

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

**PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE CONCENTRADOS DE HIERRO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL**

JORGE CHECURA IBACETA

PROFESOR GUÍA:
RODRIGO DONOSO HEDERRA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GERARDO DÍAZ RODENAS
RAFAEL LORENZINI PACI

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2009

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: JORGE CHECURA I.
FECHA: 09/12/08
PROF. GUÍA: SR. RODRIGO DONOSO**

**PREFACTIBILIDAD TECNICO Y ECONOMICA DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE CONCENTRADOS DE HIERRO**

El presente trabajo tiene por objetivo principal la evaluación técnica y económica a nivel de prefactibilidad de una planta productora de concentrados de hierro en la IV región.

Para el desarrollo del presente proyecto se investigó las características del producto y las aplicaciones, la cual es principalmente la producción de acero, el cual indica el nivel de consumo que tiene el hierro. Luego se estudio el mercado del hierro a nivel mundial, para luego enfocarse a nivel nacional, se estudio la normativa ambiental aplicable al proyecto y se estudió el proceso para producir concentrados de hierro. Por ultimo se realizó una evaluación económica a nivel de prefactibilidad junto al análisis de sensibilidad de las variables que podrían afectar el proyecto. La información fue obtenida a partir de diversas fuentes bibliográficas, juicio de expertos e información entregada por la Sociedad Contractual Minera Tambillos (SCMT).

Dado el estudio de mercado y a la cantidad de materia prima o material a procesar para extraer los concentrados de hierro, se decidió estudiar tres escenarios de producción: 17.000 ton/año, 34.000 ton/año y 50.000 ton/año de magnetita. La forma de extraer la magnetita del material será a través de una concentración magnética vía húmeda, dadas las características del material.

Del estudio ambiental se concluyó que el proyecto debe someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), pero se debe analizar si es que se debe entregar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), siendo más sencillo un DIA.

Con la evaluación económica se eligió el escenario de producir 50.000 ton/año de magnetita, cuya evaluación económica sin financiamiento, utilizando una tasa de descuento de un 15% y un horizonte de tiempo de 3,7 años, arrojó un VAN de \$641.392.196 y una TIR de 139%. El proyecto financiado con préstamos bancario (60% de la inversión con el capital de trabajo) arrojó un VAN de \$723.547.942 y una TIR de 303% con una tasa de descuento de 10,73%, resultando esta alternativa más atractiva. El monto de la inversión es de \$173.021.008.

De los resultados obtenidos se concluye que este proyecto es viable a nivel de prefactibilidad, por lo que se recomienda comenzar con el estudio de factibilidad.

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES GENERALES.....	7
1.1.	Introducción.....	7
1.2.	Descripción y justificación del proyecto	8
1.3.	Objetivos.....	9
1.3.1.	Objetivo general	9
1.3.2.	Objetivos específicos.....	9
1.4.	Metodología.....	9
1.5.	Alcances.....	10
2.	INDUSTRIA Y MERCADO.....	12
2.1.	Antecedentes del hierro	12
2.1.1.	Breve introducción al mercado del hierro	12
2.1.2.	Descripción del hierro	13
2.2.	Oferta de hierro.....	14
2.2.1.	Reservas mundiales de hierro	14
2.2.2.	Oferta mundial de hierro.....	15
2.2.3.	Oferta chilena de hierro	17
2.2.4.	Principal productor de hierro en Chile: CMP	18
2.3.	Demanda.....	20
2.3.1.	Demanda mundial.....	20
2.3.2.	Demanda nacional	21
2.4.	Comercialización	21
2.5.	Precios	21
3.	ESTUDIO TÉCNICO.....	24
3.1.	Localización de la planta y origen de la materia prima.....	24
3.2.	Cantidad de materia prima disponible.....	24
3.3.	Capacidad de producción.....	25
3.4.	Descripción del proceso productivo	28
3.4.1.	Obtención de los relaves de los procesos de SCMT.....	29
3.4.2.	Concentración Magnética.....	30
3.4.2.1.	Concentración magnética N°1	32
3.4.2.2.	Concentración magnética N°2	33
3.4.3.	Hidrociclón	35
3.4.4.	Espesador.....	36
3.4.5.	Cancha de secado.....	36
3.5.	Selección de equipos y diseño de las instalaciones	39
3.5.1.	Selección bomba N°1	40
3.5.2.	Selección concentrador magnético N°1.....	41
3.5.3.	Selección bomba N°2	41
3.5.4.	Selección hidrociclón	42
3.5.5.	Selección bomba N°3	42
3.5.6.	Selección concentrador magnético N°2.....	43
3.5.7.	Selección bomba N°4	43
3.5.8.	Selección espesador.....	44
3.5.9.	Selección bomba N°5	44

3.5.10.	Selección cancha de secado.....	45
3.5.11.	Selección bomba N°6.....	45
3.5.12.	Otros.....	46
3.6.	Requerimientos de recursos humanos.....	46
4.	ESTUDIO ASPECTOS REGULATORIOS.....	49
4.1.	Organismos reguladores y fiscalizadores.....	49
4.2.	Legislaciones Ambientales.....	50
5.	EVALUACION ECONOMICA.....	53
5.1.	Inversión.....	53
5.2.	Precio de venta.....	56
5.3.	Ingresos esperados.....	56
5.4.	Costos.....	57
5.4.1.	Costos Fijos.....	57
5.4.1.1.	<i>Sueldos del personal</i>	57
5.4.1.2.	<i>Mantenimiento</i>	58
5.4.2.	Costos Variables.....	58
5.4.2.1.	<i>Consumo de energía eléctrica</i>	58
5.5.	Depreciación de activos fijos.....	59
5.6.	Capital de trabajo.....	60
5.7.	Valor residual.....	60
5.8.	Flujo de caja.....	60
5.9.	Análisis de sensibilidad caso sin financiamiento.....	62
5.10.	Evaluación económica con financiamiento.....	64
6.	CONCLUSIONES.....	67
7.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	69
8.	ANEXOS.....	70
	Anexo 1: Antecedentes generales.....	70
	Anexo 1.1: Reportaje El Mercurio.....	70
	Anexo 1.2: Etapas de un proyecto.....	71
	Anexo 2: Industria y mercado.....	72
	Anexo 2.1: Cantidad de reservas de hierro por país.....	72
	Anexo 2.2: Principales compañías productoras mundiales de mineral de hierro.....	72
	Anexo 2.3: Propiedades e instalaciones de CMP.....	73
	Anexo 3: Estudio técnico.....	75
	Anexo 3.1.: Procesos para la producción de concentrados de cobre.....	75
	Anexo 3.2.: Propuesta técnica de bombas.....	76
	Anexo 3.3.: Listado de concentradores magnéticos.....	78
	Anexo 3.4.: Selección bomba N°1.....	79
	Anexo 3.5.: Selección bomba N°2.....	80
	Anexo 3.6.: Selección hidrociclón.....	81
	Anexo 3.7.: Selección bomba N°3.....	82
	Anexo 3.8.: Selección bomba N°4.....	83
	Anexo 3.9.: Selección bomba N°5.....	84
	Anexo 3.10.: Selección cancha de secado.....	85
	Anexo 3.11.: Selección bomba N°6.....	87
	Anexo 3.12.: Diagrama de Flujo Másico (estudios de SCMT).....	88
	Anexo 3.13.: Ejemplo cálculos caso 50.000 ton/año.....	89

Anexo 4: Estudio aspectos regulatorios	91
Anexo 4.1.: Consideraciones evaluación de impacto ambiental	91
Anexo 5: Evaluación económica	94
Anexo 5.1.: Cotización equipos.....	94
Anexo 5.2.: Calculo de consumo de energía (Kwh).....	103
Anexo 5.3.: Calculo del capital de trabajo.....	104
Anexo 5.4: Flujo de caja.....	105

Glosario

Alto horno:	horno de gran altura para fundir y reducir minerales de óxido de fierro.
Arrabio:	fundición de fierro con alto contenido en carbono que es producida por el alto horno. Se utiliza como materia prima para la obtención de acero.
Carbón Coque:	carbón mineral del cual se han eliminado por calcinación los contenidos volátiles.
COCHILCO:	Comisión Chilena del Cobre.
CMP:	Compañía Minera del Pacífico.
Ley del mineral:	corresponde al porcentaje del mineral presente en una determinada muestra. Por ejemplo, cuando se habla de una ley del 1% de fierro, significa que en cada 100 kilogramos de material sólido hay 1 kilogramo de fierro puro.
Mineral de fierro:	es una formación rocosa que contiene minerales en una concentración suficiente como para hacerla apta para la minería.
Pellet:	pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido. El término es utilizado para referirse a diferentes materiales.
Reducción Directa:	procedimiento que consiste en triturar el mineral de fierro y pasarla por un reactor con los agentes reductores, con lo que algunos elementos no convenientes para la fusión del fierro son eliminados. El producto es el fierro esponja (pellets de fierro) utilizados directamente para la producción de acero.
SCMT:	Sociedad Contractual Minera Tambillos.
TDH:	altura total dinámica.
USGS:	Servicio Geológico de Estados Unidos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Introducción

Según el informe, “Mercado internacional del hierro y el acero” elaborado el año 2008 por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), el sector minero en los últimos años ha experimentado un gran crecimiento. Esto se debe principalmente al aumento de la demanda y con esto, al alza de los precios. Para el año 2009, y como lo indica un reportaje de El Mercurio (como fuente Reuters) que se encuentra en el anexo 1.1, debería permanecer estable el precio de hierro durante el 2009.

Específicamente, en el caso del hierro, la demanda mundial no es medida directamente debido a los variados y complejos procesos de elaboración, pero si existen indicadores alternativos para medirla, como la producción mundial de acero crudo, de arrabio (pig iron) en altos hornos y la de hierro metálico obtenido por procesos de reducción directa (DRI), que muestran un gran crecimiento y con esto el aumento en el consumo del hierro.

Por su parte, Chile, muestra una tendencia al alza en la producción desde el año 2002 en adelante, luego de la fuerte disminución entre el 2001 y 2002 producto de los coletazos de la crisis asiática que tuvo nefastas repercusiones en los negocios de occidente, sobre todo en el mercado del acero que es el principal consumidor de mineral de hierro.

Dada el alza de la demanda, algunos de los productos obtenidos del hierro, han tenido un significativo aumento en sus precios, llegando a estar a precios históricos, cosa que hace muy interesante entrar en este mercado. Para el año 2009, y como también se menciona en el artículo de El Mercurio, la demanda por el acero debiera comenzar a bajar y con esto no deberían seguir las alzas del precio de hierro, pudiendo haber llegado ya a su máximo valor. A futuro, y aunque se conoce que en la actualidad (2008) existe una crisis económica mundial, no se espera que el mercado baje bruscamente su crecimiento, dado que China y India, pese a bajar su consumo de acero y poder presionar a una baja en el precio del hierro, están tomando medidas para reactivar sus respectivas economías para seguir creciendo, y esto debería repercutir en que se seguirá consumiendo acero, y con esto hierro, como lo han hecho estos últimos años.

