan las aspiraciones de la empresa, de modo de generar el compromiso de toda la empresa para llegar a ellas. Para llevarlo a cabo se deben definir claramente los objetivos que guiarán el actuar de la organización, los cuales deben estar íntimamente ligados con la misión y visión.

La misión corresponde a una definición de que hace la empresa, cual es el negocio en el que se encuentra, y la visión es la idea acerca de lo que la empresa quiere ser en el futuro, sus aspiraciones, tanto para sus empleados como para sus clientes.

Los objetivos estratégicos son el vínculo entre la misión y visión de la organización. Estos son de responsabilidad de la alta dirección de la organización y señalan la línea de acción de la empresa hacia el futuro, es decir, cómo llegar al logro de la visión. Los objetivos estratégicos deben ser cuantificables, medibles y reales.

La etapa de análisis se debe comprender tanto el entorno interno como externo de la organización, abordándolo a través de un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).

A través de un análisis de estas cuatro dimensiones se construye una matriz FODA la cual permite encontrar distintas opciones estratégicas, ya sea para estrategias ofensivas, defensivas, adaptativas y de supervivencia. Esto se puede resumir a continuación:

Tabla N°7: Definición de estrategias según Matriz FODA

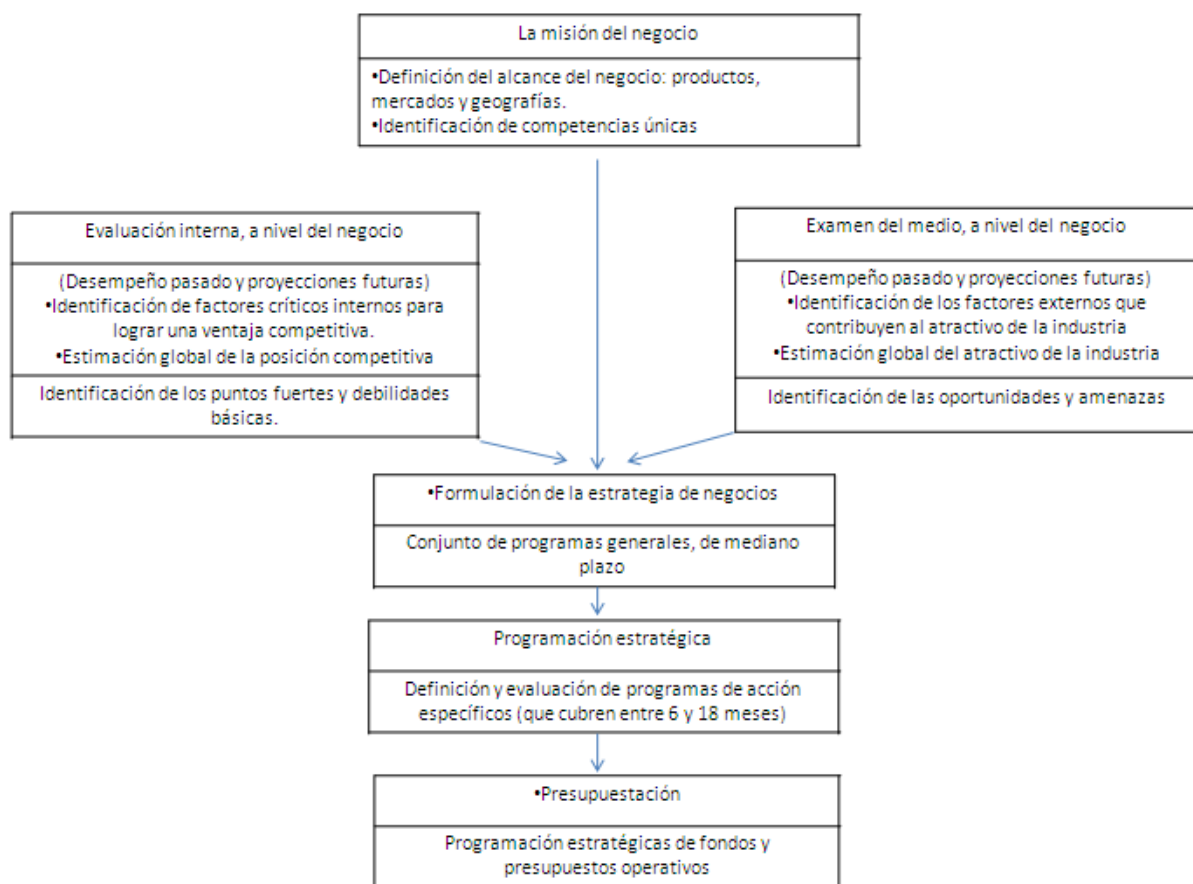
Estrategia	Definición
<i>Ofensiva</i>	Utilizar fortalezas para aprovechar oportunidades
<i>Defensiva</i>	Maximizar fortalezas ante amenazas que perduraran en el tiempo
<i>Adaptativa</i>	Cualidades que no tengo ahora pero puedo lograr en el futuro mediante oportunidades
<i>Supervivencia</i>	No poseo características ni condiciones para enfrentar el futuro (espero mejoras futuras:"falsas esperanzas")

Fuente: Elaboración Propia en base a información web⁷

Finalmente la etapa de ejecución corresponde a los planes, programas y proyectos que apoyan la estrategia que se pretende desarrollar, definidos para un horizonte de mediano o largo plazo.

⁷ <http://manuelgross.bligoo.com/la-matriz-foda-como-fuente-de-estrategias-actualizado>

Figura N°14 Elementos fundamentales para la definición de una estrategia de negocios



Fuente: “Estrategias para el liderazgo competitivo”, Hax, Majluf; Editorial Granica, 1997

V. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo este trabajo, en primer término es necesario tener conocimientos del proceso de transformación que sufre el mineral, desde que es explotado hasta la elaboración del producto final (cátodos de cobre), entendiendo el proceso para minerales sulfurados, que son los que se procesan en fundiciones y refineras.

Por otro lado, hay que conocer el negocio del cobre, sus tendencias, subproductos y la organización industrial del mercado de Fundición y Refinería

Entender el significado y aplicación de los cargos por fundición y refinación, su dinámica de precios, los factores que inciden en ellos y la importancia que tienen para la industria minera, principalmente para Codelco y su producción futura.

Para concretar este proyecto, las tareas a realizar serán las siguientes:

- Recopilación y análisis de información referente al negocio de fundición y refinería: industria, participación en el mercado, características, tendencias, variables, oferta y demanda. Para recolectar esta información se trabajará principalmente con la información de mercado de Consultores, como Brook Hunt, además de organismos técnicos, como COCHILCO (Corporación Chilena del Cobre), servicios de información minera como Portal Minero e informes internos de la empresa.
- Recopilación y análisis de proyectos de Fundición y Refinería realizados y estudios de fundiciones en el extranjero. En este aspecto se trabajará con material interno de la empresa referente a estudios en el mercado asiático, informes de definiciones comerciales y estratégicas para Codelco y proyectos de exploración y estudio del negocio de Fundición y Refinería.
- Identificación de dinámicas de TC/RC. Análisis de su equilibrio a partir de información histórica de mercados e identificar que variables inciden en el acuerdo de este precio.
- Desarrollo de la evaluación económica considerando el aumento proyectado en la producción de concentrado de cobre⁸. Para ello se fijarán valores como precio del cobre, oro, plata y TC/RC según las orientaciones comerciales que posee Codelco y se valorará las opciones de venta de excedentes y procesamiento interno de los concentrados, haciendo análisis sobre las principales variables que podrían incidir.

VI. ALCANCES

El presente informe de memoria marca el inicio del análisis sobre el negocio de fundiciones y refinерías por parte de la Gerencia de Negocios y Filiales de Codelco, Chile.

La estrategia de negocios se establecerá bajo las bases de los objetivos estratégicos, visión y misión de la empresa establecidos para el año 2012 y próximo quinquenio, por lo que no se rediseñarán estos y se utilizarán como base para el desarrollo de este plan.

A partir de la Figura N°14 se pretende realizar la evaluación interna del negocio y el examen del medio a nivel de negocio, para, en conjunto con la misión, visión y objetivos estratégicos de Codelco, formular una estrategia de negocios para el negocio de Fundición y Refinerías, sin abordar la programación estratégica, pero sí valorizando los escenarios.

⁸ Información según Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Al mismo tiempo, el plan propuesto acepta una solución para el mercado del ácido sulfúrico, esto quiere decir que el material obtenido a través del proceso de fundición es obtenido, almacenado y comercializado, y no es un problema a evaluar en este trabajo.

Finalmente cabe destacar que todos los valores monetarios presentados en este trabajo se encuentran en dólares.

VII. PROCESO DECLARATIVO⁹

Conceptualmente, la misión de una empresa define el alcance que ésta tiene respecto a sus productos y las necesidades que cubren con ellos, y el mercado en el cual se desenvuelve la empresa.

Codelco, al ser una empresa amplia engloba todas sus actividades y procesos dentro de esta misión, señalando el negocio en el que está participando y da respuesta a la pregunta ¿para qué existe la organización?

- Misión de Codelco

“Desplegar en forma responsable y con excelencia, toda su capacidad de negocios mineros y relacionados en Chile y en el mundo, con el propósito de maximizar en el largo plazo su valor económico y su aporte al Estado”

De la misma forma, la visión pretende definir y describir la situación futura que desea tener la organización, es decir, hacia donde se dirige la empresa en el largo plazo. Además, debe ser capaz de motivar y comprometer a la totalidad de las partes que la integran, de manera tal que todos realicen acciones que conduzcan hacia esta visión.

Así Codelco define su visión de manera general pero compuesta por algunos puntos:

- Visión de Codelco

“Codelco es el productor de cobre más grande del mundo y la empresa que contribuye más a la economía chilena”, desplegada según los siguientes puntos:

- *Tenemos pasión por la seguridad y sustentabilidad.*
- *Somos productores de cobre, molibdeno, oro y plata, de bajos costos, de alta calidad y en crecimiento, con presencia mundial.*

⁹ Información sobre Proyecciones y Desafíos de Codelco, 16 de Agosto de 2011

- *Tenemos recursos de cobre crecientes y de buena ley.*
- *Tenemos nuevos proyectos de inversión relevantes.*
- *Nuestros trabajadores son altamente productivos, comprometidos y orgullosos de su empresa.*
- *Tenemos excelentes relaciones con nuestros sindicatos y otros stakeholders.*
- *Somos líderes en innovación, incorporando continuamente nuevas tecnologías en nuestros procesos.*
- *Estamos continuamente desarrollando la próxima generación de liderazgo para nuestra compañía.*

Finalmente los objetivos estratégicos corresponden a los logros que la organización pretende alcanzar en cierto plazo, basados en la misión y análisis interno y externo. Estos objetivos en su conjunto corresponderán a los pasos que llevarán a la organización a alcanzar su visión. Codelco ha definido los siguientes objetivos estratégicos:

- *Mantener la reputación y posición de liderazgo de la empresa. “su licencia mundial”*
- *Asegurar niveles de producción comprometidos para los próximos años y así aprovechar el actual ciclo de precios altos*
- *Materializar los proyectos estructurales claves para desarrollar los recursos mineros de Codelco y mantener su liderazgo en la producción mundial de cobre*
- *Asegurar la competitividad en el mediano y largo plazo, introduciendo nuevas tecnologías, racionalizando la organización y mejorando el proceso de toma de decisiones*

Además Codelco se ha definido como un actor productor de cátodos de cobre. Según el Estado de Resultados presentado el 30 de Septiembre de 2011, de los minerales sulfurados, Codelco procesa el 91% de estos para producir cobre refinado, mientras el 9% restante se vende como concentrado.

Los cátodos de cobre producidos son enviados a los diferentes clientes: Asia, Europa, Sudamérica, Norteamérica y Oceanía, mientras que los concentrados de cobre se venden a Estados Unidos, China y Japón.

VIII. PROCESO ANALÍTICO

1. Análisis Interno de Fundiciones y Refinerías en Codelco

1.1. Proyectos Estructurales

Con el fin de continuar las operaciones del negocio minero en el mediano y largo plazo además, de seguir generando riquezas para el país, Codelco se encuentra ejecutando proyectos estructurales que cumplirán el rol de reponer y aumentar la producción de material concentrado de cobre en los próximos años. Estos proyectos se describen a continuación:

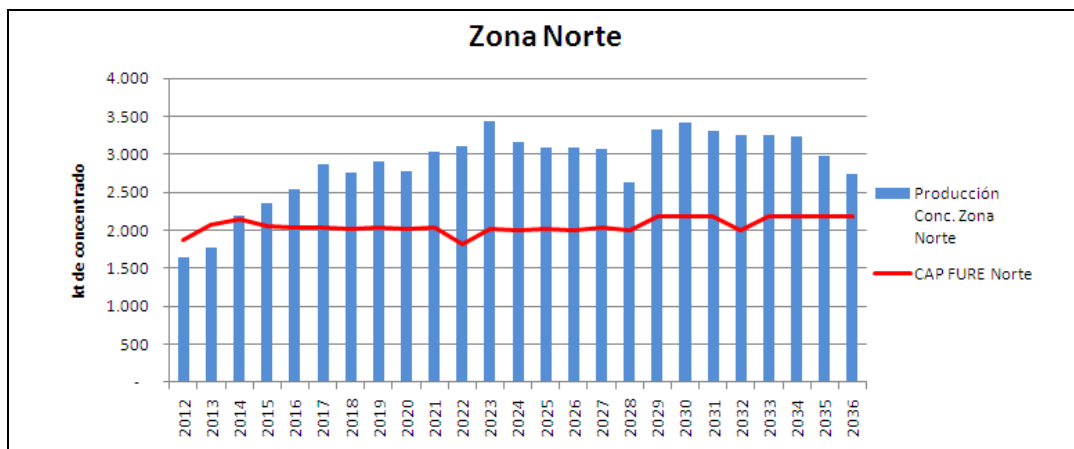
Tabla N°8 Cartera de Proyectos Estructurales

Proyecto	Ubicación	Año	Inversión	Producción esperada (kt. de concentrado)
Ministro Hales	Calama	2013	MU\$2.300	600 (aumento)
Nuevo Nivel Mina Teniente	Rancagua	2017	MU\$1.615	2000 (1500 para reposición)
Chuqui Subterráneo	Calama	2018	MU\$3.900	1000 (1000 para reposición)
Andina Fase II	Los Andes	2016	MU\$6.400	2000 (800 para reposición)
San Antonio Salvador	Salvador	2014	MU\$962	600 (250 para reposición)
Radomiro Tomic Fase II	Calama	2017	MU\$ 4.500	1000 (aumento)

Fuente: Plan de Negocio y Desarrollo 2012

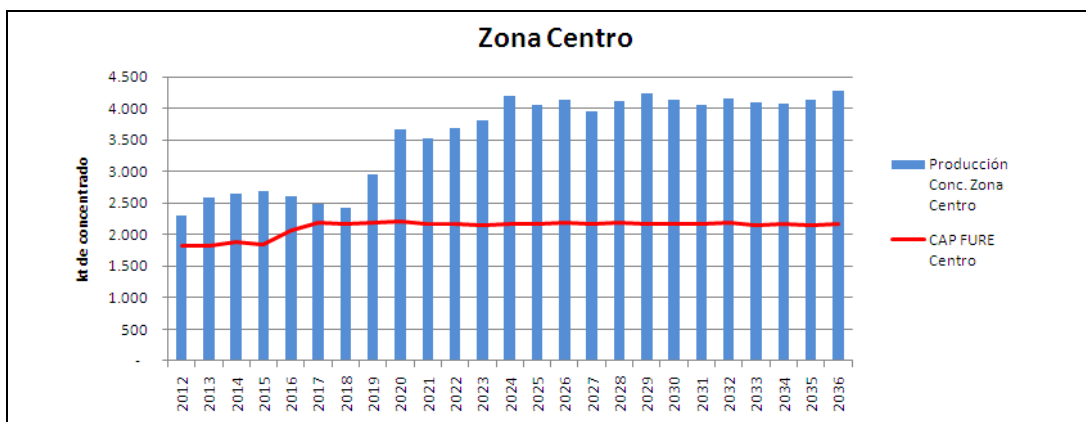
Gráficamente las producciones de la zona norte (que incluye los proyectos Ministro Hales, Chuqui Subterráneo, San Antonio Salvador y Radomiro Tomic Fase II además de los yacimientos actuales de esa zona) y centro (que incluye los proyectos Nuevo Nivel Mina Teniente y Andina Fase II además de los yacimientos actuales) se pueden ver en los siguientes gráficos, estableciendo como referencia las capacidades de fundición existentes

Figura N°15: Producción de concentrados y capacidad de fundición Zona Norte



Fuente: Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Figura N°16: Producción de concentrados y capacidad de fundición Zona Centro



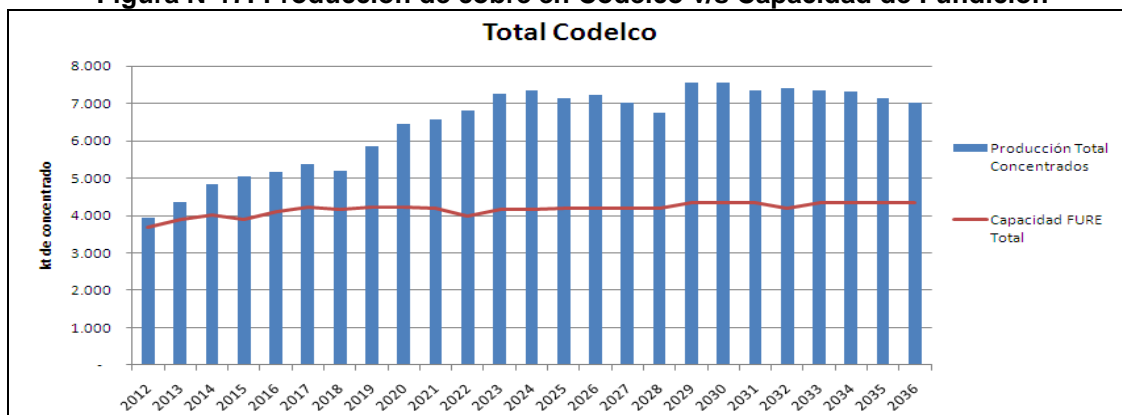
Fuente: Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Se puede apreciar que la producción de concentrado proyectada aumentará en el transcurso del tiempo debido a la ejecución de estos proyectos. Para el año 2018 todos los proyectos debiesen encontrarse operando.

Las bajas en los niveles de capacidad de fundición corresponden a mantenciones proyectadas, las cuales reducirán la capacidad de procesamiento de material en el año, pero retomarán los niveles previos una vez finalizadas.

A nivel general, la producción de Codelco comparada a la capacidad de Fundición total de la empresa generará excedentes de 3 millones 200 mil toneladas para el año 2029, tal como se grafica a continuación:

Figura N°17: Producción de cobre en Codelco v/s Capacidad de Fundición



Fuente Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Lo que además sería equivalente a procesar el 66% del concentrado producido en fundiciones propias en el año 2020, y un 58% en el año 2029 que es el año en el que se espera una mayor producción de concentrados.

1.2. Caracterización

Codelco opera actualmente en 8 divisiones que producen óxidos y/o sulfuros como se muestra a continuación:

Tabla N°9: Divisiones que producen óxidos y sulfuros al 2011

Divisiones que producen óxidos	Divisiones que producen sulfuros
<ul style="list-style-type: none"> • Chuquicamata • Minera Gaby • Radomiro Tomic • Salvador • El Teniente 	<ul style="list-style-type: none"> • Chuquicamata • Salvador • Andina • El Teniente

Fuente: Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Con excepción de Ventanas, que no tiene asociado un yacimiento minero, el resto de las divisiones extraen mineral de sus yacimientos, ya sean sulfuros u óxidos. De las anteriormente nombradas:

- La única que no extrae materiales sulfurados es Minera Gaby.
- Ministro Hales es una mina a rajo abierto aún en desarrollo y espera comenzar a operar el año 2013, extrayendo sulfuros. Sin embargo el reciente hallazgo de

óxidos permitirá a Codelco adelantar el inicio de la producción para el presente año, y continúa el plan de producción de sulfuros para finales de 2013.

- Al día de hoy Radomiro Tomic extrae mineral asociado a óxidos pero a partir de 2014 comenzará a producir concentrados de cobre¹⁰.

Para que los minerales sulfurados sean procesados se requieren plantas de Fundición y Refinación, las cuales se ubican según la siguiente figura y tabla:



La fundición de Chuquicamata inició sus actividades en 1952 con dos hornos reverberos, cuatro convertidores, dos hornos de ánodos y una rueda de moldeo. Posteriormente pasa a ser parte del estado chileno a través de la reforma constitucional de 1971 en la cual se nacionalizó la minería del cobre en Chile. Hoy es capaz de procesar cerca de 1.200 kilo toneladas de concentrado de cobre por año.

La fundición Potrerillos inició su funcionamiento en el año 1927 a través de una inversión de 60 millones de dólares de parte de Andes Copper Mining Company. En sus inicios se procesaban alrededor de 100 mil toneladas de concentrado. Hoy luego de continuas inversiones y mejoras, procesa cerca de 660 mil toneladas de concentrado de cobre por año.

¹⁰ Cifra según Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Caletones se ubica en la comuna de Machalí a una distancia de 50 Km de la ciudad de Rancagua. Su construcción comenzó en 1917 y fue inaugurada en 1922. Sin embargo fue hacia el 1970 cuando se inicia la investigación e innovación tecnológica para esta fundición, la cual finaliza con la puesta en marcha del primer Convertidor Teniente en 1977. En la actualidad procesa alrededor de 1.400 kilo toneladas de concentrado por año.

La construcción del complejo de Fundición y Refinería Las Ventanas se inició a fines de los años 50 y se inauguró en 1964 funcionando a cargo de ENAMI¹¹. En el año 2005 el Estado de Chile decidió transferir esta Fundición y Refinería a Codelco, pagándose US\$ 393 millones con la obligación de garantizar el tratamiento de los productos de la pequeña minería que envíe ENAMI. Es la única división de Codelco que no se encuentra asociada a alguna planta de operación minera pero procesa minerales provenientes principalmente de la división Teniente y la Pequeña y Mediana Minería (PYMM) con una capacidad de 410 mil toneladas de concentrado de cobre por año.

Estas fundiciones se encuentran operando al 100% de su capacidad, con los siguientes valores:

Tabla N°11: Capacidades de Fundiciones de Codelco

Fundición	Capacidad (kt conc/a)
Chuquicamata	1.221
Potrerosillos	660
Caletones	1.403
Ventanas	412

Fuente: Elaboración propia sobre información Plan de Negocio y Desarrollo 2012

En cuanto a los proyectos de optimización y expansión en Fundiciones se tiene que:

- A partir del último trimestre de 2013, Chuquicamata optimizará la tecnología de producción de la planta lo cual potenciará la capacidad actual a un millón cuatrocientas toneladas de concentrado por año.
- A partir del segundo semestre de 2014, Potrerillos proyecta un aumento en la capacidad de material procesado a 680-700 mil toneladas de concentrado por año. Además para 2029 se proyecta una ampliación de la Fundición llegando a procesar 850 mil toneladas de concentrado por año.
- Caletones proyecta una ampliación a un millón setecientas cincuenta toneladas de concentrado por año a partir de 2016.

¹¹ Empresa Nacional de la Minería

- Ventanas no proyecta optimizaciones ni ampliaciones.

A modo de resumen, las capacidades a final del 2016 serán las siguientes:

Tabla N°12: Proyectos de Expansiones en Fundiciones de Codelco

Fundición	Incremento de Capacidad (ktconc/a)	Nueva Capacidad Fundición (ktconc/a)	Año de ejecución
Chuquicamata	200	1.400	2013
Potrerrillos	40	700	2014
	150	850	2029
Caletones	300	1.750	2016
Ventanas	-	412	-

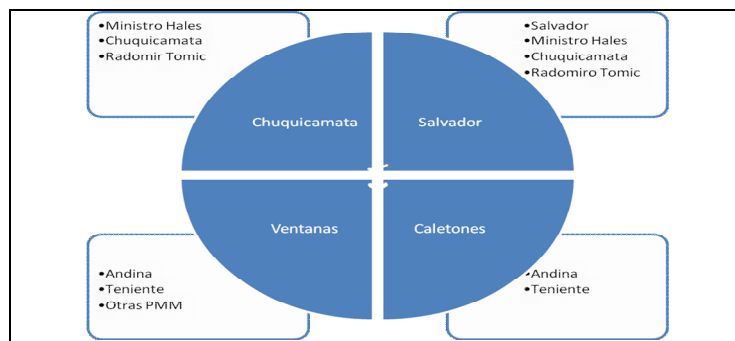
Fuente: Elaboración propia sobre información Plan de Negocio y Desarrollo 2012 y opinión experta¹²

De esta forma Codelco tratará sus concentrado de cobre en sus fundiciones y refinerías, y el excedente será vendido, transportado y embarcado en los puertos de Antofagasta, Barquito (Chañaral) y Ventanas para ser enviado principalmente a Estados Unidos, Europa, Japón y China.

1.3. Abastecimiento

El primer paso para el correcto funcionamiento de estas plantas corresponde al abastecimiento de material desde las distintas divisiones que lo extraen. Para el año 2012 y en adelante el plan de abastecimiento es el siguiente:

Figura N°19: Abastecimiento de Fundiciones de Codelco Chile

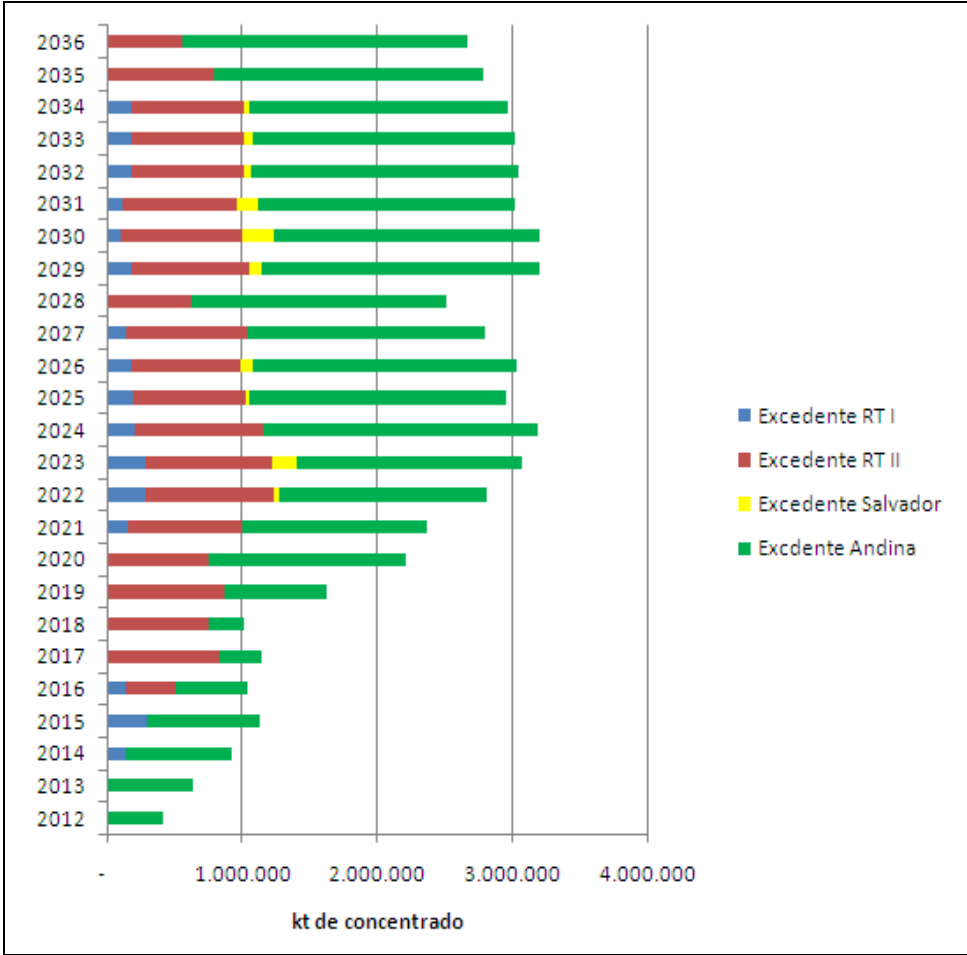


Fuente: Elaboración propia sobre proyecciones PND 2012

¹² Opinión experto: Leonel Contreras, Director de Procesos de Fundición y Refinería de Codelco

De esta forma, debido al incremento en la producción generado por los proyectos estructurales, los excedentes generados para el periodo 2012-2036 provendrán principalmente de los proyectos Radomiro Tomic Fase II y de Andina Fase II. Además los excedentes estarán conformados por concentrados producidos en Salvador y Radomiro Tomic I. La composición de los excedentes se puede ver a continuación:

Figura N°20: Composición de Excedentes período 2012-2036



Fuente: Elaboración propia sobre proyecciones PND 2012

En cuanto a cifras se refiere: el presente año Codelco procesa el 82% de sus concentrados en sus propias fundiciones; para el 2020 se espera que sea el 65%; y para el 2024, que es el año con una mayor cantidad de excedentes de concentrados esperados, se procesaría el 58% de la producción¹³.

¹³ Datos según Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Con la puesta en marcha de estos proyectos, Codelco se proyectaría produciendo cerca de un 9% del total de los concentrados en el mundo.

Este incremento en la producción requerirá modificaciones en lo que se refiere al transporte de concentrados. Si bien hasta el año 2019 las cantidades excedentes se mantienen cercanas al millón de toneladas, desde el punto logístico esto es un gran desafío, ya sea para ser transportado desde las divisiones a los puertos, como para el embarque con el fin de comercializarlo.

Según informes desarrollados por la Vicepresidencia de Operaciones Norte¹⁴ de Codelco, estos concentrados podrán ser transportados en primera instancia a través de camiones, trenes o cabotaje desde las divisiones a los distintos puertos de embarque utilizados actualmente.

Debido al aumento en las cantidades excedentes se deberán realizar inversiones en infraestructura para el acopio, despacho y carguío, que de acuerdo al informe “Requerimientos Logísticos Negocio FURE” elaborado por la Vicepresidencia de Operaciones Norte de Codelco, superarían los US\$75 millones para la infraestructura sin considerar los eventuales aumentos en las tarifas de transporte.