1.2. Descripción y justificación del proyecto

La Sociedad Contractual Minera Tambillos (SCMT) fue creada en el año 2005 como continuadora de las actividades mineras de las compañías del grupo Errázuriz. Sus objetivos societarios son la evaluación, desarrollo y explotación de yacimientos mineros, el procesamiento y venta de sus productos, así como el desarrollo de empresas complementarias.

Esta empresa posee una mina de cobre situada en Tambillos, cercano a Coquimbo, de donde se extrae el material a ser procesado por la planta concentradora de cobre. De este proceso se producen excedentes de la concentración de cobre, en adelante relaves, de los cuales se podrá obtener concentrados de hierro. El concentrado de hierro se obtendrá a partir de la concentración magnética del hierro contenido en los relaves del procesamiento de cobre que realiza SCMT, dispuestos en embalses de relaves ubicados al interior del predio industrial de SCMT. Estos relaves poseen un contenido de hierro total aproximado al 15%, y se encuentran acumulados en cuatro embalses.

Mediante el proyecto que se describe en los siguientes capítulos, SCMT procesará dichos relaves para la obtención de concentrado de hierro magnético (magnetita). Es por esto que SCMT encarga el estudio de prefactibilidad de una planta para procesar estos excedentes mineros para la obtención de concentrados de hierro, cuya venta directa será a la Compañía Minera del Pacífico (CMP), el cual es el principal productor de hierro nacional.

Por otro lado, se desea aprovechar la oportunidad del mercado, es decir el aumento de la demanda y con esto el precio de los productos de hierro, que según el informe, “Mercado internacional del hierro y el acero” elaborado el año 2008 por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), debería seguir aumentando, y que para el año 2009, según el artículo de El Mercurio en el anexo 1.1, se debería mantener el precio.

Para el actual trabajo se prestó ayuda de parte de SCMT, especialmente en la parte técnica de esta memoria, con el objetivo de obtener una visión general del proyecto más cuantitativa, dado que a simple vista el proyecto sin ser estudiado y sólo con un análisis general de expertos, el proyecto debiera ser viable llevar a cabo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la prefactibilidad técnica y económica de una planta de concentrados de fierro a partir de los relaves de cobre en la planta de SCMT en la IV región.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio del mercado internacional y nacional del hierro (oferta y demanda).
- Evaluar una opción técnica para la obtención de concentrados de hierro a partir de los relaves de cobre generados por SCMT.
- Definir la estructura organizacional de la planta que sea acorde al proyecto.
- Estudiar los aspectos regulatorios del proyecto.
- Determinar el perfil del proyecto, en cuanto a la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto y los flujos de ingresos y egresos.
- Realizar una evaluación económica y calcular indicadores relevantes (VAN, TIR, PRC).
- Realizar un análisis de sensibilidad.

1.4. Metodología

La metodología a utilizar para el desarrollo del presente trabajo es la que en general utilizan los especialistas para evaluar proyectos¹. A continuación, se presenta una breve descripción de las etapas que son desarrolladas para cumplir con los objetivos planteados:

Para realizar el estudio de mercado, se investigó y estudió la situación del mercado internacional y nacional de la oferta y la demanda de fierro (precios, consumo, comercialización, etc.). Para esto se recurrió a la información disponible en artículos publicados y a juicio de expertos, datos de instituciones y a la Web. Además se analizó las

¹ Preparación y Evaluación de Proyectos, Nassir Sapag.

características del posible comprador de los concentrados de hierro producidos, que en este caso es la Compañía Minera del Pacífico.

Para el estudio técnico del proyecto se recopiló información para conocer el producto, los procesos productivos y las características de los activos e insumos necesarios para la implementación y operación del proyecto, cuya información provino de SCMT, memorias relacionadas con el tema y empresas que producen maquinarias mineras, como las empresas Eriez magnetics o Qijin Magnet Co., en cuyas páginas Web existe información técnica sobre las maquinas a utilizar.

Para los aspectos regulatorios para su producción y comercialización, se recolectó información desde las instituciones gubernamentales.

Con la inversión y los costos que se obtuvieron del estudio técnico y los ingresos que se obtuvieron del estudio de mercado, se pudo realizar la evaluación económica del proyecto.

Para la evaluación económica, se realizaron los flujos de caja para poder calcular los indicadores relevantes y así obtener conclusiones de éstos, tales como el VAN, la TIR y el PRC.

Por último se realizará un análisis de sensibilidad. Para esto se consideraron distintos escenarios probables, cuyas variables a evaluar se obtuvieron a medida que se evaluó el proyecto, que fueron el precio del producto, el tipo de cambio y el precio de la electricidad.

1.5. Alcances

Se debe tener claro que ésta es una evaluación de proyecto, en su etapa de prefactibilidad, y no un análisis técnico en profundidad, cuyas etapas para un proyecto se pueden ver en el anexo 1.2. Es por esto que esta memoria sólo entregará un marco general sobre las técnicas y maquinas necesarias para la obtención de hierro, de donde se elegirá la tecnología que se estime conveniente.

Para este proyecto se supondrá que todo lo producido en SCMT será vendido directamente a CMP a precio de mercado, dado que CMP es el mayor productor nacional

con cerca de un 90% de la producción nacional del hierro como se menciona en el próximo capítulo.

El proyecto a ser estudiado cuenta con 3 etapas. La primera, que ya debería estar en operación desde Noviembre del 2008 y que trata de obtener hierro de las colas de la planta de SCMT, estos es antes de que lleguen los excedentes a los embalses de relave, cuyo proyecto no es considerado en este informe, siendo un trabajo desarrollado directamente por SCMT. La segunda es la obtención de hierro a partir de los relaves dispuestos en los embalses de SCMT y que corresponde al trabajo de esta memoria. Por último, corresponde a la obtención de concentrados de hierro a partir de la minas de hierro que existen en el sector, trabajo a ser estudiado posteriormente por SCMT.

2. INDUSTRIA Y MERCADO

2.1. Antecedentes del hierro

2.1.1. Breve introducción al mercado del hierro¹

La industria del hierro está estrechamente vinculada a la demanda por productos de acero. En un principio, la industria siderúrgica mundial se desarrolló para satisfacer el consumo interno de los países, con bajos niveles de intercambio comercial y con un suministro local o geográficamente muy cercano de materias primas como el mineral de hierro y el carbón coque.

Luego de terminada la Segunda Guerra Mundial, la reconstrucción de Europa y Japón generó una fuerte demanda por acero. De esta forma, la producción de acero, y con esto la del hierro, creció aceleradamente entre los años 1945 y 1973, período que se conoce como la época dorada de la industria del acero.

Las crisis del petróleo de los años 1974 y 1981 marcaron el comienzo de agudas recesiones en el mundo que atentaron contra el crecimiento en la producción de acero y por ende en la demanda de mineral de hierro.

A mediados de la década de los '90 emerge la Republica Popular China. Desde esa época el crecimiento económico de China ha sido tan vertiginoso que ha provocado un profundo impacto en la industria mundial del acero y en el mercado mundial del mineral de hierro. De 73 millones de toneladas de mineral de hierro que China importó el año 2000, este volumen pasó a 208 millones de toneladas en el año 2004.

En la actualidad, con el anunciado crecimiento económico de India, se espera que el mercado siga en crecimiento de productos mineros, como el mineral de hierro para la producción de acero. Es por esto que las principales compañías productoras de mineral de hierro, materias primas y energía ya se encuentran desarrollando estudios para la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros y/o aumentos de la capacidad productiva existente. El año 2008 se está presentando una crisis económica mundial, que podría traer sus

¹ COCHILCO: Mercado Nacional e Internacional del hierro y el acero, 2006.

repercusiones el año 2009, haciendo que la economía mundial entre en recesión y no tenga el crecimiento esperado, es por esto que al proyecto se le deberá realizar un análisis de sensibilidad para conocer el efecto que tendría, por ejemplo, un precio del producto menor al esperado. Pero para el 2009, como lo indica un artículo de El Mercurio que se encuentra en el anexo 1.1, pese a la baja en la producción de acero y con esto a la demanda del hierro, los precios para el 2009 se deberían mantener.

2.1.2. Descripción del hierro

El hierro (Fe) es un elemento químico de número atómico 26 situado en el grupo 8 de la tabla periódica de los elementos. Este metal de transición o elemento situado en la parte central del sistema periódico, es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5%, y entre los metales sólo el aluminio es más abundante.

El hierro es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y un material magnético por excelencia. En contacto con un imán y, en general, cuando es sometido a la acción de un campo magnético, adquiere propiedades magnéticas, esto es, se imana o magnetiza. El magnetismo es una propiedad presente en todo tipo de materiales, pues tiene su origen en los átomos y en sus componentes más elementales. Los elementos que poseen un magnetismo débil se denominan “paramagnéticos” o “diamagnéticos” según su comportamiento. Las sustancias ferromagnéticas, es decir que presentan un magnetismo fuerte, se caracterizan por poseer una elevada permeabilidad magnética. El hierro posee características ferromagnéticas, la cual permitirá que en los procesos productivos sea posible separarlo de los minerales y material que se encuentre presente, mediante el uso de campos magnéticos.

El hierro se encuentra formando parte de numerosos minerales, entre los que destacan los siguientes óxidos: la magnetita (Fe_3O_4), la hematita (Fe_2O_3), la limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$) y la siderita (FeCO_3). Además, se encuentra en otros minerales como: la pirita (FeS_2) y la ilmenita (FeTiO_3). Se puede obtener hierro a partir de estos óxidos como se muestra en la siguiente tabla 2.1.

Tabla 2.1: Minerales de hierro.

Mineral	Fórmula Química	Fe (%)
Siderita	FeCO_3	48,2
Limonita	$\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$	62,9
Hematita	Fe_2O_3	69,9
Magnetita	Fe_3O_4	72,4

Fuente: COCHILCO, Septiembre del 2006.

El hierro tiene su gran aplicación para formar los productos siderúrgicos, utilizando éste como elemento matriz para alojar otros elementos aleantes tanto metálicos como no metálicos, que confieren distintas propiedades al material. Se considera que una aleación de hierro es acero si contiene menos de un 2% de carbono; si el porcentaje es mayor, recibe el nombre de fundición.

2.2. Oferta de hierro

2.2.1. Reservas mundiales de hierro

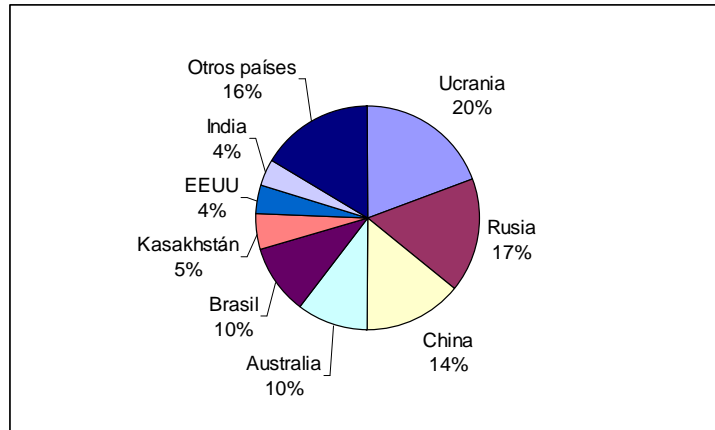
Según información del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), en su edición del 2007, las reservas mundiales de mineral de hierro ascienden a 150.000 millones de toneladas de mineral, lo que equivale a unas 73.000 millones de toneladas de hierro contenido o puro.

Se debe tener presente, al analizar las reservas, la ley del mineral con que se cuenta. Este factor es muy importante y se vuelve clave para determinar qué país presenta los recursos de mejor calidad.

En el gráfico 2.1 se muestran los países que disponen del volumen de reservas más importantes y en el gráfico 2.2 se muestra los países con reservas de hierro contenido más importantes. En éstos gráficos se puede notar que el país con mayor cantidad de reservas es Ucrania, seguido por Rusia, China, Australia y Brasil. Mientras que en el caso de hierro contenido el escenario es distinto, siendo Rusia el líder en reservas de hierro contenido o de

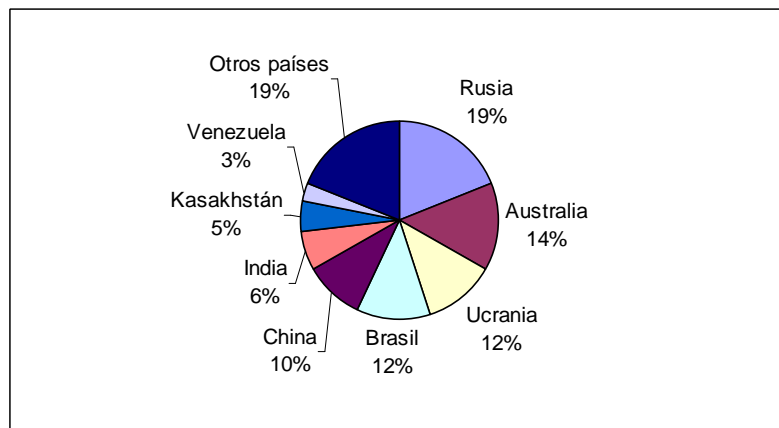
mayor calidad, seguido por Australia, Ucrania, Brasil y China. En el anexo 2.1 se encuentra una lista con la cantidad de reservas de los países más significativos.

Gráfico 2.1: Reservas mundiales de mineral de hierro



Fuente: USGS, 2007.

Gráfico 2.2: Reservas mundiales de hierro contenido



Fuente: USGS, 2007.

2.2.2. Oferta mundial de hierro

Se estima que en el año 2006, según el USGS, la producción mundial de mineral de hierro fue de 1.800 millones de toneladas, lo que equivale a unas 945 millones de toneladas de hierro contenido.

Los principales países productores de mineral de hierro son China (31%) seguido por Brasil (18%) y Australia (16%). En la producción de hierro contenido o de mayor

calidad, el líder mundial es Brasil (22%), seguido por China (21%) y en un tercer lugar se encuentra Australia (18%). En el caso de Chile, tiene una participación de mercado de 0,5% de mineral de hierro y de 0,6% de hierro contenido. Cabe señalar que, existen más de 50 países que producen mineral de hierro en el mundo, pero sólo cuatro de ellos representan un 72 % de la producción total, como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Principales países productores de hierro contenido.

	Producción de mineral de hierro (miles de toneladas)	Part. de mercado (%)	Producción de hierro contenido (miles de toneladas)	Part. de mercado (%)
Brasil	318.000	18%	211.000	22%
China	588.000	33%	194.000	21%
Australia	275.042	15%	170.934	18%
India	160.000	9%	102.000	11%
Rusia	102.000	6%	59.100	6%
Ucrania	74.000	4%	40.700	4%
Estados Unidos	52.700	3%	33.000	3%
Chile	8.629	0,5%	5.235	0,6%
Otros	221.629	12%	129.031	14%
Total	1.800.000	100%	945.000	100%

Fuente: USGS, 2006

En términos de participación de mercado tres fueron las compañías más importantes que extrajeron y transportaron por vía marítima el 75% del mineral de hierro del mundo en el año 2006 como se muestra en el anexo 2.2. Estas compañías fueron: la brasilera Vale, ex CVRD, Companhia Vale do Río Doce (19,9%), la inglesa Río Tinto (12,2%) y la australiana BHP Billiton (8,4%). Podemos observar que este mercado presenta una alta concentración, donde las tres gigantes representan el 40,5% de la producción mundial y 74,6% del comercio marítimo¹.

Estas dos condiciones son las que permiten a Vale, Río Tinto y BHP Billiton ser las primeras en negociar anualmente el precio del mineral de hierro con los principales

¹ COCHILCO, Comisión Chilena del Cobre: Mercado Nacional e Internacional del hierro y el acero, 2006.

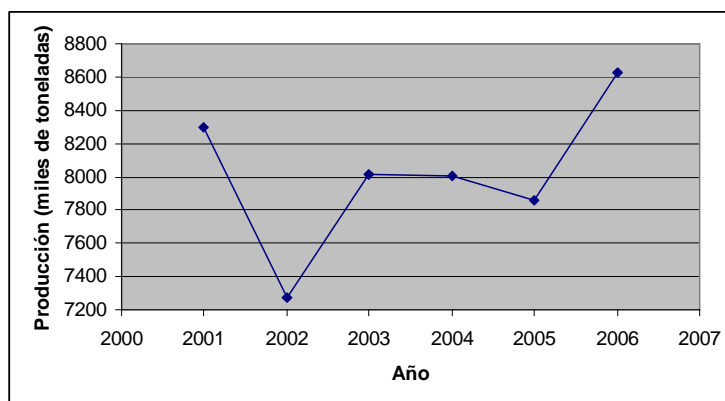
productores de acero, permitiéndoles tener cierto poder para poder fijar precios que a ellos les sean convenientes.

2.2.3. Oferta chilena de hierro

La minería del hierro en Chile ha sido desarrollada tradicionalmente por la Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP), filial del grupo CAP. A su vez, Compañía Minera Huasco (CMH) es una empresa coligada de CMP (50% de la propiedad) y MC Inversiones Ltda. (Filial de Mitsubishi Corporation). Esta empresa produjo cerca de 8,3 millones de toneladas el año 2007, cuyos destinos y cantidad de producción se explican en el siguiente capítulo.

En el gráfico 2.1, se muestra la evolución de la producción de mineral de hierro en Chile desde el año 2001 al 2006, donde destaca la tendencia al alza en la producción desde el año 2002 en adelante, luego de la fuerte disminución de alrededor de un millón de toneladas entre el 2001 y 2002 producto de coletazos de la crisis asiática que tuvo nefastas repercusiones en los negocios de occidente, sobre todo en el mercado del acero que es el principal consumidor de mineral de hierro.

Gráfico 2.1.: Evolución de producción chilena de mineral de hierro.



Fuente: USGS, 2006

Durante el año 2007, la producción chilena de mineral de hierro alcanzó las 9,1 millones de toneladas, aumentando cerca de un 5% con respecto al año anterior, lo que se traducen en cerca de 0,5 millones de toneladas de mineral de hierro.

2.2.4. Principal productor de hierro en Chile: CMP

La Compañía Minera del Pacífico S.A. es titular de pertenencias mineras y concesiones marítimas, instalaciones industriales y portuarias, equipos fijos y móviles, terrenos y edificios. Posee, además, mercedes de agua, concesiones y servidumbres requeridas por las actividades de su giro. Todo esto se detalla en el anexo 2.3.

CMP abastece a diversas siderúrgicas mundiales, siendo el mercado chino el de mayor importancia, y en segundo lugar el mercado nacional, específicamente la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A., como se muestra en la tabla 2.3, mientras que otros mercados para los productos de CMP son Japón, Indonesia y Malasia.

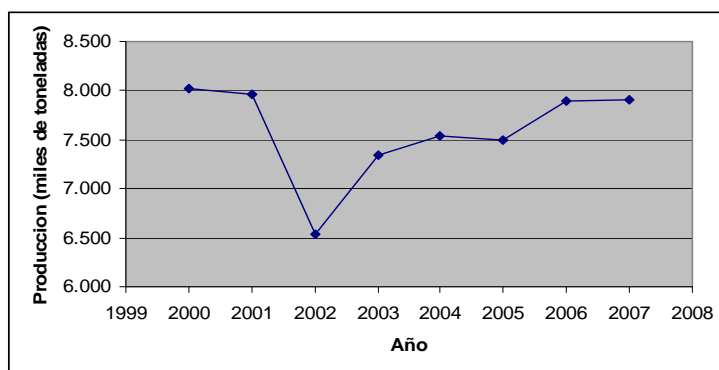
En el gráfico 2.2, se muestra la evolución de la producción de mineral de hierro de CMP desde el año 2000 al 2007. Se puede concluir que con respecto a la producción nacional de mineral de hierro, CMP produce cerca del 90% de esta cantidad, siendo el mayor productor nacional.

Tabla 2.3: Cantidad y porcentaje de sus ventas por país (2007).

	Ventas (miles de toneladas)	Porcentaje
China	3.003	35,8%
Japón	1.680	20,1%
Perú	60	0,7%
Indonesia	980	11,7%
Malasia	542	6,5%
Usa	283	3,4%
Australia	77	0,9%
Chile	1.752	20,9%
Total	8.377	100,0%

Fuente: Pagina Web de CMP, datos del 2007.

Gráfico 2.2: Evolución de producción de CMP de mineral de hierro.



Fuente: Pagina Web de CMP, datos del 2007.

Desde los yacimientos mineros y la Planta de Pellets de CMP en la III y IV Región se producen diferentes productos que son exportados y utilizados como materia prima para elaborar acero, como se muestra en la siguiente tabla 2.4. El pellet feed corresponde al 4,1% de los ingresos de CMP, el pellet autofundente a un 31,5%, el pellet para reducción directa a un 18,2%, los finos a un 4,1%, las granzas a un 7,4% y el pellet chip a un 4,5%.

Tabla 2.4: Productos comercializados por CMP.