Además en dicho informe se considera que los puertos cuentan con la infraestructura necesaria para el manejo, acopio y embarque de los excedentes de concentrado generados por Codelco, lo cual según opinión experta del área de comercialización¹⁵ no es factible.

1.4. Emisiones y Nueva Normativa Ambiental

Tanto el Dióxido de Azufre como el Arsénico son dañinos para la salud de la población y los recursos naturales de las zonas aledañas. El primero de ellos actúa como un bronco constrictor y su efecto puede aumentar produciendo efectos agudos y crónicos sobre la salud de las personas, y el segundo ha sido clasificado como un agente cancerígeno comprobado¹⁶.

En las últimas dos décadas las empresas mineras han invertido en sistemas de control que permiten disminuir las emisiones de dióxido de azufre y arsénico emitido por las fundiciones en el procesamiento de concentrado de cobre.

¹⁴ “Requerimientos Logísticos Negocio FURE”, Vicepresidencia de Operaciones Norte de Codelco

¹⁵ Opinión experto: Víctor Pérez Vallejos, Gerente de Planificación, Comercialización y Desarrollo de Mercados de Codelco Chile.

¹⁶ Información en base a “Norma de Emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire” D.S.N°165/99 y “Norma de Calidad Primaria de Aire para Dióxido de Azufre” D.S.N°133/02

Según los Decretos Supremos N°165/99 y 113/02 que limitan las emisiones de arsénico y dióxido de azufre, el primero según la ubicación de la fuente emisora¹⁷ (Anexo D), y el segundo en 80 microgramos por metro cúbico normal al año respectivamente, Codelco cumple estas normativas para las distintas Fundiciones en Chile con una captación de emisiones que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°13: Porcentaje de Captura de Emisiones de todas las Fundiciones en Chile

Fundición	Porcentaje de Captura de Emisiones de Fundiciones en Chile	Empresa
Chuquicamata	91%	CODELCO
Potrerosillos	76%	
Caletones	88%	
Ventanas	94%	

Fuente: Minería Chilena

Sin embargo el gobierno ha dado a conocer el anteproyecto de la nueva norma ambiental que regulará las emisiones de elementos contaminantes (óxido de azufre, arsénico y humos negros) por parte de las fundiciones de cobre en Chile, el cual establece que:

1. Las fuentes emisoras actuales deberán cumplir con una captura del 95% de las emisiones tanto de azufre como de arsénico. Para ello tienen un plazo de 5 años desde la publicación en el diario oficial.
2. Para las fuentes emisoras nuevas se aplicará un criterio de Mejor Tecnología Disponible (MTD), siguiendo los siguientes puntos:
 - a. Emitir una cantidad inferior o igual al 2% en peso del azufre ingresado a la fuente emisora.
 - b. Emitir una cantidad inferior o igual al 0,024% en peso del arsénico ingresado a la fuente emisora, equivalente a una captura del 99,9%.

Presumiendo que el anteproyecto de la nueva normativa se mantenga y exija que se capture el 95% de los gases contaminantes, Codelco ha realizado planes de inversión para sus fundiciones que permitirían mantener en operación sus actuales cuatro fundiciones según se describe a continuación:

¹⁷ El detalle se puede ver en la sección de Anexos

Tabla N°14: Inversiones en Fundiciones Codelco

Fundición	Inversión Para Captura de 95% de Azufre y Arsénico (millones de dólares)	Eliminación de Humos Negros (millones de dólares)	Total (millones de dólares)
Chuquicamata	120-150	30-40	150-190
Potrerrillos	140-180	80-110	220-290
Ventanas	50-70	30-40	80-110
Caletones	140-180	90-120	230-300

Fuente: “Antecedentes Técnicos y Económicos para sustentar escenarios de regulación en norma de emisión para fundiciones”, Codelco, Chile

Codelco debe realizar una inversión que va entre los 680 a 890 millones de dólares sólo para que sus fundiciones puedan seguir operando.

Además esta norma podría volverse más exigente luego de 5 años, fecha en la cual las normativas son sometidas a revisión, por lo que no se descarta que la normativa pueda cambiar.

Para las plantas que funcionan actualmente se espera que los plazos para cumplir la normativa sean de alrededor de 5 años. Sin embargo en caso de que una nueva fundición desee comenzar a operar en el país, esta deberá cumplir la nueva norma desde su inicio e incluso estar preparada para una norma con mayor exigencia.

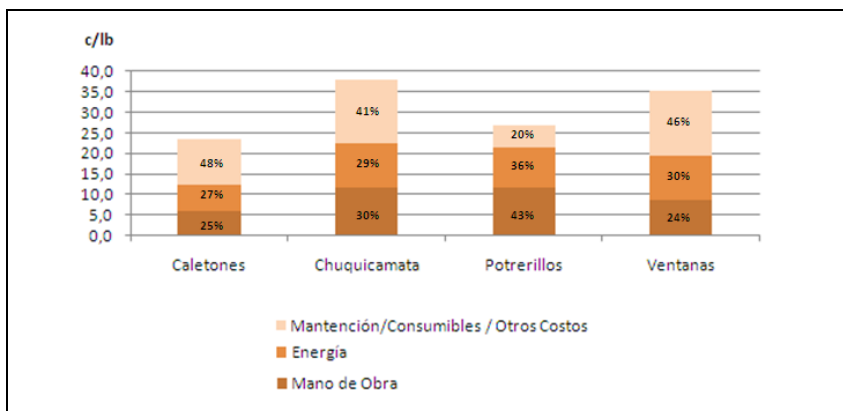
1.5. Costos en Fundiciones

Cada una de estas plantas posee costos asociados principalmente a:

- Energía
- Mano de Obra
- Mantenimiento, Consumibles y otros

De manera general se puede ver que para las fundiciones los costos de mantenimiento, asociados a la antigüedad de las plantas de Codelco, son los que representan un mayor porcentaje de los costos totales de fundición, tal como se ve reflejado en el siguiente gráfico:

Figura N°21: Composición de Costos 2012 en Fundiciones de Codelco



Fuente: Elaboración propia sobre información Brook Hunt 2012

El detalle de cada uno de los costos para cada una de las Fundiciones se muestra a continuación:

Tabla N°15: Costos Energía

	Costos Promedio Energía (c/lb)	Porcentaje sobre Costos Totales Fundición (%)
Chuquicamata	10,3	28
Ventanas	9,2	32
Caletones	6,9	28
Potreriillos	5,8	27
Codelco	8,05	29

Fuente Brook Hunt, Edición 2012

Tabla N°16: Costos Mano de Odra

	Costos Promedio Mano de Odra (c/lb)	Porcentaje sobre Costos Totales Fundición (%)
Chuquicamata	11,1	31
Potreriillos	9,7	46
Ventanas	6,8	24
Caletones	6,2	25
Codelco	8,45	31

Fuente Brook Hunt, Edición 2012

Tabla N°17: Costos Mantenición

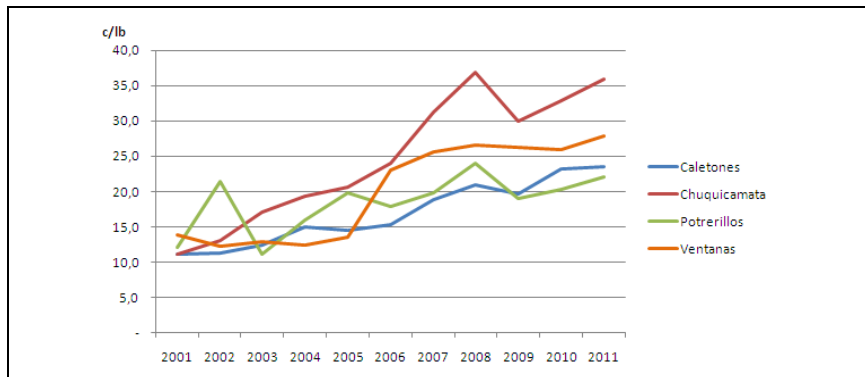
	Costo Mantenición (c/lb)	Porcentaje sobre Costos Totales Fundición (%)
Chuquicamata	14,8	41
Ventanas	12,6	44
Caletones	11,4	47
Potrerosillos	5,8	27
Codelco	11,15	40

Fuente Brook Hunt, Edición 2012

Donde los costos de la fundición Chuquicamata corresponden a los más altos en los tres desgloses presentados.

Haciendo un análisis de los últimos 10 años, cada uno de estos costos se ha incrementado aproximadamente en 2,5 veces con respecto al valor del 2002 como se puede ver en el siguiente gráfico:

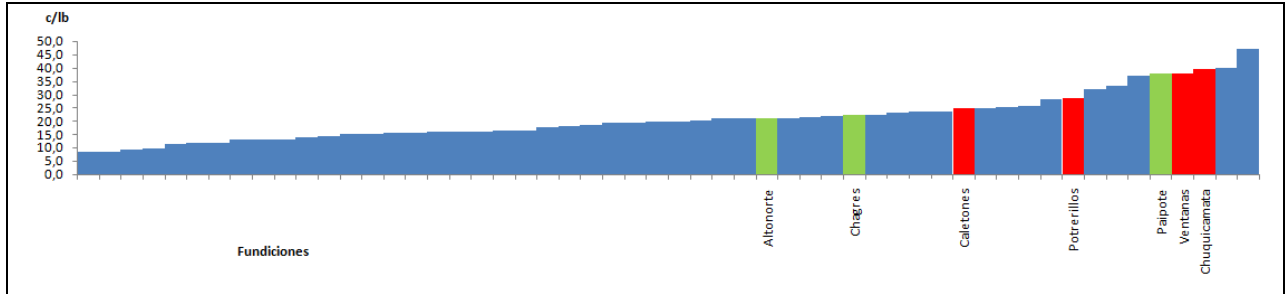
Figura N°22: Costos de Fundición Codelco 2001-2011



Fuente Brook Hunt, Edición 2011

Si se quiere ubicar a Codelco en la Industria, sus costos llevan a las fundiciones a posicionarse en los últimos dos cuartiles de la industria, con un costo promedio de procesamiento de 20,9 centavos por libra, con las fundiciones de Chuquicamata y Ventanas las que poseen mayores costos.

Figura N°23: Costos Directos de Fundiciones

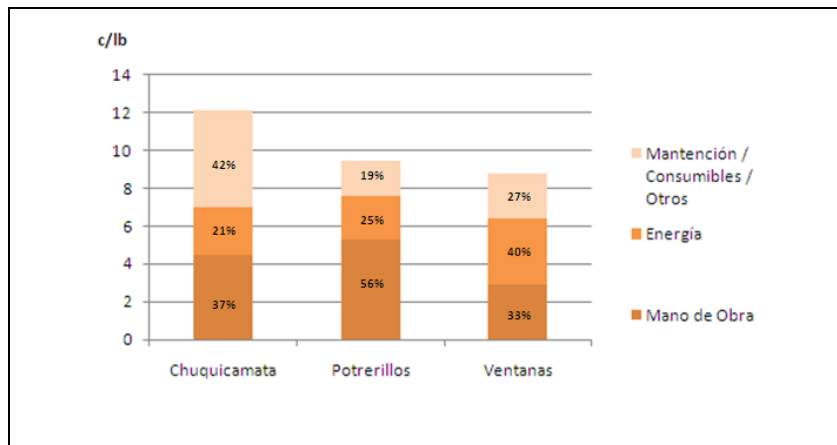


Fuente: Brook Hunt, Edición 2012

Además el promedio de costos en la industria de fundiciones es US\$139 por tonelada métrica procesada (20,9 c/lb siguiendo las unidades presentadas en el gráfico).

Para las Refinerías de Codelco, los costos directos muestran que la mantención sigue siendo un factor que participa en gran porcentaje, salvo en Potrerillos, y la mano de obra en las plantas de la zona norte, Potrerillos y Chuquicamata ocupa un mayor porcentaje de los costos totales, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:

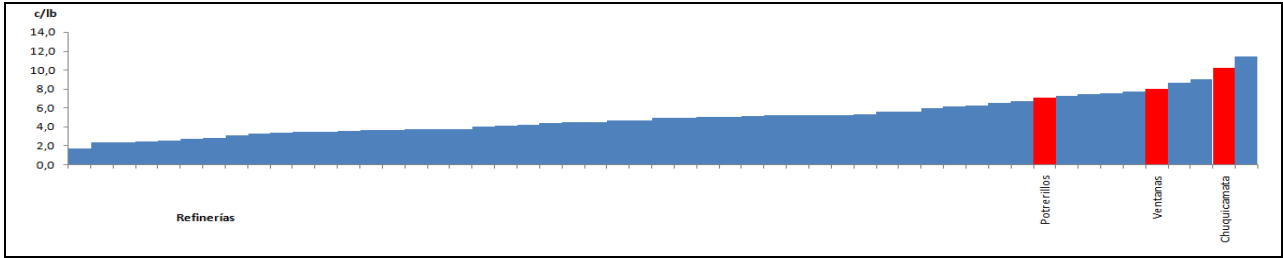
Figura N°24: Composición de Costos 2012 en Refinerías de Codelco



Fuente: Brook Hunt, Edición 2012

Para la industria de Refinerías el promedio de Codelco se sitúa en los 10,1 c/lb, ubicando a la empresa nuevamente en la segunda mitad de la curva de costos. Además el promedio de la industria se encuentra en los 5,1 c/lb.

Figura N°25: Costos Directos de Refinerías



Fuente: Brook Hunt, Edición 2012

Por lo tanto, luego de todo este análisis, se han logrado identificar las siguientes fortalezas y debilidades de la industria de Fundición y Refinería de Codelco:

Tabla N°18: Fortalezas y Debilidades de Codelco

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de recursos en el mediano y largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> Altos costos de producción respecto a otras Fundiciones Antigüedad de la infraestructura Porcentaje de captura de emisiones de contaminantes deficientes Restricciones de capital de la empresa

Fuente: Elaboración propia

2. Organización Industrial y Mercado

2.1. Integrantes o Actores del Mercado

Como se indicó, el mercado se encuentra compuesto por dos actores principales:

- Productores de concentrados, que pueden estar integrados o no a Fundiciones y Refinerías.
- Las fundiciones y refinerías, que pueden ser compradores o maquiladores.