Producto	Tipo de Mineral	Utilización	Ley de Fe	Dimensiones
Pellet Feed	Mineral de hierro comercializable de bajo tamaño, que debe ser aglomerado en forma de pellets para utilizarlo como insumo en los altos hornos.	Mineral usado para carga al proceso de aglomeración y producción de pellets.	69%	Menor a 44 micrones
Pellet Básico o Autofundente	Finos de mineral de hierro aglomerados en forma de nódulos. El término autofundente significa que son manufacturados con un aditivo especial de álcali como caliza o dolomita, en una planta de pellet.	Carga directa a Altos Hornos para producción de arrabio.	66%	9 a 16 mm
Pellet de Reducción Directa	Mineral de hierro comercializable aglomerado en forma de pellets, para uso en procesos de reducción directa, que requiere de menores impurezas y mayores contenidos de hierro que el Alto Horno	Carga directa para procesos siderúrgicos por método de reducción directa, que entregan como producto hierro esponja.	66%	9 a 16 mm
Finos	Mineral de hierro comercializable que debe ser generalmente aglomerado por sinterización para posteriormente alimentar un alto horno.	Producto usado en proceso sinterización para producir nódulos (sinter) usados como carga directa a alto horno, para producción de arrabio.	65%	10 a 44 micrones
Granzas	Mineral de hierro comercializable. Es el producto tradicional de las minas de hierro, generalmente se le somete a un proceso de beneficio para separarlo de la ganga, aumentando así su ley de hierro.	Carga directa para producción de arrabio.	63%	10 a 30 mm
Pellet Chip	Pellet que se ha quebrado en su proceso de producción.	Lavado de carbones, formación de lodos usados en perforaciones de pozos petroleros.	65,5% - 66,4%	menor a 9 mm

Fuente: Página Web de CMP.

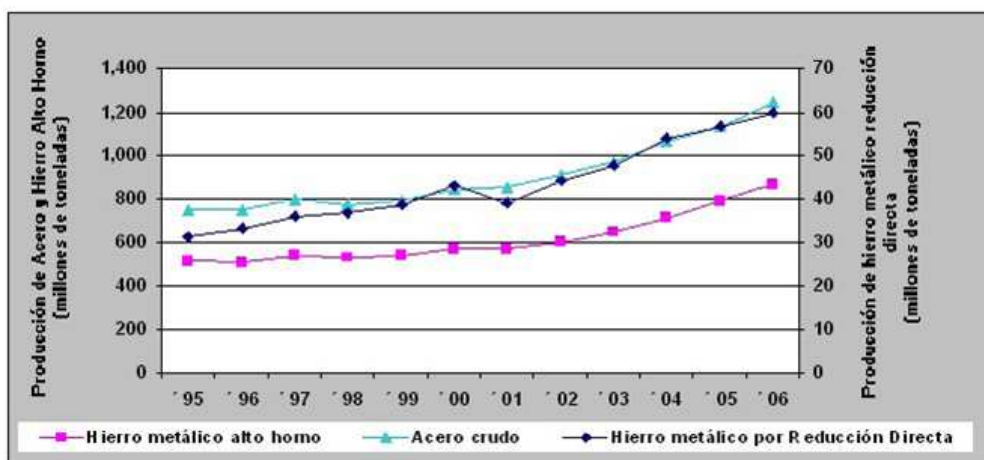
2.3. Demanda

2.3.1. Demanda mundial

El consumo o demanda mundial de mineral de hierro no es medido directamente debido a los variados y complejos procesos de elaboración del fierro. Sin embargo, existen indicadores alternativos como la producción de acero crudo, la producción de arrabio (pig iron) en altos hornos y la producción de hierro metálico obtenido por procesos de reducción directa (DRI), que muestran su evolución.

En el gráfico 2.3 se muestra la evolución de la producción de acero crudo y hierro metálico obtenido a partir de los procesos de reducción directa y altos hornos. La producción de acero crudo es un indicador indirecto (o que no mide de buena manera) del consumo de mineral de hierro, el cual creció un 6,0% el año 2006 con respecto al 2005, y ha mantenido una tasa de crecimiento promedio anual de 5,1% desde el año 2000. Por otro lado, la producción de hierro metálico de alto horno (pig iron), es un indicador directo (o que mide con mucha exactitud) del consumo de mineral de hierro, el cual creció un 10,6%, manteniendo una tasa de crecimiento promedio anual en torno al 7,32%, reflejando la vigorosidad que ha experimentado este mercado. Por último, la producción de hierro metálico por reducción directa creció 5,5% en mismo período y desde el año 2000 ha mantenido en promedio un crecimiento del 4,9% anual.

Gráfico 2.3: Evolución de la producción de hierro metálico y acero crudo



Fuente: Elaborado por COCHILCO en base a Anuario de IISI.

2.3.2. Demanda nacional

Por último, el consumo chileno de mineral de hierro, es decir, mineral de hierro que es usado en Chile y no es exportado como hierro o acero, según estimaciones del Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero (ILAFA), se encuentra en el año 2006 en 587 mil toneladas, un 2,9% más que el año 2005.

2.4. Comercialización

Dada las características del mercado nacional, donde CMP es el principal productor de hierro en Chile, con cerca de un 90% de la producción nacional, y las necesidades que tiene esta empresa por materias primas para poder producir los productos mencionados anteriormente en sus plantas, es que la Sociedad Contractual Tambillos decide producir concentrados de hierro para poder vendérselos a CMP, para que luego estos, en su planta ubicada en el Valle del Elqui, puedan reprocesarlos y mejorar su ley.

La ley con que se piensa vender este concentrado de hierro desde SCMT, dado el proceso productivo que será llevado a cabo, que se explica más adelante, es del 50%, el cual CMP puede luego reprocesar en su planta y venderla como estime conveniente.

Compañía Minera del Pacífico pone como condiciones de compra dos factores primordiales¹:

1. el concentrado de hierro a comprar debe tener un mínimo de un 30% de ley de Fe.
2. el concentrado de hierro a comprar debe tener menor o igual al 10% de agua presente en el material, es decir, debe ser un 90% sólido.

2.5. Precios²

El precio de mineral de hierro se fija cada año por negociación directa entre productores y consumidores, estando ambos interesados en mantener una relación

¹ Información entregada por Juan Munizaga, encargado Proyecto Hierro de SCMT.

² COCHILCO: Mercado Nacional e Internacional del hierro y el acero, 2006.

comercial de largo plazo. Por lo anterior, el productor de acero privilegia las especificaciones técnicas de su producción de acero por sobre el minimizar sus costos de suministro. Esto quiere decir, que prefiere obtener suministros de mayor calidad a un mayor precio, que suministros más baratos pero de menor calidad.

Es así cómo, los precios del mineral de hierro son fijados anualmente en estas negociaciones en las que participan los principales productores mundiales de hierro (Vale, Río Tinto, BHP-Billiton) y las principales compañías siderúrgicas. Esta ronda de negociación de precios y su posterior fijación, se constituye como la base de precios de referencia del mercado internacional, y sirve como precio de referencia para las productoras más pequeñas, como lo es la Compañía Minera del Pacífico.

En el gráfico 2.4 se muestran los precios de referencia, tanto para el mercado europeo como para el japonés desde el año 2000 hasta el año 2007. El panorama de precios para el mineral de hierro se ve bastante auspicioso gracias a la robusta economía china, que ha crecido entre el año 2000 y 2005 a una tasa promedio de 9,4% y el año 2006 un 11,1%. Es así cómo la demanda por mineral de hierro importado por la Republica Popular China aumentó un 24%, lo que representa más de 100 millones de toneladas en el primer trimestre de 2007. Para el 2009, como lo menciona el artículo de El Mercurio en el anexo 1.1, las siderúrgicas chinas bajarán su producción, pero se espera que el precio del hierro no descienda por lo menos ese año, y en un futuro dependerá de cómo siga el crecimiento de China, el cual se espera que en los próximos años sea la máxima potencial mundial sobrepasando a Estados Unidos.

A nivel nacional, el precio del pellets¹ ha tenido un crecimiento promedio desde el año 1997 al 2006 de un 13,1%, siendo los años con mayor alza el año 2005, como se muestra en el gráfico 2.5. Además, se puede notar que el precio del pellet nacional terminó el año con un precio de 73 US\$ la tonelada, el cual el año 2007 y 2008 fueron aún mayores.

A fines del 2007 y comienzos del 2008, el precio de este mineral se incrementó de forma sorprendente alcanzando sus máximos históricos conducidos por el consumo del gigante asiático. El año 2008, como ya se mencionó, se está presentando una crisis económica mundial, que podría traer sus repercusiones el año 2009, haciendo que la economía mundial entre en recesión y no tenga el crecimiento esperado, es por esto que al

¹ Fuente: Anuario SERNAGEOMIN.

proyecto se le deberá realizar un análisis de sensibilidad para conocer el efecto que tendría, por ejemplo, un precio del producto menor al esperado. Pero como ya mencionó, el año 2009, según el artículo de El Mercurio, menciona que Reuters realizó un sondeo entre 15 analistas llegando a la conclusión de que se mantendrán lo precios.

Gráfico 2.4: Comparación de precios de referencia de mineral de hierro

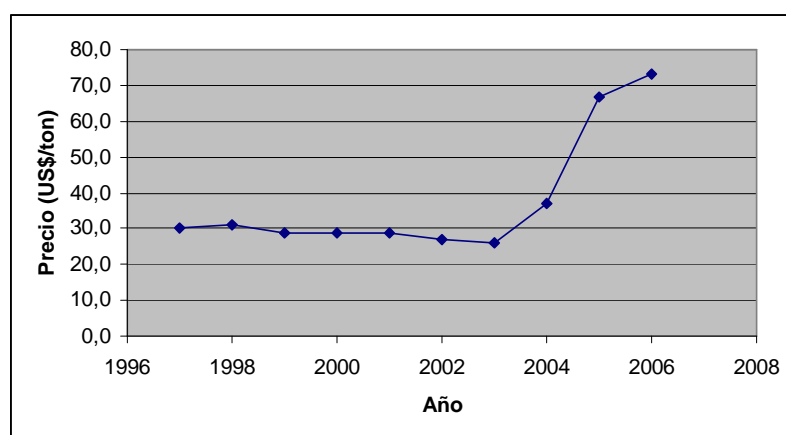
Precios de referencia mercado europeo(US¢/dmtu-FOB) ³	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CVRD-Mineral de Hierro-Finos-Itabira	27,7	28,9	29,1	31,04	36,45	62,51	74,39	81,46
CVRD-Mineral de Hierro-Finos-Carajá	28,8	30,1	29,3	31,95	37,90	65,0	77,35	84,70
CVRD-Pellets-Itabira/Carajá	49,9	52,4	50,4	54,93	63,6	118,57	115,01	121,08
Precios de referencia mercado japonés(US¢/dltu-FOB) ⁴								
Mt Newman/Hamersley-Granzas	36,84	38,03	36,13	39,35	46,67	80,04	95,25	104,30
Mt Newman/Hamersley-Mineral de Hierro	27,79	28,98	28,28	30,83	36,67	62,89	74,84	81,95

Fuente: Elaborado por Cochilco de IISI, Skilling Mining Review, Roskill Consulting Group

3 US¢/dmtu equivale al valor en centavos de dólar pagado por el consumidor por cada 1% de hierro contenido en cada tonelada métrica seca de mineral de hierro

4 US¢/dltu equivale al valor en centavos de dólar pagado por el consumidor por cada 1% contenido de hierro en cada tonelada larga seca de mineral de hierro.

Gráfico 2.5: Precio del pellet nacional



Fuente: SERNAGEOMIN.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización de la planta y origen de la materia prima

Sociedad Contractual Minera Tambillos (SCMT) es una faena minera situada en la IV Región de Coquimbo, Provincia de Elqui, Comuna de Coquimbo, a 2 kilómetros al oeste del caserío de Tambillos. Esta faena minera, se dedica a la extracción de mineral y producción de cobre.

El subproducto mineral del cual se obtendrá el hierro magnético proviene del proceso de concentración de cobre de SCMT. El concentrado de hierro se obtendrá a partir de la concentración magnética del hierro contenido en los relaves del procesamiento de cobre que realiza SCMT. Este excedente de la minería del cobre, es dispuesto actualmente por dicha empresa en embalses de relaves.

La planta de concentrados de hierro se localizará dentro de las instalaciones industriales de SCMT en el lugar antes mencionado, dado que en este predio industrial se encuentra la materia prima o la disponibilidad de recursos para la producción de hierro (relaves de la minería del cobre con contenido de hierro). Además se dispone de terrenos industriales para llevar a cabo el proyecto y, por último, dado la cercanía con la instalación industrial del Valle del Elqui de la Compañía Minera del Pacífico (CMP), a la cual se le venderán los concentrados de hierro para ser reprocesados en ésta instalación.

3.2. Cantidad de materia prima disponible

Según estudios de SCMT, en la planta de beneficios existen más de 3.000.000 toneladas acumuladas en material de relave en los cuatro embalses, generado del proceso de concentración de cobre, a partir de mineral proveniente de la Mina Florida. El material presente en estos relaves tiene leyes potencialmente atractivas de hierro.

En el caso de los tranques más antiguos, N° 1 y 2, que suman 1.000.000 toneladas acumuladas, la ley es de 15,75% de Fe total, además de encontrarse otros elementos como un 0,35% de P (fósforo), 2,5% de S (azufre), menos de un 0,01 de V (vanadio) y un 35% de SiO₂ (óxido de silicio).

Los tranques de relave más nuevos, N° 3 y 4, poseen más de 2.000.000 toneladas acumuladas, con leyes de 21% de Fe Total, 0,28% de P, 2,6% de S, 35% de SiO₂ y menos de 0,01% de V.

Además, los estudios de SCMT, que se encuentran en el anexo 3.12, dicen que luego de realizado el proceso productivo se obtendrán concentrados de hierro con una ley cercana al 50% y además tendrían leyes bajas en P (cercana al 0,02%), V (menores a 0,01%) y SiO₂ (aproximadamente 2%) y valores entre 1 y 2% de S.

Por lo tanto el total de materia prima disponible para el proceso es de 3.000.000 de toneladas de material sólido que no contiene líquido, el cual dependiendo de la cantidad de producción que se fije en el siguiente punto será la duración de ésta materia prima, y por lo tanto, los periodos de evaluación para este proyecto. Por último y para simplificar el estudio, se supondrá que en su totalidad el material disponible posee una ley de un 15% de hierro, es decir, el 15% del material sólido es hierro.

3.3. Capacidad de producción

Como se mencionó en el estudio de mercado, la producción mundial de mineral hierro asciende a 1900 millones de toneladas el año 2007, mientras que el mercado nacional produjo cerca de 9 millones de toneladas anuales, siendo la Compañía Minera del Pacífico (CMP) el mayor productor nacional con cerca de 8 millones de toneladas el 2007. Además, la producción de CMP ha tenido un crecimiento de cerca de un 4% anual desde el año 2002.

Sobre la base de los datos mostrados en el estudio de mercado es posible pensar la factibilidad de producir para el mercado nacional una producción de 50.000 toneladas anuales o una menor producción, y no una mayor producción dado que se podría correr el riesgo de que CMP no quiera comprar el concentrado porque CMP privilegia procesar en su planta de Valle del Elqui el material proveniente de la Mina el Romeral, de la cual son dueños. Por estas razones, y por recomendaciones de SCMT, se realizará un estudio con tres escenarios posibles de producción de concentrado de hierro, que son una producción de cerca de 50.000, 34.000 y 17.000 toneladas anuales, cuyo proceso productivo se explicará en los siguientes puntos, de los cuales se elegirá el escenario más conveniente dado los

ingresos, los costos de operación y la inversión necesaria. Hay que destacar que el mineral obtenido a través del proceso productivo es la magnetita (Fe_3O_4).

Esta producción será vendida a CMP (cumpliendo con la condiciones mínimas requeridas del producto, mencionadas en el punto 2.4), el cual tiene cerca del 90% de la producción nacional, para ser reprocesada en su planta más cercana, que en este caso es la del Valle del Elqui, y así obtener un producto de mayor calidad y por lo tanto mayor precio y luego la venta a sus clientes en el mercado interno o externa según estimen conveniente.

Para conocer la cantidad de material necesaria a procesar para obtener los tres escenarios mencionados se necesitan los siguientes datos y supuestos (todos los cálculos realizados de aquí en adelante en las tablas se encuentran en el anexo 3.13):

1. Calcular la ley de entrada al proceso que tendrá la magnetita de la siguiente forma:

- Como se mencionó, la ley del hierro presente en el relave será de un 15%, es decir, un 15% de material sólido es hierro.
- La magnetita presenta en este hierro es de 68,97%¹.

Con esto se hace el cálculo de la tabla 3.1, el cual multiplica la ley de hierro presente en los relaves con la cantidad presente de magnetita en el hierro, obteniéndose una ley de magnetita de 10,35% presente en el material de relave sólido.

Tabla 3.1: Ley de Fe_3O_4 en material sólido de relave

Ley de Fe en material de relave sólido	% de Fe_3O_4 presente en Fe del relave	Ley de Fe_3O_4 en material de relave sólido
15%	68,97%	10,35%

Fuente: Elaboración propia

2. Calcular el material necesario de materia prima anual necesario para cada escenario:

- Como se ve en el anexo 3.12 (estudios de SCMT) y en el punto 3.4, descripción del proceso productivo, se concluye que del total de magnetita presente en el material de relave, que es del 10,35% como se calculó anteriormente, sólo el 60% de esta magnetita termina el proceso, existiendo una pérdida del 40% que

¹Información entregada por Juan Munizaga, Ingeniero encargado Proyecto Hierro en SCMT.

no se pudo separar del resto del material, por lo que se podría decir que el proceso tiene una eficiencia de un 60%.

Con este dato se puede conocer la cantidad de material necesario o materia prima para obtener las producciones de magnetita que se desean, como lo muestra la tabla 3.2, donde primero se calculó el total de magnetita presente en el material de relave dado que la magnetita que se obtendrá representa el 60% del total de magnetita al inicio del proceso, y luego se calculó el total de material de relave necesario para obtener los escenarios dado que la magnetita presente en el material de relave es el 10,35%. Con esto se obtuvo que para el escenario de una producción de 17.000 se necesita cerca de 274 mil toneladas de material, para el escenario de 34.000 se necesita cerca de 548 mil toneladas de material y para el escenario de 50.000 cerca de 806 mil toneladas de material.

Tabla 3.2: Cantidad de entrada de magnetita.

Escenarios de producción de magnetita (ton/año)	Cantidad de magnetita en material de relave (ton/año)	Cantidad de material de relave a procesar (ton/año)
17.000	28.333	273.871
34.000	56.667	547.742
50.000	83.333	805.503

Fuente: Elaboración propia

Por último hay que mencionar que dependiendo del escenario elegido, distinto será el tiempo que dure el material de relave que se encuentra acumulado en los embalses, que es de 3 millones de toneladas (y que no recibirá más material del proceso del cobre dado que el nuevo relave generado por el proceso del cobre será enviado a un nuevo embalse que no es considerado para este proyecto), y por lo tanto, distinta será la cantidad de periodos de evaluación para cada escenario, como se muestra en la tabla 3.3, donde para el nivel más bajo de producción tiene una duración de 11 años, para el siguiente 5,5 años y para el nivel más alto 3,7 años.

Tabla 3.3: Tiempo de duración del material

Total de material de relave (ton)	Cantidad de material de relave a procesar (ton/año)	Tiempo de duración del material (años)	Tiempo de duración del material (meses)
3.000.000	273.871	11,0	131
	547.742	5,5	66
	805.503	3,7	45

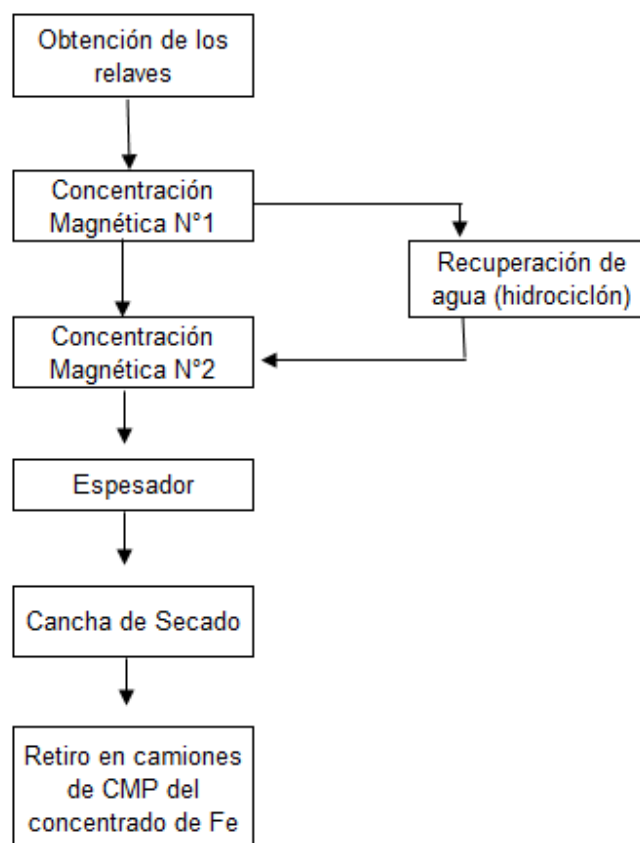
Fuente: Elaboración propia

3.4. Descripción del proceso productivo

Hay que destacar que el proceso productivo para la obtención de hierro parte desde los relaves de cobre o materia prima para producir los concentrados de hierro, hasta la entrega de los concentrados de hierro a la Compañía Minera del Pacífico (CMP), el cual pone a disposición sus propios camiones para retirar el material directamente en la planta de SCMT, con lo cual no se incurre en un costo adicional en transporte por parte de SCMT.

En la figura 3.1, se presenta los procesos involucrados en la producción de concentrado de hierro (en la figura no aparece que sucede con los flujos secundarios, los cuales son el agua, que se envía a una piscinas para seguir su tratamiento de limpieza, y los residuos que son enviados al mismo embalse nuevo que se envían los residuos del proceso de concentrado de cobre).