2.1.1. Productores de Concentrado

A continuación se señalan los principales productores de concentrado, donde Codelco ocupa el segundo lugar con un 8,5% de la participación del mercado. Lo supera Freeport con un 0,4% de diferencia entre ambas. Esto se muestra:

Tabla N°19: Principales Compañías Productoras de Concentrado

Compañía	Porcentaje de Participación	Producción (kt de Cu)
Freeport McMoran	8,9%	1.123
Codelco	8,5%	1.080
Xstrata	6,8%	860
BHP Billiton	5,4%	689
Rio Tinto	5,2%	664
Anglo American	3,5%	440
Southern Copper	3,3%	419
RAO Norilsk	3,3%	420
KGHM	3,3%	420
First Quantum	2,0%	254
Otros	58,5%	7.407

Fuente: Elaboración propia sobre información Brook Hunt, Edición 2011, Q3

2.1.2. Fundiciones y Refinerías

En la siguiente tabla se pueden observar las principales compañías que procesan cobre concentrado en fundiciones y refinerías. Codelco ocupa el primer lugar en ambas industrias con un 7,7 y un 8,6% del mercado. El detalle se muestra a continuación:

Tabla N°20: Principales Compañías Fundidoras y Refinadoras

Fundiciones	Porcentaje de Participación	Kt. Cu	Refinerías	Porcentaje de Participación	Kt. Cu
Codelco	7,7%	1.062	Codelco	8,6%	1.182
Xstrata	5,2%	715	Aurubis	6,5%	890
Aurubis	4,9%	675	Xstrata	4,6%	635
Nippon Mining	4,5%	620	Nippon Mining	4,2%	579
KGHM	3,7%	512	Freeport McMoran	3,8%	521
Freeport McMoran	3,7%	506	KGHM	3,7%	512
Tongling	3,7%	507	Tongling	3,7%	507
Sumitomo	3,4%	469	Sumitomo	3,7%	507
Mitsubishi	3,3%	459	Mitsubishi	3,3%	455
Rio Tinto	2,3%	317	Southern Copper	2,8%	385
Otros	57,6%	7.933	Otros	55,2%	7.603

Fuente: Elaboración propia sobre información Brook Hunt, Edición 2011, Q3

La integración que poseen los diez principales actores en la producción de concentrado respecto a sus fundiciones y refinería es:

Tabla N°21: Porcentaje de Integración de Productores de Concentrado

	Integración Fundición/Mina	Integración Refinería/Fundición
Freeport McMoran	45%	103%
Codelco	98%	111%
Xstrata	83%	89%
BHP Billiton	27%	100%
Rio Tinto	48%	100%
Anglo American	36%	15%
Southern Copper	99%	93%
RAO Norilsk	92%	100%
KGHM	122%	100%
First Quantum	11%	100%

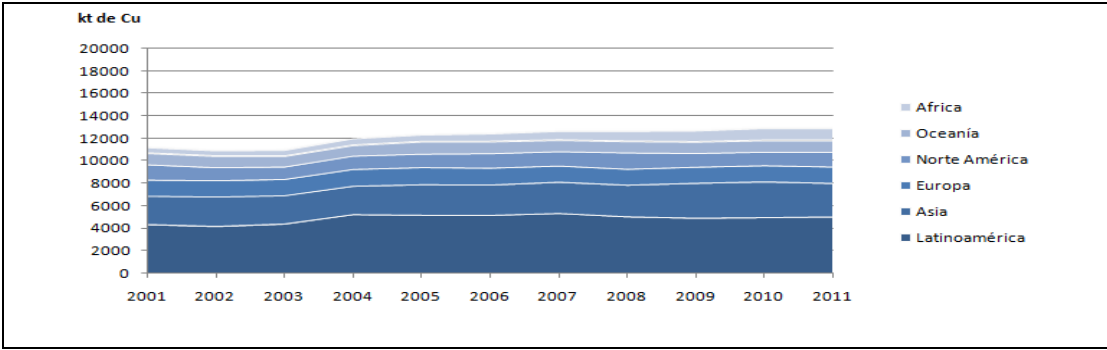
Fuente: Elaboración propia en base a información Brook Hunt, Edición 2011, Q3

El caso en que la integración es superior al 100% se debe a que las compañías compran o reciben material concentrado o fundido externo y lo procesan en sus propias instalaciones.

2.2. Oferta/Demanda

La oferta de concentrado por parte de las compañías mineras por región se muestra en el siguiente gráfico. La región que muestra una mayor producción de concentrados corresponde a Latinoamérica con cerca del 40% de la producción mundial:

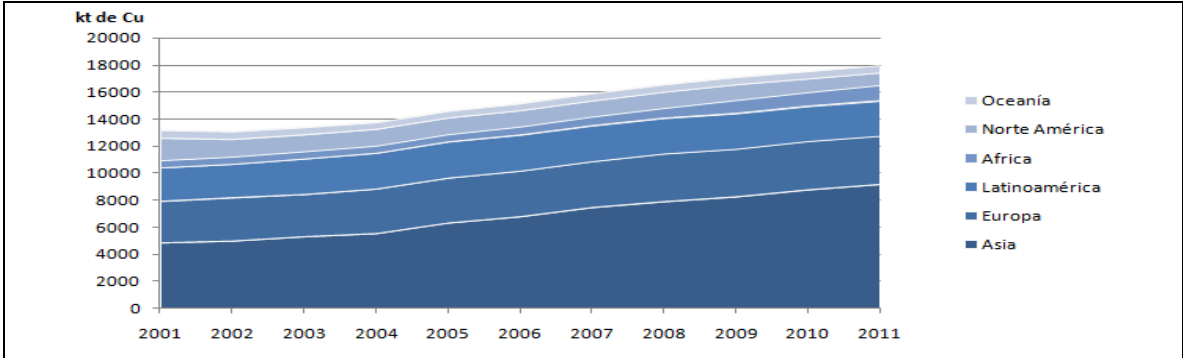
Figura N°26: Producción de Concentrado de Cobre



Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

En los últimos 10 años la capacidad de Fundición se ha ido incrementando, especialmente en Asia, donde la capacidad ha crecido a un promedio de un 7% anual y aporta el 51% de la capacidad mundial 2011, tal como se aprecia en la siguiente figura:

Figura N°27: Capacidad de Fundiciones por Región



Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

Si se comparan ambas gráficas se puede apreciar que existe una capacidad de fundición que no está siendo utilizada, lo que detalladamente para los últimos cinco años equivale a:

Tabla N°22: Exceso en la capacidad de Fundición (kt de Cu)

Año	Capacidad de procesamiento de concentrado de cobre en Fundiciones	Concentrado de cobre procesado en Fundiciones	Exceso de capacidad	% de Utilización de Fundiciones
2007	51.881	44.922	6.959	87%
2008	53.704	44.996	8.707	84%
2009	56.196	45.096	11.100	80%
2010	55.374	44.930	10.444	81%
2011	56.207	46.496	9.711	83%

Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

2.3. Costos de la Industria

Los costos por región para fundiciones y refinерías:

Tabla N°23: Costos Netos Fundiciones y Refinerías 2011 por región

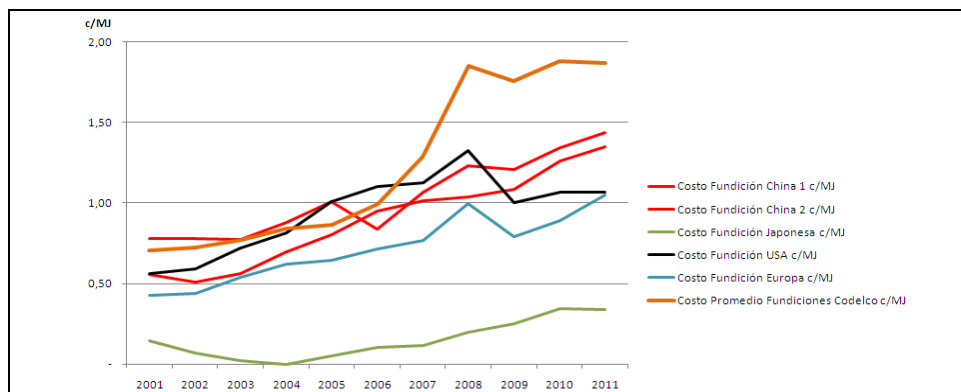
Promedio de la Región	Costo Neto Efectivo Fundición (c/lb)	Costo Neto Efectivo Refinería (c/lb)	Costo de Fundición + Refinación (c/lb)
China	12,1	3,5	15,6
Otros Asia	16,9	3,7	20,6
África	15,5	5,2	20,7
Japón	18,4	6,0	24,4
Australia	22,2	7,9	30,1
Europa	26,0	5,1	31,1
Latino América	27,1	8,5	35,6
Norte América	26,7	9,4	36,1

Fuente Brook Hunt, Edición 2012

Los costos en distintos mercados para la mano de obra, energía y mantención se pueden ver en las siguientes tres figuras:

- En relación a las fundiciones de distintos mercados seleccionados, Codelco es la que tiene mayores costos de energía. Los costos más bajos los tiene Japón.

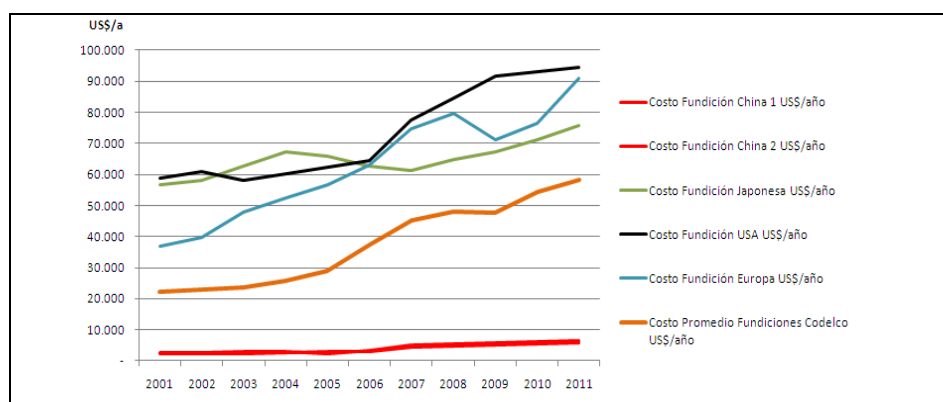
Figura N°28: Costos de Energía en distintas Fundiciones



Fuente Brook Hunt, Edición 2011

- China posee los costos más bajos de mano de obra por sobre el resto de las fundiciones seleccionadas.

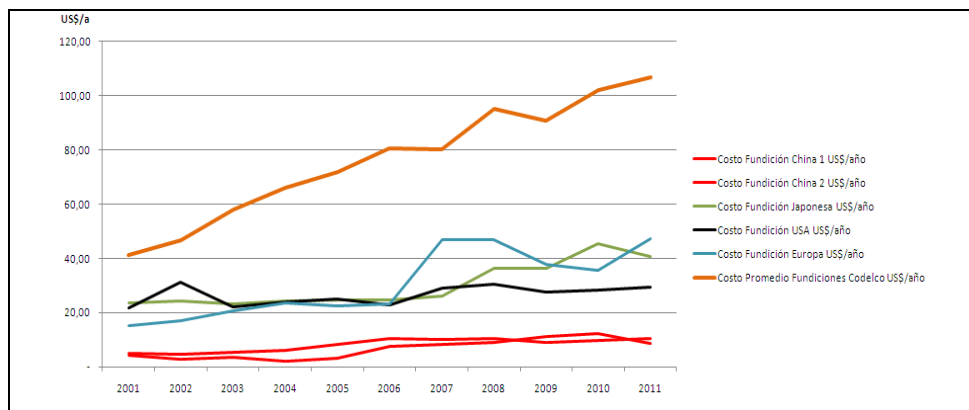
Figura N°29: Costos de Mano de Obra en distintas Fundiciones



Fuente Brook Hunt, Edición 2011

- Codelco tiene costos de mantención superiores al resto de las fundiciones, y China es quien posee los menores costos.

Figura N°30: Costos de Mantenimiento y Otros en distintas Fundiciones



Fuente Brook Hunt, Edición 2011

Los costos de producción han aumentado en los últimos años debido principalmente a factores como huelgas, bajas en la ley del material, aumento de los costos de energía y el precio de los subproductos, siendo el ácido sulfúrico el principal factor incidente.

Como se podrá ver en el detalle de los costos de la industria, China presenta una clara ventaja comparativa respecto al resto del mundo en el valor de mano de obra, la cual llega a ser 8 veces menos costosa que en Chile.

Los costos de la industria, de manera general, para el procesamiento de concentrados son:

Tabla N°24: Costos Energía de Fundiciones

	Costos Promedio Energía (c/lb)	Porcentaje sobre Costos Totales Fundición (%)
Latino América	8,8	32
Norte América	5,7	21
Europa	9,6	37
Australia	6,7	30
Japón	6,1	33
Otros Asia	7,7	45
África	6,3	40
China	6,9	57

Fuente Brook Hunt, Edición 2012

Tabla N°25: Costos Mano de Obra

	Costos Promedio Mano de Obra Fundición (c/lb)	Porcentaje sobre Costos Totales Fundición (%)
Latino América	7,6	28
Norte América	10,5	39
Europa	6,2	24
Australia	6,8	31
Japón	4,3	23
Otros Asia	1,5	9
África	2,7	17
China	1,4	11

Fuente Brook Hunt, Edición 2012

Tabla N°26: Costos mantención y otros

	Costo Mantención y otros (c/lb)	Porcentaje sobre Costos Totales Fundición (%)
Latino América	10,7	40
Norte América	10,6	40
Europa	10,3	40
Australia	8,7	39
Japón	8,1	44
Otros Asia	7,8	46
África	6,5	42
China	3,8	32

Fuente Brook Hunt, Edición 201

Algunas consideraciones respecto de estos costos son:

- En la región de África se observa uno de los menores costos relacionados a energía, debido principalmente a que utilizan gran cantidad de carbón para su obtención, lo cual reduce costos pero genera gran cantidad de contaminación.
- Latinoamérica es el mercado que presenta los costos más altos de la industria de fundición a nivel global (1° en Costos de Energía, 2° en Mano de obra y 1° en Costos de Mantención).
- Asia, de manera general, presenta los costos más bajos en la Industria.
- La industria de fundición ha enfrentado en los últimos 3 años cierres de 4 plantas. Las causas son comunes en los 4 casos:

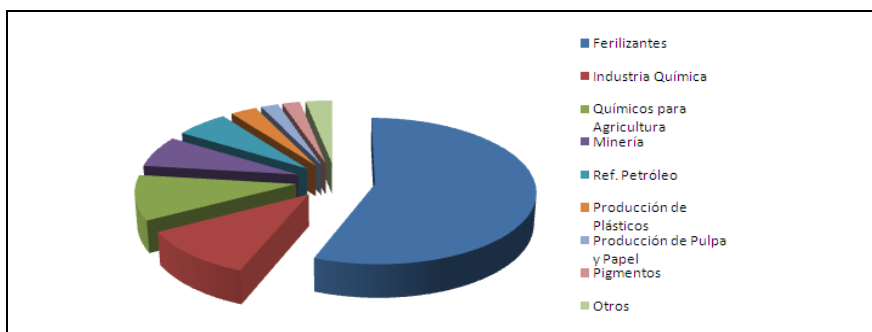
- Aspectos regulatorios ambientales.
 - Sobrecapacidad mundial de fundición con bajos costos de tratamiento, que provoca una reducción de los cargos por Fundición y Refinación y, por lo tanto, de ingresos para estas plantas debido a los altos costos que poseen.
- La industria de refinería solo presentó el cierre de una planta en los últimos 4 años y se debió a la sobrecapacidad mundial y bajos ingresos.

2.3.1. Precio del ácido

El ácido se obtiene en plantas integradas a fundiciones al separar el azufre del cobre contenido en el material concentrado y es considerado como un ingreso extra para estas plantas.

El consumo mundial está dominado por la industria de los fertilizantes fosfatados con un 56%, seguido por la industria química con un 11%, los químicos para la agricultura con un 10% y la minería en un 7%¹⁸. Un mayor detalle de los usos de los sulfuros se puede ver en el siguiente gráfico

Figura N°31: Consumo de Azufre en Industrias



Fuente: ICIS PentaSul

Para el mercado minero, el ácido sulfúrico es relevante como reactivo pues se emplea para la lixiviación en el procesamiento de cobre asociado a óxidos. Mientras continúe la tendencia de precios altos del cobre, la industria minera incrementa el consumo de ácido debido a que están dispuestos a procesar minerales de menor ley.