Figura 3.1: Procesos para la producción de concentrados de hierro.

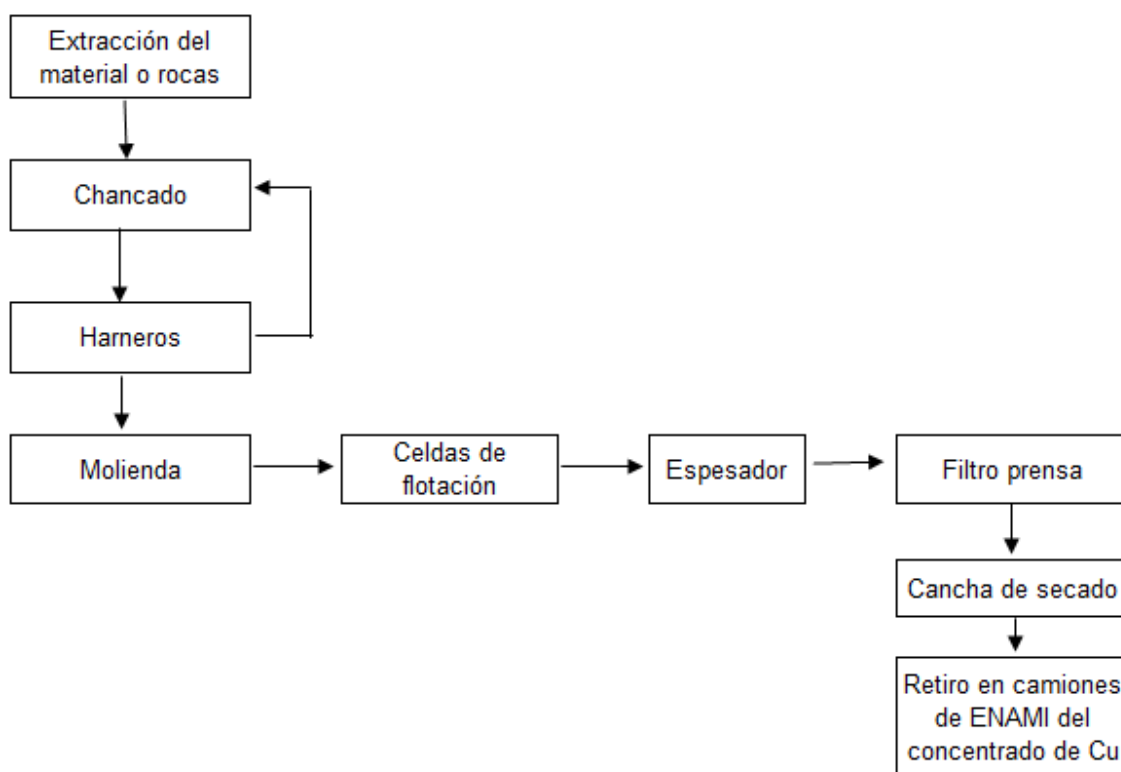


Fuente: Elaboración propia basada en información de SCMT.

3.4.1. Obtención de los relaves de los procesos de SCMT

Para explicar brevemente como se producen estos relaves o excedentes producidos de la concentración del cobre, que luego se utilizan como materia prima para la obtención de concentrados de hierro, se entrega una breve descripción del proceso para obtener concentrados de cobre en el anexo 3.1 y en la figura 3.2 se presenta los procesos involucrados en la producción de concentrado de cobre (la mayor cantidad de relave se obtiene desde las celdas de flotación).

Figura 3.2: Procesos para la producción de concentrados de cobre.



Fuente: Elaboración propia basada en información de SCMT.

Con datos obtenidos por SCMT, el relave proveniente del concentrado de cobre se puede obtener con un 30% de sólido (70% líquido) y con una ley de 10.35% de magnetita en el material sólido. Con estos datos se puede detallar la composición del material que habrá en la entrada del proceso, como por ejemplo la cantidad de agua y sólido, y dentro del sólido, la cantidad de magnetita con el resto de material. Como se menciona en el punto

3.3, para el escenario de una producción de 17.000 de magnetita se necesita cerca de 274 mil toneladas de material sólido, para el escenario de 34.000 se necesita cerca de 548 mil toneladas de material sólido y para el escenario de 50.000 cerca de 806 mil toneladas de material sólido. Este material será trasladado al primer concentrador magnético con una bomba para extraer este tipo de material, cuya elección dependerá del porcentaje de sólido en el material, el caudal (ton/hora) y el TDH o altura total dinámica¹, entre otras cosas.

En la tabla 3.4 se observa la cantidad total, entre sólido y líquido, a ser procesado para la extracción de concentrados de hierro.

Tabla 3.4: Material total a procesar

Escenarios de producción de magnetita (ton/año)	Cantidad de material de relave a procesar (ton/año)	Cantidad de agua en el proceso (ton/año)	Total (ton/año)
17.000	273.871	639.033	912.904
34.000	547.742	1.278.065	1.825.807
50.000	805.503	1.879.507	2.685.011

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Concentración Magnética²

Esta etapa es la más importante en todo el proceso, por lo que se hará una breve explicación de los fundamentos teóricos para el proceso de la concentración magnética.

Como introducción se puede decir que la separación del mineral de hierro y la ganga o material rocoso inútil que acompaña a un mineral se produce por el distinto comportamiento que muestran sus partículas frente a un campo magnético o eléctrico o por sus distintas densidades relativas en un fluido sometido a un campo de fuerza gravitacional. La separación magnética utiliza la acción de la fuerza de un campo magnético, en combinación con otro tipo de fuerzas, para producir diferentes trayectorias de caída de las partículas en movimiento a través del campo magnético.

El campo magnético es producido por equipos especializados llamados separadores magnéticos que pueden utilizar un imán permanente o un campo electromagnético.

¹ Calculada por Eduardo Cepeda, Departamento de Ingeniería, Vulco S.A.

² Ahumada, José: Tesis, 1985.

El proceso puede llevarse a cabo en un ambiente seco o húmedo, lo que da origen a los procesos de concentración magnética por vía seca y concentración magnéticas por vía húmeda, respectivamente.

El método de separación magnética esta basado en la diferencias de permeabilidad magnética de los minerales. Ello hace que cuando se hace pasar un flujo de partículas de mineral a través del campo de un separador magnético, las partículas son atraídas con mayor o menor intensidad, según sea su permeabilidad magnética, obteniéndose así, diferentes trayectorias de caída de las partículas.

En función de la permeabilidad magnética los minerales pueden ser clasificados en altamente magnéticos (ferromagnéticos), débilmente magnéticos (paramagnéticos o diamagnéticos según su comportamiento) y no magnéticos.

Las partículas de oxido de hierro se denomina ferromagnéticas, es decir, en presencia de un campo magnético son susceptibles de imantarse y ser atraídas hacia los puntos de mayor intensidad.

Estas propiedades dependen de los movimientos orbitales y de spin de los electrones de los átomos, en los cuales puede haber algún spin no compensado o, que en presencia de un campo magnético, puedan producirse cambio de orientación y velocidad de los electrones. Producto de estos movimientos, la circulación neta de carga en un átomo genera una corriente circular que crea un campo magnético.

En el caso de la magnetita, y en menor grado la hematita, cada átomo posee un exceso de electrones cuyo spin no está compensado, efecto del cual dependen casi exclusivamente sus propiedades ferromagnéticas. Al estado normal, en un grupo de átomos, los spins se orientan de tal modo que sus efectos magnéticos se compensan. Sin embargo en presencia de un campo magnético exterior, los microcampo magnéticos de los spins se orientan en forma paralela al campo exterior, produciéndose en las partículas un efecto magnético residual o imantación.

El rendimiento de un proceso industrial de separación magnética de mineral por vía seca depende de los siguientes factores: permeabilidad magnética del mineral, intensidad del campo del separador magnético y tamaño y flujo de las partículas, es decir, propiedades del mineral, características del equipo y granulometría y flujo de las partículas.

La aplicabilidad del método de separación magnética por vía húmeda depende de los siguientes factores: granulometría de liberación de las partículas, permeabilidad magnética del mineral y costo del agua.

3.4.2.1. Concentración magnética N°1

Es un equipo dotado de un imán permanente, con configuración contracorriente, que permite la separación de las partículas magnéticas de fierro, es decir la magnetita, del flujo aportado desde los tranque de relave (solución al 30% de sólido).

Para elegir el concentrador magnético adecuado hay que saber que existe el proceso de concentración magnética por vía seca y por vía húmeda, como se mencionó anteriormente. Dado que el material que viene a este proceso se encuentra con un 70% de agua, se opta por utilizar el proceso de concentración magnética por vía húmeda (dado que hay agua en el proceso, si no existiera se elegiría el método de concentración magnética por vía seca). Otra razón para elegir la concentración magnética por vía húmeda es que tiene una mayor efectividad, es decir, puede dejar a la magnetita con una mejor ley (lo que equivale a dejar la magnetita con un mayor porcentaje presente en el material sólido).

En esta primera etapa, la magnetita pasará de estar con una ley del 10,35% a una ley del 30% de magnetita¹, es decir, que 30% del material sólido será magnetita. Por otro lado, el material de entrada al proceso se encontraba en un 30% de sólido, y de ésta concentración magnética saldrá con un 50% de sólido. Por ultimo, este concentrador magnético tiene una eficiencia del 75%, esto quiere decir que de un 100% de magnetita que se encontraba en el material a procesar, que es de 28 mil, 57 mil y 83 mil toneladas por año de magnetita como se mostró en la tabla 3.2 para cada uno de los casos, el 75% pasará al siguiente proceso, es decir, cerca de 21 mil, 43 mil y 63 mil toneladas por año de magnetita. Todo lo mencionado se resume en la tabla 3.5. Hay que mencionar que en ésta tabla se realiza un resumen de todo el material de salida hacia el otro concentrador magnético, pero también existe un material de residuo, en el que se incluye gran cantidad de agua, que se muestra en la tabla 3.6.

¹ Munizaga, Juan

Por último, con los datos obtenidos se puede proceder a 2 etapas. La primera es seguir el proceso productivo hacia el otro concentrador magnético y la segunda, y dada la gran cantidad de agua que se obtuvo como residuo, pasar al hidrociclón para reprocesar el agua para que sea reutilizada, cuyo flujo será enviado con una bomba (bomba N°2).

Tabla 3.5: Material anual de entrada y salida del concentrador N°1 hacia el concentrador N°2.

Escenarios de producción (ton/año)	Entrada (ley 10,35% de Fe ₃ O ₄)			Salida (ley 30% de Fe ₃ O ₄)		
	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)
17.000	912.904	273.871	28.333	141.667	70.833	21.250
34.000	1.825.807	547.742	56.667	283.333	141.667	42.500
50.000	2.685.011	805.503	83.333	416.667	208.333	62.500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6: Residuo del concentrador N°1.

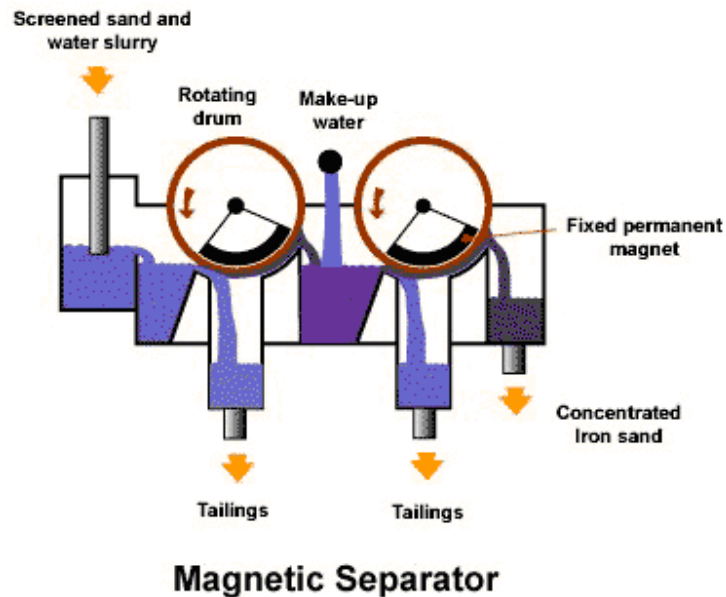
Escenarios de producción (ton/año)	Total del residuo (ton/año)	Agua (ton/año)	Sólido (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)
17.000	771.237	568.199	203.038	7.083
34.000	1.542.474	1.136.398	406.076	14.167
50.000	2.268.344	1.671.174	597.170	20.833

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2. *Concentración magnética N°2*

Luego de pasar por el primer concentrador, sigue el proceso hacia éste segundo concentrador magnético para poder aumentar su ley desde un 30% a un 50%, y con esto alcanzar los tres escenarios propuestos de producción de magnetita (17.000, 34.000 y 50.000 toneladas al año) como se muestra en la figura 3.3. Es por esto que las siguientes etapas del proceso productivo son exclusivamente para disminuir la cantidad de líquido en el material, y con esto aumentar el porcentaje de material sólido hasta llegar a un 90%.

Figura 3.3: Dibujo de dos concentradores magnéticos.



Magnetic mineral grains of sand are attracted to the rotating drum surface by the fixed magnets inside and are then released as the drum carries them past the magnetic section

Fuente: De la información entregada desde SCMT.

Este concentrador debe tener condiciones de entrada de material a procesar similares al concentrador anterior, y dado que de la etapa anterior el material sale con un 50% de sólidos, por lo que se debe considerar agregar agua al material para dejar el material a procesar con un 30% de sólido y así quede con las condiciones adecuadas para ser utilizado en este segundo concentrador. La cantidad de aporte de agua necesaria para llegar al 30% de sólido es de 94 mil ton/año para el caso de menor producción, de 180 mil ton/año para el caso intermedio y de 270 mil ton/año para el caso de mayor producción de magnetita. El agua que se agregará provendrá de la etapa del hidrociclón, donde se separará el agua del material sólido.

La eficiencia de este concentrador es aproximadamente del 80% (ver anexo 3.12) y tiene como salida un 50% de sólido. Todo esto se resume en la tabla 3.7. El flujo de material que se envíe al espesador, será a con la ayuda de una bomba (bomba N°4).

Al igual que el proceso anterior, también existe un material de residuo, en el que se incluye gran cantidad de agua, que se muestra en la tabla 3.8.

Tabla 3.7: Material anual de entrada y salida del concentrador N°2 hacia el espesador.

Escenarios de producción (ton/año)	Entrada (ley 30% de Fe ₃ O ₄)			Salida (ley 50% de Fe ₃ O ₄)		
	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)
17.000	236.111	70.833	21.250	68.000	34.000	17.000
34.000	472.222	141.667	42.500	136.000	68.000	34.000
50.000	694.444	208.333	62.500	200.000	100.000	50.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8: Residuo del concentrador N°2

Escenarios de producción (ton/año)	Total del residuo (ton/año)	Agua (ton/año)	Sólido (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)
17.000	168.111	131.278	36.833	4.250
34.000	336.222	262.556	73.667	8.500
50.000	494.444	386.111	108.333	12.500

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Hidrociclón

El hidrociclón es un filtro diseñado para ser utilizado en cabezales de filtración, su función es la de separar la arena y otras partículas más pesadas que el agua, la separación se produce gracias a la velocidad de rotación que se genera al ser inyectada el agua de forma tangencial en el interior del cuerpo de hidrociclón.

En el proceso, se utilizará para recuperar el agua de los residuos provenientes del primer concentrador magnético, cuyo flujo de material será enviado al hidrociclón a través de una bomba (bomba N°2), para ser reutilizada y reinyectada al proceso del segundo concentrador magnético, cuyo flujo de material será enviado al segundo concentrador a través de otra bomba (bomba N°3). La cantidad de agua proveniente de este concentrador es de 568, 1.136 y 1.671 mil toneladas al año para cada uno de los escenarios como se

mostró en la tabla 3.6, y se reinyectará al proceso del segundo concentrador magnético la cantidad 94, 180 y 270 mil ton/año para cada uno de los escenarios.

Como se puede notar hay una mayor cantidad de agua a recuperar que la que se necesita para reinyectar, con lo que el resto de agua recuperada se entregará al proceso de concentrados de cobre para su reutilización.

Terminado este proceso, comienzan las etapas para disminuir la cantidad de líquido en el material, el cual ya cuenta con una ley del 50% de magnetita, para su posible comercialización.

3.4.4. Espesador

El proceso del espesamiento es la eliminación del agua presente en una pulpa mediante el asentamiento de las partículas sólidas y decantación del líquido, en tanques cilíndricos especiales denominados espesadores. Por lo tanto, el espesador es usado para separar los sólidos de los líquidos.

En este caso, el espesador será un estanque acumulador de concentrado de 6 metros de diámetro y una altura de 4 metros¹, que será utilizado para todo los casos (y debiera funcionar para todos los casos propuestos), ya que en la planta de concentrado de cobre ya existe este equipo de estas características que no está siendo utilizado, y sólo necesita de algunas reparaciones para se pueda usar nuevamente en el proceso para la obtención de concentrados de hierro. Este equipo efectúa la separación líquido-sólido por decantación de los sólidos, con lo que en su parte inferior las concentraciones deben serán del orden del 70% de sólido. Con esto el material queda con las características de la tabla 3.9, y este será enviado a la cancha de secado con la ayuda de una bomba (bomba N°5).

3.4.5. Cancha de secado

Ésta es la última etapa del material procesado y corresponde a depositar el material en una cancha de secado para que el agua escurra y además para secarlo por convección

¹ Tamaño entregado por Juan Munizaga.

Tabla 3.9: Material de entrada y salida del espesador.

Escenarios de producción (ton/año)	Entrada (ley 50% de Fe ₃ O ₄)			Salida (ley 50% de Fe ₃ O ₄)		
	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)
17.000	68.000	34.000	17.000	48.571	34.000	17.000
34.000	136.000	68.000	34.000	97.143	68.000	34.000
50.000	200.000	100.000	50.000	142.857	100.000	50.000

Fuente: Elaboración propia.

natural, es decir, mediante el sol. El agua que se pueda recuperar será enviada con la ayuda de una bomba (bomba N°6) a la planta de tratamiento de agua para ser reutilizada en la planta de concentrados de cobre.

Con esta última etapa se espera poder dejar el material con un 90% de material sólido y con el 50% de ley de magnetita con que se dejó después de los concentradores magnéticos. Por lo tanto el material que finalmente se obtiene es el que se resume en la tabla 3.10.

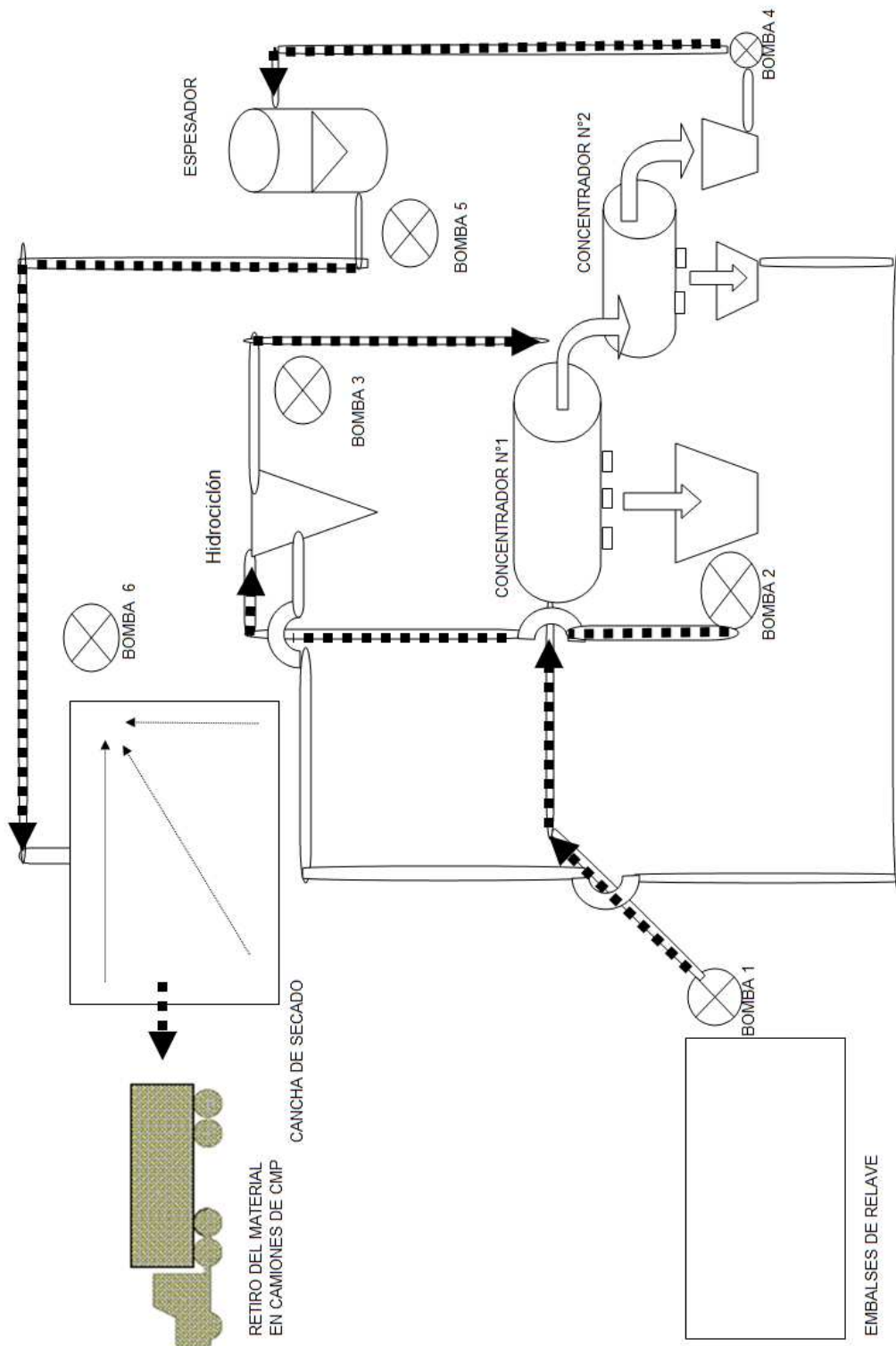
Tabla 3.10: Material final obtenido del proceso.