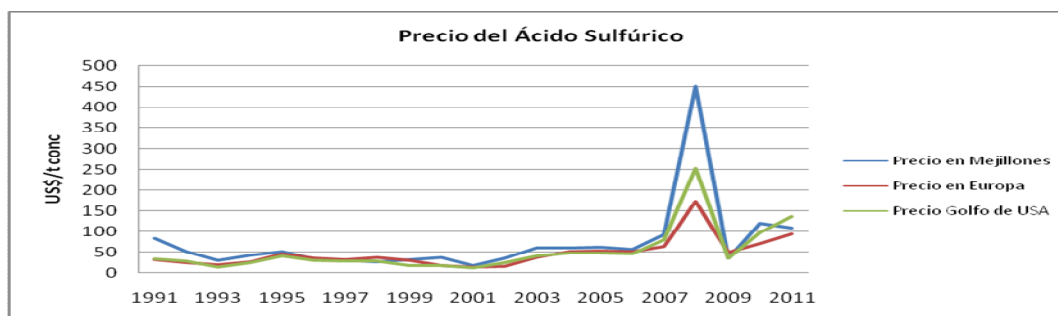
¹⁸ ICIS PentaSul

Según estudios, el consumo de ácido por parte de la industria minera ha aumentado en los últimos años, siendo su tasa de utilización de 2,86 ton ácido/ton de cobre en 2004, 3,45 hacia 2008 y proyecta llegar a ser cercana a las 4 ton ácido/ton de cobre para el 2015¹⁹

En el 2008 ocurrió un fenómeno de alzas de precios a valores nunca antes alcanzados. Esto se debió a un aumento en la demanda de la industria de fertilizantes en India y China que llevaron al ácido a precios históricos. Además estos países reciben ayuda del gobierno mediante programas que fomentan el desarrollo de biocombustibles. Si bien estos mercados se estabilizaron y hoy se equilibra la oferta con la demanda, se deben mantener en constante estudio y atención.

El precio del ácido de los últimos 20 años en los lugares más importantes de transacción se muestra en la siguiente imagen

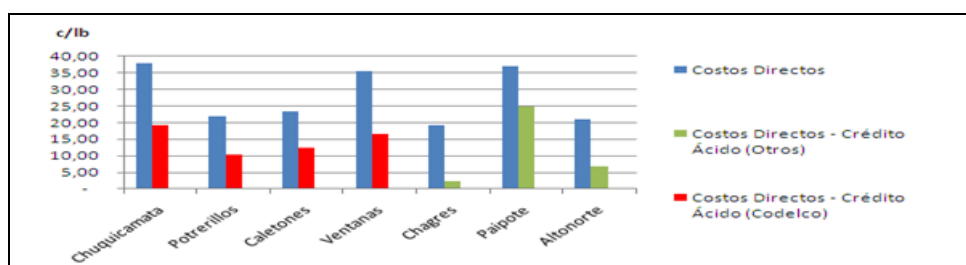
Figura N°32 Precio del ácido sulfúrico últimos veinte años



Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

La incidencia que tuvo este subproducto como crédito en los costos de fundiciones chilenas en el año 2011 se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Figura N°33: Incidencia del Ácido Sulfúrico en Costos de Fundiciones



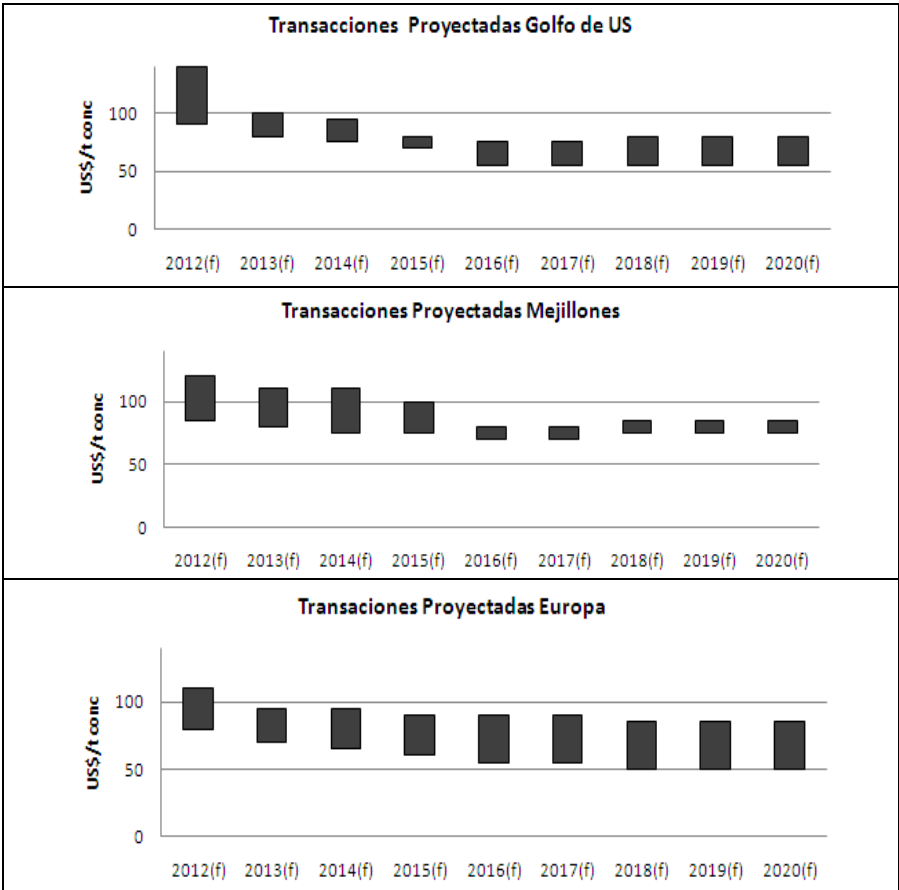
Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

¹⁹ Reportaje Minería Chilena “Ácido sulfúrico retoma su trayectoria”, 2009

Donde este crédito va desde los 11,2 c/lb para la fundición Caletones hasta los 18,8 c/lb en Chuquicamata y Ventanas.

De esta forma los precios proyectados del Ácido Sulfúrico para los próximos años en los principales lugares de transacción oscilarán entre los US\$ 70-120 como se puede ver a continuación:

Figura N°34: Precio del ácido sulfúrico en 3 lugares de transacción



Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

Los cuales si bien no llegan a valores tan altos como ocurrieron en 2008, dejan bastante conforme a los expertos consultados²⁰ y lo aceptan como valores a su vez empleados para el presente trabajo

²⁰ Opinión experto Carmen Tardito, Subgerente de Planificación y Julio Rojas Ramírez, Negociador de cobre concentrado

2.4. Comercialización de Concentrados

2.4.1. Venta y maquila de concentrados

Los contratos de venta de concentrados corresponden a contratos de cuatro años entre el comprador y vendedor de concentrados, sujetos a negociación cada año.

Si bien existen maquiladores de concentrado, estos son un porcentaje mínimo, debido a que este tipo de contratos son de largo plazo, al menos diez años, en donde las partes deben comprometer tarifas por todo este horizonte de tiempo.

Por esta razón se llega a que las empresas productoras de concentrados deciden simplemente venderlo en el mercado spot o asegurar un contrato con duración intermedia de cuatro años.

Si bien las partes corren riesgo de que los cargos por fundición se eleven incluso a valores superiores de los que se podrían haber logrado en un acuerdo, la mayor parte del tiempo no lo será, razón por la cual la empresa vendedora de concentrados decide negociar tarifas año a año a través de los contratos a largo plazo.

2.4.2. Cargos por Fundición y Refinación

Los cargos por fundición y refinación corresponden al descuento aplicado sobre el precio del cobre para la venta de concentrados y equivale al ingreso que tendrán las plantas por tratar este material.

Como se planteó previamente, los factores más importantes considerados para la negociación a largo plazo de los cargos por Fundición y Refinación son:²¹

1. Balance Mundial de concentrados de cobre

Un exceso en la producción de concentrado de cobre genera un aumento en los cargos por fundición y refinación debido a que los productores de este material enfrentan la problemática de almacenamiento debido a la toxicidad de este.

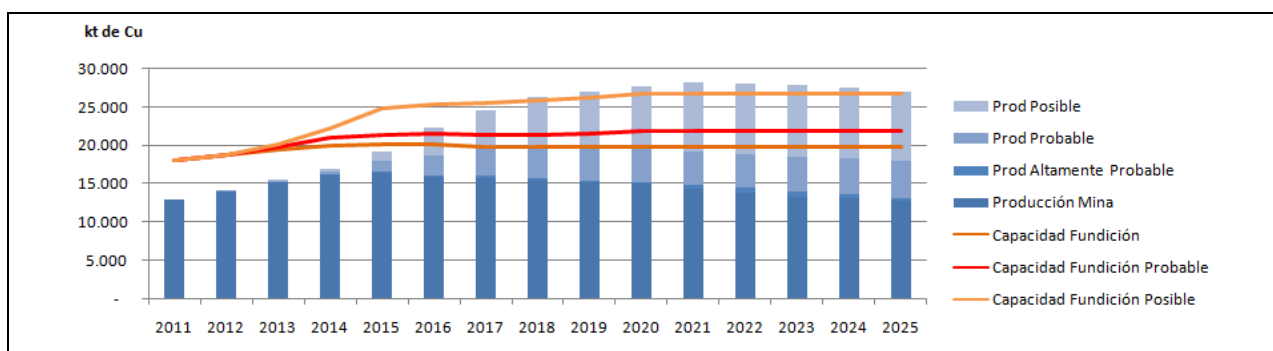
Ante lo anterior, las fundiciones aumentan los cargos por fundición y refinación de modo de encontrar un equilibrio entre el aumento de estos cargos y tratar de llegar a su capacidad máxima de producción. De manera análoga los TC/RC disminuyen ante un déficit en la producción de concentrado debido principalmente a que las fundiciones requieren material para utilizar sus instalaciones y cubrir los costos asociados.

²¹ Opinión Julio Rojas Ramírez, Negociador de cobre concentrado

Además se debe considerar que la capacidad de utilización muchas veces es complementada con el uso de chatarra, con la cual se pueden mejorar los porcentajes de recuperación de cobre, cubrir demandas insatisfechas y, si el precio de ésta lo permite, acercar la producción al 100%.

El balance para los próximos años indica que la capacidad de las fundiciones mantendrá la línea de la oferta de concentrados, sin embargo el escenario para aumentar la capacidad actual de fundición se está volviendo complejo debido a las crecientes restricciones ambientales.

Figura N°35 Balance de Concentrados de Cobre para los próximos años



Fuente: Brook Hunt , Edición 2011

2. Concentración del poder de compra de concentrado de cobre

La industria de importadores de concentrado de cobre tuvo un dominio histórico por parte de Japón hasta alrededor del año 2005.

Al ser el gran dominante de la industria, con costos de procesado de material inferiores al resto de la industria y con tecnologías más eficientes, provocó el cierre de plantas debido a la poca capacidad de compra y competencia que tenían el resto de las fundiciones frente al dominio japonés, por lo que no lograban tener cantidades de concentrados mínimas para cubrir sus costos y se veían en la obligación de cerrar sus instalaciones.

Esta misma situación se comenzó a dar desde mediados de los 90 con China, quien en 10 años aumentó su producción a casi 3 millones de toneladas finas de cobre por año y hoy representa cerca del 23% de la producción mundial.

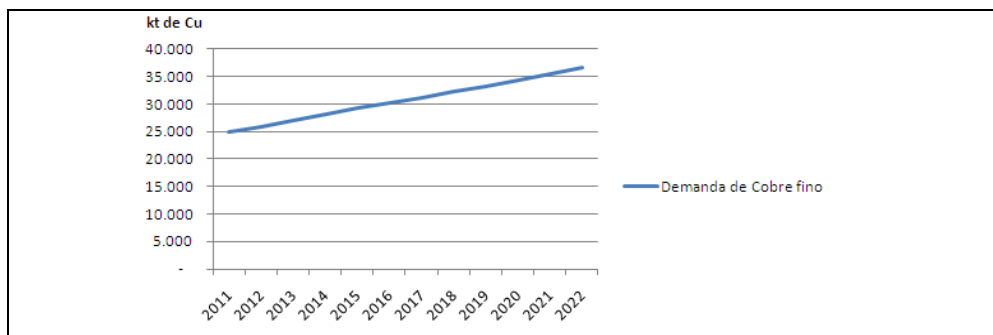
Con este crecimiento China logró neutralizar el histórico dominio japonés en el mercado de los concentrados. La situación en China va de la mano con las mismas causas que impulsaron a Japón como mercado dominante (principalmente asociado al desarrollo de tecnologías) sumado al bajo costo de la mano de obra, lo que hace que los costos netos de producción sean uno de los más bajos en la industria.

Hacia el 2015 China se convertirá en el mayor importador de concentrados de cobre logrando más de un 35% de participación del mercado, continuando con su estrategia de oferta de capacidad a bajo costo.

2.5. Posibles escenarios futuros

Se proyecta que la demanda de cobre fino continúe creciendo a tasas de 3,4% anual según se muestra en la siguiente figura:

Figura N°36: Demanda de Cobre Fino

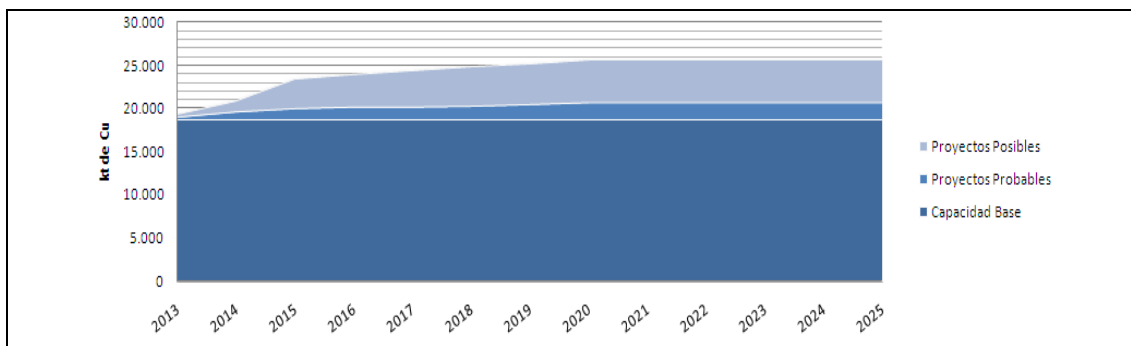


Fuente Brook Hunt 2011

2.5.1. Fundición y Refinería

Para evaluar las expansiones se considerarán los escenarios probables y posibles, donde la capacidad máxima, en caso de desarrollarse todos los proyectos estará cerca de las 25 millones de toneladas de cobre contenido:

Figura N°37: Aumento de capacidad de Fundición sobre la capacidad actual



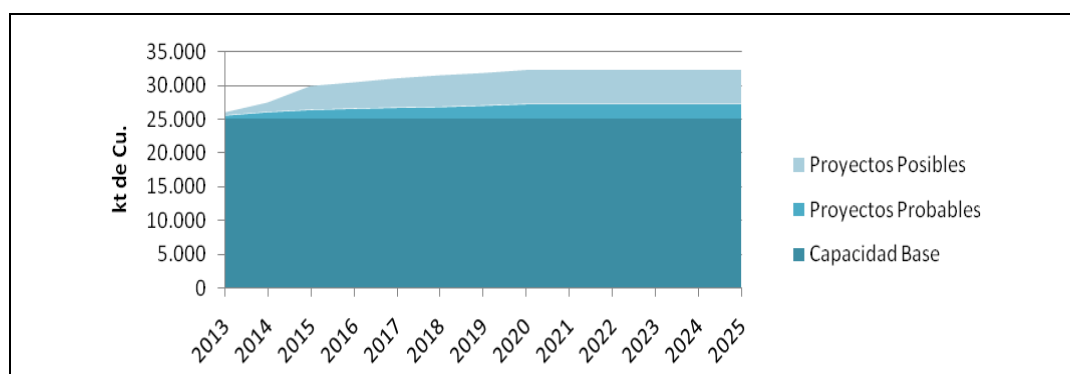
Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

De acuerdo a los informes presentados, de los 9 proyectos probables, 4 corresponden a expansiones y los otros 5 corresponden a reinicio de plantas o proyectos nuevos. Además 4 de ellos (1 expansión y 3 proyectos nuevos) ocurren en China.

De los 29 proyectos posibles, 13 de ellos pertenecen a China, donde 4 corresponden a expansiones y los restantes a nuevas fundiciones. De los otros 16, 8 corresponden al resto de Asia (21 en total), 2 en Australia, 3 en América, 2 en África y 1 en Europa.

Las expansiones varían entre las 150 y 900 kt de concentrado de cobre de capacidad según los proyectos.

Figura N°38: Aumento de capacidad de Refinería sobre la capacidad actual



Fuente: Brook Hunt, Edición 2011

Los cuales se comportan de manera similar al de la fundiciones. Sin embargo no todos los proyectos coinciden entre las mismas fundiciones y refinerías.

Existen 11 proyectos probables²², siendo 7 pertenecientes a China y uno para cada uno de los siguientes países: Chile, India, Irán y Perú. Las capacidades de estos proyectos van desde los 50 kt de Cu contenido hasta las 600 (las dos más altas ocurren en dos refinerías nuevas de China). De estos proyectos sólo 3 corresponden a expansiones.

Los proyectos posibles son 28, existiendo nuevamente una tendencia China con 13 de ellos, para completar 21 en Asia, 2 en Australia, África y América y uno en Europa.

Del total de proyectos, sólo 10 son expansiones, el resto son nuevas refinerías.

Como conclusión de ambos proyectos se destaca la estabilización de proyectos a partir del año 2020, donde las capacidades se mantienen para los 5 años restantes en estudio.

²² Un proyecto es Altamente Probable cuando se posee estudios avanzados, Probable cuando se encuentran en estudios de factibilidad y Posible cuando aún no poseen estudios

2.5.2. Normativas Ambientales

Para el análisis de normativas ambientales en el extranjero se tiene como referencia a 5 países:

Tabla N° 27: Normativas Internacionales para la Emisión de Azufre en fundiciones

País	Emisiones de Azufre
Estados Unidos	Restricción funcionando en la región Sur-Oeste de EE.UU. la cual señala que la cantidad máxima permitida corresponde a 0,1 veces la alimentación de azufre en la planta (medida en lb/h) Además se restringen las emisiones mediante venta de permisos anuales de emisión
Canadá	Responsabilidad de los gobiernos provinciales. Salvo dos provincias (Alberta y British Columbia) se ha acordado no superar las 2.3 millones de toneladas de SO ₂ emitidas al año
Unión Europea	Los valores varían de país en país y en total no deben sobrepasar los 3,85 millones de toneladas al año (en general asociado a un 98% de captura de emisiones)
Japón	Existe emisión estándar que se aplica a todo el país y cuyo límite está dado por la altura de la chimenea
China	El porcentaje de captura de emisiones, tanto para proyectos existentes y nuevos, debe ser mayor al 98%. En caso que no aprueben estos requisitos, las autoridades otorgarán un período de tiempo para mejorar la construcción, el cual de no cumplirse conlleva a una multa y a la obligación de ser modificada en cierto período de tiempo, con una posible cancelación del registro

Fuente: “Contexto Internacional de normativas para Fundiciones y Refinerías”, Codelco 2011 e información de mercado²³

Además existen normas que regulan el transporte y etiquetado de sustancias, como lo son la norma REACH, GHS y CLP. En el caso del cobre, el transporte de cátodos es de muy bajo riesgo para las personas y el medio ambiente, sin embargo para los concentrados de cobre la situación cambia debido a la toxicidad e impureza que presentan.

²³ “Sustainable Development of the Chinese Copper Market”, International Institute for Sustainable Development, Enero 2010

La norma REACH, Registro, Evaluación y Autorización de Sustancias Químicas, corresponde a una ley de la Unión Europea vigente desde el año 2007, la cual exige a la empresa productora el registro de las sustancias a transportar, entregando información sobre la salud y seguridad de estas cuando excedan a una tonelada de producción o importación al año.

En caso que las sustancias a comercializar no se encuentren registradas o se encuentren exentas de registro (todas ellas están detalladas), estas no podrán ser comercializadas en la Unión Europea. El registro es obligatorio desde el año 2008.

Los concentrados de cobre hoy se encuentran exentos de registro al ser considerados sustancias naturales no modificadas químicamente, en cambio los cátodos al no presentar gran variabilidad en su composición, presentan un registro estándar.

Esta ley fue instaurada con el objetivo de proteger el medio ambiente y la salud de los habitantes, regulando la entrada de sustancias químicas en dicha zona, principalmente aquellas que puedan generar enfermedades como cáncer y problemas genéticos, además de proteger el medio ambiente.

La normativa GHS, Global Harmonized System, es una normativa de la ONU que se está implementando gradualmente para la clasificación y etiquetado de productos. Esto apunta a definir y clasificar los peligros en las sustancias transportadas.

Además un mismo producto puede tener distintos peligros asociados dependiendo el país en el que se comercializa. La idea de esta normativa es estandarizar el proceso, facilitando además el comercio internacional. Esta norma introduciría nuevos criterios de peligrosidad y prácticas de etiquetado en Chile.

En último lugar la normativa CLP, Classification, Labeling and Packaging, que corresponde a la versión Europea de GHS, indica que todos los productos deben notificar sus características, estableciendo los peligros para la salud y medio ambiente. De esta forma tanto los clientes como operarios pueden conocer los posibles riesgos a los que están expuestos y las consecuencias que puede tener un mal manejo de las sustancias.

Estas normas requieren un alto grado de información científica y consenso al interior de cada industria, por lo cual a medida que se van implementando en algunos países puede variar y expandirse a otros que hoy no regulan.

Una posible consecuencia de estas normas es el aumento de los costos de transporte, seguros, formas de empaque, instalaciones y equipamientos, oposición de comunidades ante la instalación de operaciones que requieran del manejo de concentrados de cobre y restricciones en ciertos puertos.

Finalmente, pero no menos importante, existe una tendencia mundial creciente a no recibir concentrados sucios, esto quiere decir, con un contenido mayor a 0,2% de

Arsénico. Si bien hoy en día se reciben con contenidos de hasta 0,5%, esto cada vez se torna más estricto. Esto debido a las exigencias ambientales crecientes en cada país.

2.5.3. Cambio en la Economía China

Durante las últimas décadas la economía China ha crecido gracias a la creación de una poderosa industria y a una fuerte tasa de inversión. Sin embargo se espera que este ritmo de crecimiento disminuya debido a falencias que presenta en el consumo interno y en el sector de los servicios.

Según el XII Plan Quinquenal de China, el cual establece la política económica China válida para el periodo 2011-2015 se han establecido cuatro ejes principales:

- **Reestructuración económica:** La cual apunta justamente a un cambio en la economía dirigida hacia una economía de consumo y servicios, potenciando el consumo interno y una inversión más contenida.
- **Reforma Industrial:** Fomentar la investigación y desarrollo, extensión de la educación y aprovechamiento del talento, todo esto con el objeto de impulsar siete "Industrias Estratégicas Emergentes"²⁴ que consideran clave para la evolución de su industria.
- **Redistribución de la renta:** Mejorar la seguridad social, aumento de salarios más contundentes, sobre todo los salarios mínimos, y la aceleración en la urbanización de la población.
- **Medio ambiente:** Debido al actual deterioro natural por la gran industrialización (con industrias contaminantes y con mucho gasto asociado a energía, sobre todo asociados al uso de carbón), se plantean reducciones de emisiones de CO₂, dióxido de azufre, y otros gases contaminantes, que incluso podrían considerar impuestos por emisiones. En este aspecto se espera ejercer una mayor presión fiscal, imponiendo impuestos y posibles cierres por infracciones ambientales para reducir las emisiones de contaminantes.

Por lo tanto, en base a todas estas consideraciones, las Oportunidades y Amenazas que ofrece el mercado son:

²⁴ Las siete industrias corresponden a Construcción, Energía, Agricultura, Medioambiente, Sanidad y Agroalimentos y bienes de consumo.

Tabla N° 28: Oportunidades y Amenazas del Mercado

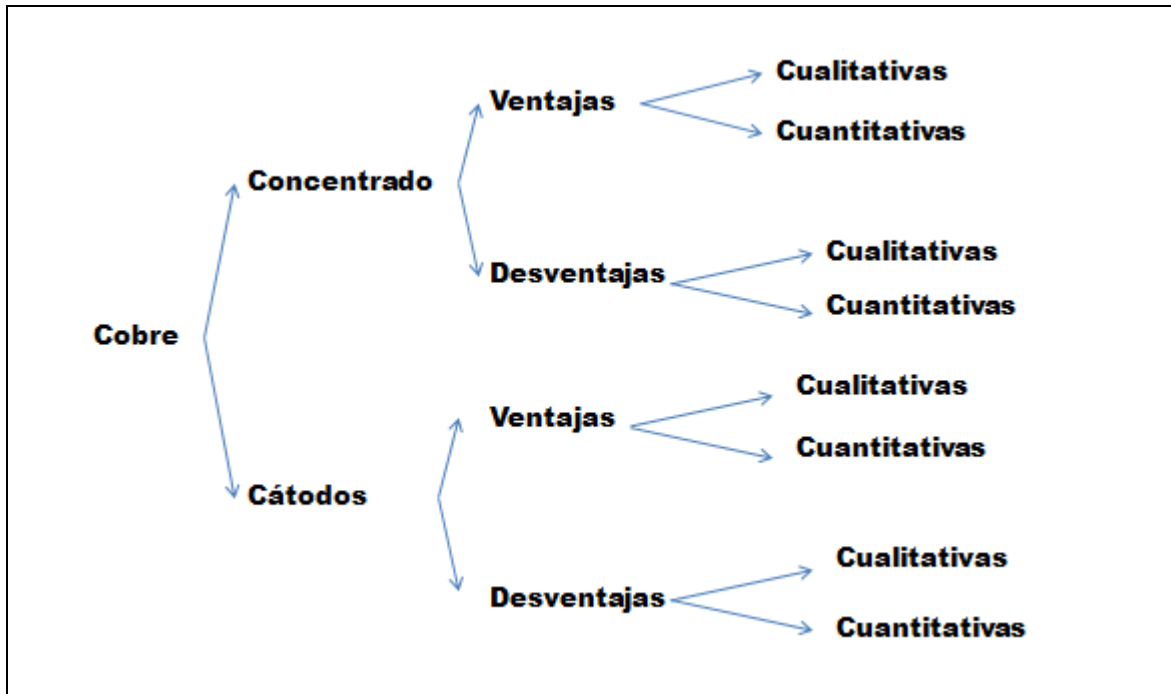
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo de mano de obra en China • Mercado del ácido sulfúrico entre los 60-100US\$/ton • Concentración de la capacidad de fundición en China • Demanda de cobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Normativas ambientales crecientes alrededor de todo el mundo • Concentración de la capacidad de fundición en China y pérdida del poder negociador • Cambio en la economía China con aumento en normativas ambientales

Fuente: Elaboración propia

IX. CÁTODOS O CONCENTRADOS

A continuación se muestra un cuadro comparativo que presenta ventajas y desventajas de cada uno de los productos según el siguiente diagrama:

Figura N°39: Análisis Cualitativo-Cuantitativo Cátodos y Concentrados



Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de los concentrados de cobre se tiene:

Tabla N° 29: Ventajas y desventajas de Venta de Concentrados

Ventajas	Cargos por fundición y refinación menores que costos de operación en fundiciones de Codelco	Para el año 2011 representarían un ahorro promedio de US\$65,5 para fundiciones y de 3,2 c/lb para refinерías. Para la producción de Codelco en sus fundiciones esto equivaldría a US\$250 millones
	No producción de emisiones contaminantes en el país	Esto podría evitar los montos anunciados para inversión en fundiciones que bordean los US\$1.000 millones para cumplimiento de nueva norma.
Desventajas	No venta de concentrados sucios (contenido de Arsénico mayor a 0,2%)	Según los contenidos de Arsénico, sólo podrían venderse los concentrados de Teniente. Esta pérdida tendría un valor económico de cerca de US\$5.000 millones, pero en la realidad, la no venta de concentrado puede llevar al cierre del yacimiento hasta que no cambien condiciones de compra de concentrados.
	Pérdida de un porcentaje de Oro y Plata por deducciones metalúrgicas (3,4% de Cu, 15g/t de Ag y 0,5g/t de Au)	Equivalente a US\$175 millones.
	Volúmenes transportados son 3 veces más en promedio que transportar cátodos, aparte de su toxicidad.	Equivalen a US\$106 millones de gasto en logística si se considera sólo el costo por transportar a puerto de embarque.

Fuente: Elaboración Propia

Donde las ventajas ascienden al menos a US\$1.250 millones y las desventajas superan los US\$5.200 millones

Para el caso de los cátodos se tiene que algunas de las ventajas pasan a ser desventajas y viceversa, tal como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla N° 30: Ventajas y desventajas de Venta de Cátodos

Ventajas	Obtención de ácido sulfúrico necesario para proceso de lixiviación	Equivalente a US\$315 millones en venta de ácido sulfúrico (cerca de 3,5 millones de toneladas).
	Aseguro venta del 100% de producto, ya que en caso de no ser comprado por clientes, se puede vender a la LME quien tiene la obligación de comprarlo.	Ingresos por US\$7.500 millones según capacidades de Fundición y Refinerías 2011.
	Reducción en volúmenes de material transportado	En la actualidad en transporte de cátodos se gasta US\$47 millones, equivalentes a US\$60 millones menos que al transportar concentrados.
	Obtención de Premio por cátodo grado A electro-refinado	Según los valores entregados por el área comercial, el premio en el año 2012 es de 102 US\$/TM, lo que, ponderado por la producción de cátodos de Codelco, asciende a la suma de US\$105 millones
Desventajas	Codelco se encuentra en el último cuartil de costos de la industria	Costos de operación de Fundiciones y Refinerías equivalentes a US\$470 millones.

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de los cátodos, las ventajas ascienden a US\$8.000 millones, sin considerar la reducción de gastos asociados a transporte, sin embargo el hecho de garantizar la venta del producto es el factor que tiene un mayor monto asociado. Las desventajas solamente corresponden a los altos costos que posee la industria de Codelco, montos que ascienden a una suma cercana a los US\$500 millones.

X. ESTRATEGIA DE NEGOCIOS

El análisis realizado indica que Codelco no posee ventajas competitivas en la Fundición y Refinación de cobre. Sin embargo el mercado ofrece bajos costos, como es el caso de China en que los costos son en promedio 5 veces menores que Codelco, y un remanente de capacidad de fundición que permitirían a Codelco aumentar sus utilidades.

Por esto, Codelco podría aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado y cambiar los porcentajes de su cartera de productos, aumentando el porcentaje de venta de concentrados sobre el 18% de su producción esperado para el 2012.

Sin embargo, debido a los montos asociados a las ventajas que genera el procesar los concentrados en una instalación propia en el mismo país donde se producen, se recomienda realizar una evaluación económica de esta alternativa en distintos escenarios.

XI. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS Y EVALUACIÓN ECONOMICA

Por lo tanto, los escenarios a evaluar corresponderán a:

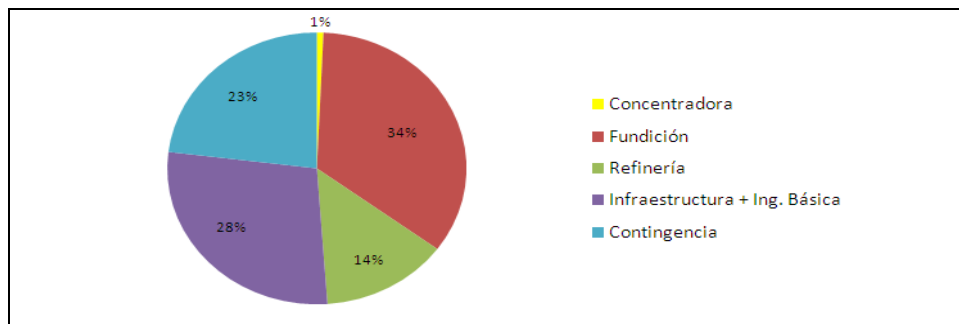
1. Vender el 100% de los excedentes como concentrado.
2. Inversión en una fundición de capacidad 1.200.000 toneladas en la zona norte.
3. Inversión en una fundición para procesar la totalidad de los excedentes.

Para desarrollar la Evaluación Económica se utilizó como referencia un informe interno de Codelco²⁵, que corresponde al estudio más reciente sobre la construcción de una nueva planta de Fundición y Refinación para el tratamiento de los excedentes de concentrado en la zona Norte de Chile, el cual considera los siguientes puntos.

- El proyecto considera la construcción de una planta con capacidad de 1 millón 400 toneladas de concentrado por año con una inversión asociada de US\$2.540 millones.

Esta inversión se desglosa en:

Figura N°40: Componentes y porcentajes asociados para inversión



Fuente: Análisis de Escenario FURE-PEX 2012

²⁵ “Análisis de Escenario FURE-PEX 2012”, Vicepresidencia de Operaciones Norte de Codelco

- La construcción de la Fundición y Refinería propone dos alternativas: un programa de desarrollo normal de 8 años y un desarrollo acelerado de 6.
- La nueva instalación corresponde a una fundición y refinería de última generación, capaz de cumplir estándares ambientales con una capacidad de captura de emisiones de Azufre y Arsénico de un 98%, superando la nueva norma y adelantándose a escenarios futuros.
- Los costos de operación de la nueva fundición son de 19,5 c/lb, lo que equivale a la planta con menores costos en Chile y que incluso se encuentra bajo el promedio de la industria. Sin embargo estos costos son mayores que los costos en Japón y China según la tabla 23.
- Los costos de operación para la nueva refinería son de 6 c/lb.
- Dada la tecnología de esta FURE, las recuperaciones de minerales son de un 98% para el cobre, un 95% de oro y un 87% de plata.

Sobre esta información se harán los siguientes supuestos:

1. Si bien la localización de esta planta fue determinada en base a la optimización de los costos asociados al transporte de concentrados excedentes de la zona norte, se acepta también como solución para los excedentes de la zona centro, manteniendo sus costos.
2. Las valoraciones de la venta de concentrado se realizarán según las fórmulas señaladas en las Orientaciones Comerciales de Codelco, las cuales se incluyen en el Anexo C.
3. Para los precios del cobre, oro, plata, ácido sulfúrico, transporte, cargos por fundición y refinación se utilizarán los valores proyectados en las Orientaciones Comerciales, los cuales son:

Tabla N° 31: Precios Orientaciones Comerciales

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	LP
Precio Cobre (c/lb)	350	346	313	274	258	264	257
TC (US\$/tms)	65	84	129	119	119	120	120
RC (c/lb)	6,5	8,4	12,9	11,9	11,9	12	12
Plata (US\$/oz)	34	31	28	20	18	14,9	14,9
Oro (US\$/oz)	1.750	1.600	1.430	1.200	1.000	930	930
Acido (US\$/t)	85	80	75	75	70	70	75

Fuente: Orientaciones Comerciales

4. Se considerará la construcción de la Fundición y Refinería en un programa de desarrollo acelerado, proceso que toma 6 años.
5. En caso de construir una fundición y refinería de mayor tamaño, se considerará una inversión proporcional a la indicada en el informe previamente descrito en el mismo horizonte de tiempo.
6. Los primeros 6 años de la evaluación económica son comunes en ambos escenarios y corresponden al período de construcción de la planta.
7. Si bien el proyecto asume recuperaciones del 98% del Cobre, 95% del Oro y 87% de Plata, según opinión experta²⁶ se considerarán todas estas recuperaciones en 98%. La recuperación de ácido sulfúrico se mantiene en 98%.
8. El excedente a la venta correspondiente a la división Radomir Tomic II presenta la característica de no poseer oro ni plata como subproducto y presenta un bajo contenido en arsénico²⁷. Sin embargo esta información está sujeta a cambios en los próximos años.
9. La tasa de descuento considerada será de un 8%, que corresponde a la tasa que maneja Codelco para la evaluación de sus proyectos.
10. Se consideran como variables críticas o con mayor incidencia los TC/RC, costos de logística y transporte, costos de operación de la fundición y el monto de inversión. Estas variables pueden ser modificadas y así valorar su repercusión en el VAN del negocio.

En base a todos estos supuestos, se procede a realizar la valorización económica para estos dos escenarios, que entregan los siguientes resultados.

XII. RESULTADOS

En base a la evaluación económica realizada los resultados sin considerar impuestos ni depreciaciones fueron los siguientes:

Tabla N° 32: Resultado alternativa Venta de 100% de concentrados excedentes

VAN Venta Concentrados	US\$	28.679.391.690
------------------------	------	----------------

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

²⁶ Opinión experto Alexander Leibbrandt, Subgerente de Ventas de Cobre no Refinado

²⁷ Información según Plan de Negocio y Desarrollo 2012

Tabla N° 33: Resultado alternativa Procesamiento de 1.200 kt de concentrados excedentes en nueva Fundición y Refinería

VAN Nueva FURE 1.200	US\$	28.488.501.007
----------------------	------	----------------

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Tabla N° 34: Resultado alternativa Procesamiento de totalidad de concentrados excedentes en nueva Fundición y Refinería

VAN Nueva FURE 100%	US\$	29.313.342.405
---------------------	------	----------------

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Lo que muestra que, económicamente, la venta de concentrados es una mejor alternativa que construir una nueva fundición de capacidad de 1.200 kt de concentrado, pero no supera al procesamiento de la totalidad de los excedentes.

El escenario de construir una nueva fundición y refinería, en cualquiera de los casos, se ve respaldado por el hecho que los TC/RC de largo plazo proyectados son mayores que los costos de operación de una nueva planta.

Las inversiones asociadas en cada una de las alternativas se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla N° 34: Inversiones en cada una de alternativas

	Inversión	VP Inversión
Venta 100% Concentrados	No Disponible	No Disponible
FURE 1.200 ktms + Venta Concentrado	\$ 2.540.000.000	\$ 1.707.761.950
FURE 100% (FURE 3.200 ktms)	\$ 5.803.103.454	\$ 3.612.685.648

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Por lo tanto la diferencia de VAN con respecto a la alternativa de concentrados entrega los siguientes resultados:

Tabla N° 35: Resumen de alternativas

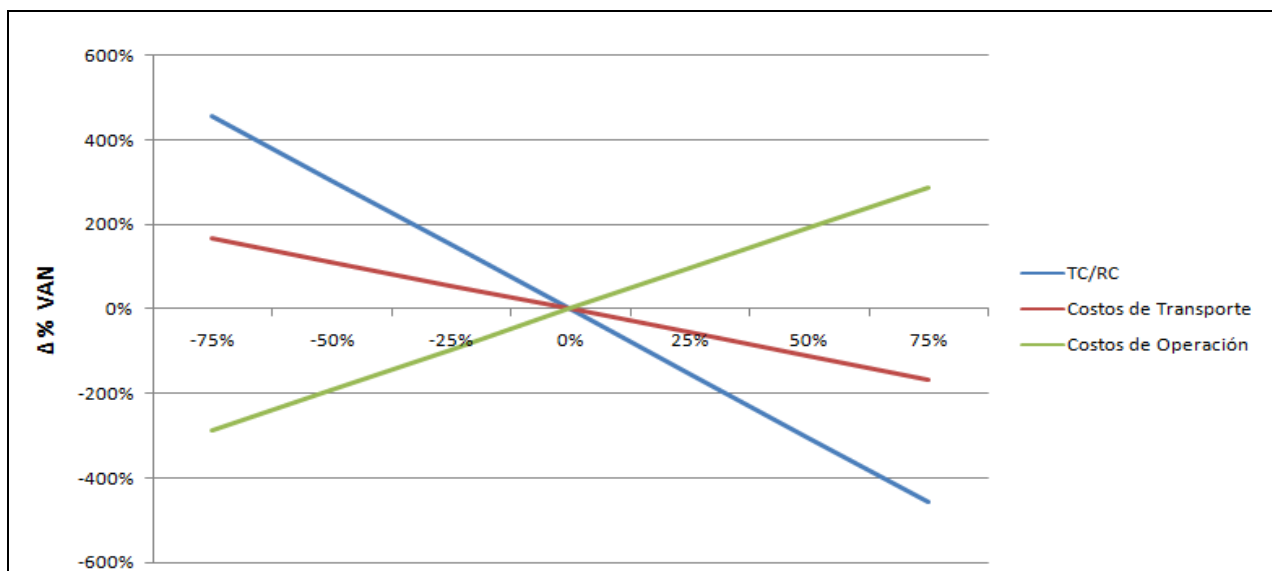
	Δ VAN
VAN (Venta 100% Cucons - FURE 1.200)	\$ 190.890.682
VAN (Venta 100% Cucons - FURE 3200)	\$ - 633.950.716

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Donde para la alternativa de procesar el 100% de los concentrados de cobre en una fundición y refinería propia se sostiene con un precio del cobre superior a 130 c/lb en el largo plazo, aproximadamente.

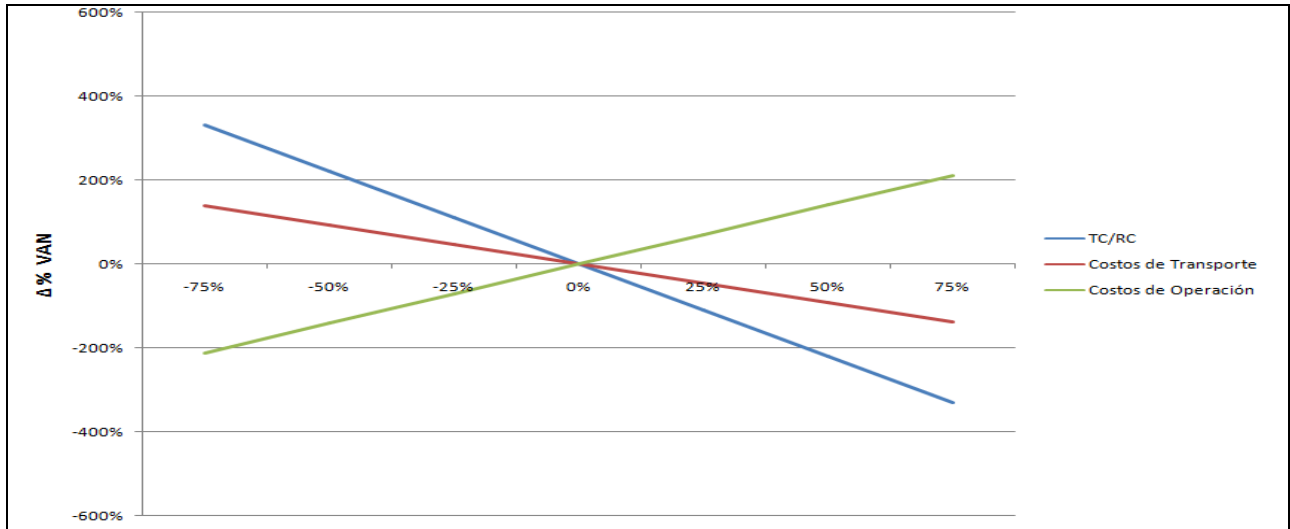
Realizando sensibilidad a las variables consideradas relevantes para cada una de las alternativas se construyen los siguientes gráficos:

Figura N°40: Sensibilización de variables Alternativa FURE capacidad 1.200 ktms



Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Figura N°41: Sensibilización de variables Alternativa FURE capacidad 3.200 ktms



Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Lo que detalladamente se explica a continuación:

- *Cargos por Fundición y Refinación:*

Para la alternativa de una Fundición intermedia de 1.200 ktms, el valor de TC/RC de largo plazo que generaría que el negocio de construir una fundición y refinería por parte de Codelco sea más atractivo que exportar los concentrados son de 140 US\$/ton de concentrado y 14 c/lb. Cualquier inferior a este mantiene la opción que el negocio de vender concentrados sea más rentable que el construir una nueva FURE.

En la alternativa de procesar el 100% de los excedentes en fundiciones propias la Fundición y Refinería se mantiene favorable con un TC/RC de 92 US\$/ton y de 9,2 c/lb respectivamente.

- *Costos de transporte y logística*

El costo de transporte es la variables menos incidente en la evaluación económica. Esto se pudo ver en las figuras 40 y 41, donde las rectas rojas correspondientes al costo de transporte son las que presentan una menor pendiente.

Monetariamente esto se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 36: Sensibilización frente al costo de transporte (US\$ Millones)

Variación de Costos de Transporte	-75%	-50%	-25%	0%	25%	50%	75%
VAN Cucons - VAN FURE 1200	\$ 512	\$ 405	\$ 298	\$ 190	\$ 83	-\$ 23.	-\$ 131
VAN Cucons - VAN FURE 3200	\$ 246	-\$ 47	-\$ 340	-\$ 633	-\$ 927	-\$ 1.220	-\$ 1.514

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Lo cual cobra sentido ya que al aumentar los costos de transporte, debido al alto volumen que significa transportar concentrados de cobre, aumentar los costos de transporte significa beneficiar a la alternativa de fundir y refinar en el país de modo de reducir estos volúmenes.

- *Costos de operaciones de la(s) Fundición(es) y Refinería(s)*

De igual forma que para los costos de transporte se analizará la sensibilidad de los escenarios ante un aumento y una disminución en estos costos:

Tabla N° 37: Sensibilización frente a los costos de operación de la Fundición y Refinería (US\$ millones)

Variación de Costo de Operación	-75%	-50%	-25%	0%	25%	50%	75%
VAN Cucons - VAN FURE 1200	- \$ 355	- \$ 173	\$ 8	\$ 190	\$ 373	\$ 555	\$ 737
VAN Cucons - VAN FURE 3200	- \$ 1.978	- \$ 1.530	- \$ 1.082	- \$ 633	- \$ 185	\$ 262	\$ 710

Fuente: Elaboración Propia en Base a Resultados Obtenidos

Donde una disminución de los costos de operación de las plantas favorecen a las alternativas de la construcción de una planta, sobre todo frente a un aumento en los TC/RC de largo plazo.

XIII. CONCLUSIONES

Las normativas ambientales van en aumento en todo el mundo. La captación de emisiones de contaminantes es cada vez más estricta en todas las regiones y no se aprecia que algún país pueda presentar alguna ventaja sostenible en el tiempo sobre el resto.

En cuanto al transporte de concentrados, en la actualidad ya existen penalidades por sobre el 0,2% de arsénico contenido en estos e incluso en algunos países de Europa y otros en Asia, como Japón, no reciben concentrados con un contenido mayor a 0,1%, por lo cual la valoración de la venta del 100% de los excedentes de concentrado de

Codelco corresponde a un escenario optimista respecto a lo que pueda ocurrir en el mercado.

En el aspecto tecnológico, los mayores desarrollos se aprecian en Europa, Japón y China, donde estos últimos cuentan además con la ventaja de tener bajos costos de mano de obra, que llegan a ser incluso 8 veces menor que el costo de Codelco.

Considerando el gran problema eléctrico que enfrenta el país, y siendo esta la segunda variable que más incide en la evaluación económica, en caso que los costos de operación de una nueva planta de Fundición y Refinería aumenten en un 35% con respecto al valor esperado, la alternativa de vender concentrados se vuelve conveniente, por lo que se debe considerar esta variable frente a la crisis energética por la que atraviesa Chile.

El tratamiento de concentrados en las Fundiciones y Refinerías de Codelco posee costos superiores al promedio, asociados a instalaciones antiguas con altos costos de mantención y a mano de obra.

Estas plantas generan actualmente pérdidas para Codelco, sin embargo, existen otras compañías que poseen estos negocios en Chile con menores costos, obteniendo utilidades y aseguran sus ventas.

Por las razones antes descritas y la evaluación económica realizada en este trabajo se valida que el negocio de Fundición y Refinería puede ser rentable a altos volúmenes si se cuenta con tecnología de última generación.

Codelco da solución al problema de volúmenes gracias a las grandes cantidades excedentarias que generarán la puesta en marcha de los nuevos proyectos estructurales, y si a esto se suma que el 40% de los concentrados a nivel mundial son producidos en Latinoamérica, esto genera más oportunidades de abastecerse de mineral dentro de la región.

El problema de desarrollo tecnológico no tiene solución dentro de la compañía por lo que estas tecnologías deben ser adquiridas de empresas líderes en el rubro.

En el corto plazo Codelco simplemente debe poner sus concentrados a la venta en el mercado y realizar las inversiones necesarias para la logística de éstos, enfocándose en infraestructura de mina, vial, de transporte y portuaria.

En el largo plazo, debido a las estrictas restricciones ambientales, además de los grandes volúmenes de producción que se obtendrán de los proyectos estructurales y su dificultad desde el punto de vista logístico, fundamentado sobre los valores que entrega la presente evaluación económica, se concluye que el negocio de Fundición y Refinería puede ser conveniente incluso en Chile, país que presenta altos costos de mano de obra y ubica a sus fundiciones y refinerías con costos sobre el promedio, garantizando la venta de productos que pueden ser incluso imposibles de comercializar.

XIV. RECOMENDACIONES

Profundizar en el estudio de Fundiciones y Refinería incorporando factores de riesgo asociados a la no venta de concentrados, debido a las normativas ambientales y contenidos de arsénico, y a los efectos en tarifas asociadas al incremento en los volúmenes de concentrados transportados.

Sobre las inversiones:

- Corroborar los montos asociados a la inversión para la construcción de una nueva Fundición y Refinerías. Si bien estos montos corresponden a un estudio realizado el año 2011 suponiendo tecnología de última generación, pueden existir más opciones sobre todo por el alto monto asociado que presenta el desarrollo de estas instalaciones.
- Verificar el desglose y porcentajes de la inversión en fundiciones y refinerías que se efectúan año a año para proyectos que puedan ser comparables. Esto permitirá llegar a estimaciones más cercanas a como ocurren los flujos monetarios en la realidad.

Sobre el escenario de venta del 100% de los excedentes:

- Validar montos de inversión para venta de concentrados.
- Tal como se mencionó al principio, incorporar variables críticas como el contenido de arsénico y nuevas normativas ambientales para el transporte de concentrados.

Sobre otros proyectos de Fundición y Refinación

- Según opinión experta²⁸, es necesario realizar comparaciones con algunas fundiciones instaladas recientemente en la industria, sobre todo en lo que respecta a las recuperaciones de los subproductos que se obtienen a través de los procesos de fundición y refinería.

²⁸ Opinión experto Alexander Leibbrandt, Subgerente de Ventas de Cobre no Refinado

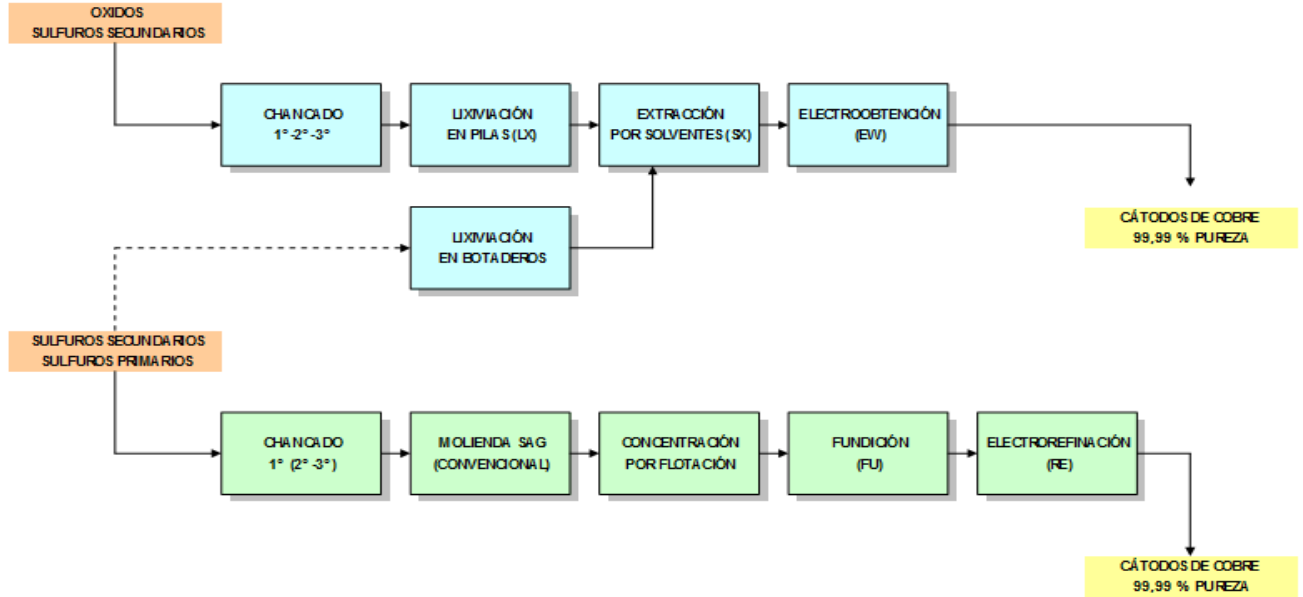
XV. BIBLIOGRAFÍA

- Checura Ibaceta, Jorge (2009) Prefactibilidad técnica y económica de una planta productora de concentrado de hierro. Memoria para optar al título de ingeniero civil industrial. Universidad de Chile.
- Labraña Pérez, Cecilia de los Ángeles (2009) Plan estratégico para la dirección de deportes y actividad física de la Universidad de Chile orientado al deporte de representación. Memoria para optar al título de ingeniero civil industrial. Universidad de Chile.
- Contexto internacional de normativas para fundiciones y refinерías, Vicepresidencia de Operaciones Norte, Codelco.
- Análisis de escenarios FURE PEX, Vicepresidencia de Operaciones Norte, Codelco.
- Requerimientos Logísticos Negocio FURE Evaluación Técnica Económica del Proyecto, Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo Distrital, Dirección de Desarrollo y Tecnología, Vicepresidencia de Operaciones Norte, Codelco.
- Antecedentes Técnicos y Económicos para sustentar escenarios de regulación en norma de emisión para fundiciones, Codelco, Chile.
- Memoria Anual 2011, Codelco.
- Plan de Negocio y Desarrollo 2011.
- Plan de Negocio y Desarrollo 2012.
- “Clasificación de Peligrosidad: Concentrados de Cobre”, Vicepresidencia de Comercialización, Abril 2012, Codelco.
- Hernández, Diego (2011) “Proyecciones y desafíos de Codelco”. En “Simposium de Ingeniería en Minas 2011), 16-19 de Agosto de 2011. Santiago, Chile.
- Codelco Update, Julio 2011.
- Chile, Ministerio del Medio Ambiente, 2012, Resolución Exenta N° 0536: Aprueba de anteproyecto de norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico.
- Chile, Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2003, D.S. N° 113/02: Norma de calidad primaria de aire para dióxido de azufre (SO₂)

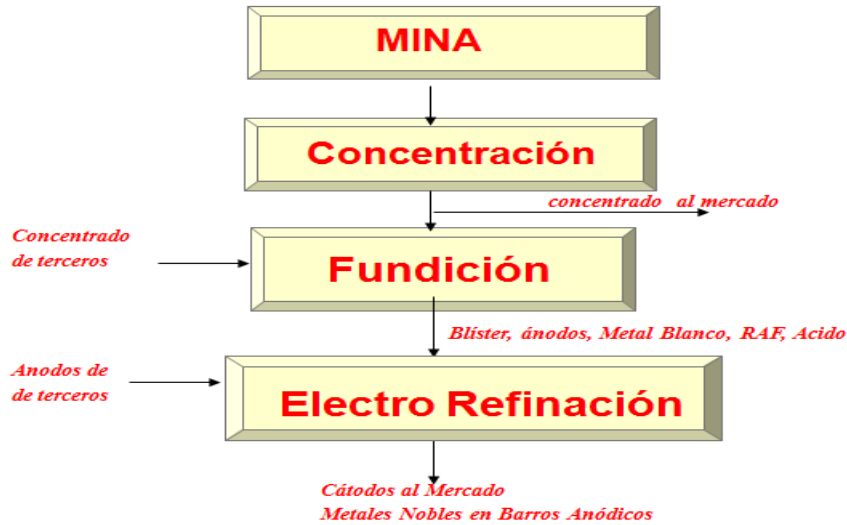
- Chile, Secretaría General de la Presidencia de la República, 1999, D.S. N°165/99: Norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire.
- Lukio Co., Ltd 2005, Environmental Protection Technology at Smelter, Japan Oil, Gas and Metals National Corporation.
- Fushan Shang, Bo Zhao, Shaofu Duan, Zunbo Zhou, 2010, Sustainable Development of the Chinese Copper Market, International Institute for Sustainable Development, Canada.
- Codelco Chile, www.codelco.cl
- Comisión Chilena del Cobre, www.cochilco.cl
- “La Matriz FODA como fuente estratégica”, <http://manuelgross.bligoo.com/la-matriz-foda-como-fuente-de-estrategias-actualizado>
- Minería Chilena, www.mch.cl
- ICIS PentaSul, www.icis.com/fertilizers/sulphur
- Hax, Arnoldo y Majluf, Nicolás, 2004, Estrategias para el liderazgo competitivo: de la visión a los resultados, Ediciones Granica de Chile S.A., Santiago, Chile
- República de China, 2011, El XII Plan Quinquenal de la República Popular China , Oficina Económica y Comercial de la embajada de España en Shanghai.
- Brook Hunt, Edición 2010.
- Brook Hunt, Edición 2011.
- Brook Hunt, Edición 2012.

XVI. ANEXOS

Anexo A: Proceso del cobre 1



Anexo B: Proceso del cobre 2



Anexo C: Variables definidas en las Orientaciones Comerciales

Precio del Cobre = LME en ¢US\$/lb

Descuento Combinado = T/C /Ley Cucons /22.046 + R/C * (1- Deduc. Metal.)

Deducciones Metalúrgicas = Deduc. Metal. * Precio Cobre

Crédito Oro = $\max(0; (\text{Cont.Au}-\text{Deduc.Au})/2204,6 * (\text{Precio Au} * 32.1507) / \text{Contenido de Cu} * 100)$

Crédito Plata = $\max(0; (\text{Cont.Ag}-\text{Deduc.Ag})/2204,6 * (\text{Precio Ag} * 32.1507) / \text{Contenido de Cu} * 100)$

Penalidad As = $\max(0; (\text{Cont.As}-\text{Deduc.As}) * \text{Penalidad} / 0,001 / \text{Ley Cucons} / 22,046)$

Comisiones de Ventas = $(1-\text{deduc.metal})/22,046 * \text{Comisión en US\$/Tmfp}$

Muestreo y Análisis = Muestreo US\$/Tms / Ley Cucons /22,046

Logística nacional = $(\text{Flete, Embarque y Estiba en US\$/Tmh}) / \text{Ley Cucons} * (1-\% \text{humedad}) / 22,046$

Flete MJP = $(\text{Flete en US\$/Tmh}) / \text{Ley Cucons} * (1-\% \text{humedad}) / 22,046$

Anexo D: Resumen de Decreto 165/99 para la emisión de Arsénico

“Las cantidades máximas permitidas de emisión de arsénico al aire no podrán exceder los valores fijados según el tipo de fuente emisora especificado a continuación y en los plazos establecidos” (todos considerando fecha sobre 2003 excepto las señaladas)

Provincia, Región	Capacidad de producción de concentrado de cobre(ton/año)	Máximo permitido (ton/año)	Observaciones
Provincia del Loa II Región	1.400.000	400	En caso de no existir asentamientos humanos dentro de un radio de 8 kms medidos desde la fuente emisora, máximo 800 ton/año
Provincia de Antofagasta II Región	350.000	126	
Provincia de Copiapó III Región	200.000	34	
Provincia de Chañaral III Región	500.000	150	En caso de no existir asentamientos humanos dentro de un radio de 2,5 kms medidos desde la fuente emisora, máximo 800 ton/año
Provincia de San Felipe de Aconcagua V Región	350.000	95 (desde 2000)	
Provincia de Valparaíso V Región	400.000	120 (desde 2000)	
Provincia de Cachapoal VI Región	1.100.000	375 (desde 2001)	