Escenarios de producción (ton/año)	Entrada (ley 50% de Fe ₃ O ₄)			Salida (ley 50% de Fe ₃ O ₄)		
	Material a procesar (ton/año)	Material sólido a procesar (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)	Material final (ton/año)	Material sólido final (ton/año)	Fe ₃ O ₄ presente (ton/año)
17.000	48.571	34.000	17.000	37.778	34.000	17.000
34.000	97.143	68.000	34.000	75.556	68.000	34.000
50.000	142.857	100.000	50.000	111.111	100.000	50.000

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.4, se encuentra un resumen de todo el proceso de obtención de concentrados de hierro, el cual se inicia en la obtención del material desde los embalses de relaves o excedentes de la concentración de cobre, hasta el retiro de los concentrados de hierro por parte de la Compañía Minera del Pacífico (CMP) en sus propios camiones. Hay que destacar que los residuos que se produzcan en el proceso para la obtención de los concentrados de hierro serán enviados a un nuevo embalse para los relaves, y el agua será tratada en una planta de tratamiento para su reutilización en otros procesos.

Figura 3.4: Proceso de obtención de concentrados de hierro



Fuente: Elaboración propia en base a información SCMT

3.5. Selección de equipos y diseño de las instalaciones

Para seleccionar los equipos adecuados se debe conocer la cantidad de materia prima necesaria para obtener los tres escenarios propuestos como se mostró en la tabla 3.4. Con estos datos se puede calcular el flujo inicial de material a procesar, que junto con otros datos se puede comenzar a seleccionar los equipos. A continuación se muestran una lista de los datos necesarios:

- Flujo total de material (ton/h) → dato de la tabla 3.4 la cual hay que convertir de (ton/año) a (ton/h)
- Densidad de la pulpa a procesar (ton/m³) → $d = 1,21$ (ton/m³)¹
- Porcentaje de material sólido (%) → 30%¹
- Caudal de material a procesar (m³/h) → Caudal = masa del material / d

Para calcular el caudal de material a procesar se considerará el siguiente supuesto:

- De los 365 días del año, la planta operará todos los días, las 24 horas del día, pero para descontar el tiempo de operación que se usa para reparaciones, mantenciones e imprevistos, se considerará que la planta tendrá un tiempo efectivo de operación de 270 días.

Por lo tanto el caudal de material a procesar para cada uno de los escenarios es de 116 m³/h para el escenario de menor producción, 233 m³/h para el escenario intermedio y de 342 m³/h para el escenario de mayor producción como se muestra en la tabla 3.11.

Tabla 3.11: Caudal de material a procesar

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	densidad (ton/m ³)	Caudal de material (m ³ /h)
17.000	912.904	141	1,21	116
34.000	1.825.807	282		233
50.000	2.685.011	414		342

Fuente: Elaboración propia.

¹ Munizaga, Juan

3.5.1. Selección bomba N°1

Para elegir la bomba adecuada para llevar el material al primer concentrador magnético, y todas las otras bombas necesarias en el proceso, se contactó a la empresa Weir Minerals Latin America, cuyo distribuidor en Chile es la empresa Vulco S.A. (Weir Minerals Chile), la cual posee oficinas en Santiago, Antofagasta, Iquique, Copiapó, La Serena y Concepción. Para la selección técnica de todas las bombas, se estuvo en contacto con Eduardo Cepeda, del Departamento de Ingeniería de Vulco S.A., el cual envió una propuesta técnica para los dos escenarios extremos a ser evaluados (según los requerimientos necesarios para el proyecto), es decir, para el escenario de una producción de 17.000 y 50 toneladas anuales, a ser cotizada por el departamento de venta de Vulco S.A., cuyo resumen se encuentra en el anexo 3.2 para ambos escenarios. Para el punto donde se necesite conocer el costo de estas bombas para el escenario intermedio, se promediara el costo de las bombas de estos escenarios extremos. Este supuesto será para simplificar el trabajo y dado lo complejo que es seleccionar estos equipos para un tercer escenario, que si bien pueda que no se adapte a la perfección este dato, se puede utilizar como un buen aproximador, dado que a mayor capacidad, mayor es el precio y viceversa, es decir, el precio de las bombas es directamente proporcional a la capacidad de la bomba.

Para la elección de la bomba N°1, que es la necesaria para llevar el material al primer concentrador magnético, se necesitó el flujo total del material a mover, calculada en la tabla 3.4 (se debe pasar de toneladas por año a toneladas por hora), el caudal, el porcentaje de sólido en el material, y además, el TDH calculado por Eduardo Cepeda, todo resumido en el anexo 3.4. Con esto, para el caso de “17.000 ton/año” y “50.000 ton/año” se entregaron de parte de Eduardo Cepeda las siguientes características técnicas:

Bomba N°1	Características	Escenario 17.000 ton/año	Escenario 50.000 ton/año
Bomba	Marca y Modelo	Warman 6x6 SRH	Warman 8x8 SRH
	RPM	970	903
	Veloc. perif. (m/s)	18,1	20,4
	P. descarga (psi)	33,3	38,8
	Peso (Kg.)	730	1.115
Motor (más información ver anexo 3.4)	Marca	Weg	Weg
	Potencia (HP)	25	75
	Peso (Kg.)	180	430

3.5.2. Selección concentrador magnético N°1

Para seleccionar el concentrador magnético N°1 adecuado se necesitó el caudal del material a procesar, calculado en la tabla 3.11, y la cantidad de material sólida a ser procesada (30% del total del material), ya calculadas en la tabla 3.5 (se debe pasar de toneladas por año a toneladas por hora).

Para cotizar las maquinas necesarias para el proceso se eligió una empresa china, dado el bajo precios de sus maquinas, específicamente a la empresa Qijin Magnet Co., en cuya página Web se pudo obtener la información técnica para la elección de estos concentradores.

Para la elección del concentrador magnético adecuado se deben ver la columna “dry mineral density (ton/h)” o “flujo sólido de material (ton/h)” y “pulp volumen (m3)” o “caudal de material (m3/h)” del anexo 3.3 y hacer coincidir los datos de la tabla 3.12 para seleccionar los concentradores magnéticos adecuados, como se muestra en la misma tabla para cada uno de los escenarios.

Tabla 3.12: Datos y selección del concentrador N°1.

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	Flujo sólido de material (ton/h)	Caudal de material (m3/h)	Equipos seleccionados (diámetro del tambor)
17.000	141	42	116	1050x1500
34.000	282	85	233	1200x2400
50.000	414	124	342	1200x3000

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Selección bomba N°2

Para la elección de la bomba N°2, que es la necesaria para llevar el material de residuo del primer concentrador magnético hacia el hidrociclón, se necesitó el flujo del material a mover, calculada en la tabla 3.6 (se debe pasar de toneladas por año a toneladas por hora), el caudal, el porcentaje de sólido en el material, y además, el TDH calculado por Eduardo Cepeda, todo resumido en el anexo 3.5.

Con esto, para el caso de “17.000 ton/año” y “50.000 ton/año” se entregaron de parte de Eduardo Cepeda las siguientes características técnicas:

Bomba N°2	Características	Escenario 17.000 ton/año	Escenario 50.000 ton/año
Bomba	Marca y Modelo	Warman 5x4 SRH	Warman 8x8 SRH
	RPM	1.288	795
	Veloc. perif. (m/s)	20,6	18
	P. descarga (psi)	39,4	28,2
	Peso (Kg.)	430	1.115
Motor (más información ver anexo 3.5)	Marca	Weg	Weg
	Potencia (HP)	25	50
	Peso (Kg.)	180	370

3.5.4. Selección hidrociclón

El hidrociclón también se cotizó en la empresa Vulco S.A., y se necesitaron los datos que se encuentran resumidos en el anexo 3.6.

Con esto se pudieron seleccionar los hidrociclones adecuados, como se explica en el mismo anexo, que en el caso de una producción de “17.000 ton/año” es el Hidrociclón Cavex 100CVX y para el caso de una producción de “50.000 ton/año” es el Hidrociclón Cavex 500CVX10.

3.5.5. Selección bomba N°3

Para la elección de la bomba N°3, que es la necesaria para reinyectar agua al segundo concentrador magnético, se necesitó conocer la cantidad de flujo de agua a mover que es igual al caudal (densidad igual a 1), y además, el TDH calculado por Eduardo Cepeda, todo resumido en el anexo 3.7. Con esto, para el caso de “17.000 ton/año” y “50.000 ton/año” se entregaron de parte de Eduardo Cepeda las siguientes características técnicas:

Bomba N°3	Características	Escenario 17.000 ton/año	Escenario 50.000 ton/año
Bomba	Marca y Modelo	Galigher 40 MN0-5100x1200	Galigher 50MN2-5100x1200
	RPM	1.500	1.143
	Veloc. perif. (m/s)	17	14,4
	P. descarga (psi)	17,8	20,3
	Peso (Kg.)	300	660
Motor (más información ver anexo 3.7)	Marca	Weg	Weg
	Potencia (HP)	5	10
	Peso (Kg.)	62	79

3.5.6. Selección concentrador magnético N°2

Para seleccionar el concentrador magnético N°2 adecuado se necesitó el caudal del material a procesar y la cantidad de material sólida a ser procesada, ya calculadas en la tabla 3.7 (se debe pasar de toneladas por año a toneladas por hora).

Para cotizar las maquinas necesarias, como ya se menciona, se eligió a la empresa China Qijin Magnet Co.

Para la elección del concentrador magnético adecuado se deben ver la columna “dry mineral density (ton/h)” o “flujo sólido de material (ton/h)” y “pulp volumen (m3)” o “caudal de material (m3/h)” del anexo 3.3 y hacer coincidir los datos de la tabla 3.13 para seleccionar los concentradores magnéticos adecuados, como se muestra en la misma tabla para cada uno de los escenarios.

Tabla 3.13: Datos y selección del concentrador N°2.

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	Flujo sólido de material (ton/h)	Caudal de material (m3/h)	Equipos seleccionados (diámetro del tambor)
17.000	36	11	30	600x900
34.000	73	22	60	1050x700
50.000	107	32	89	1050x1000

Fuente: Elaboración propia.

3.5.7. Selección bomba N°4

Para la elección de la bomba N°4, que es la necesaria para llevar el material desde el segundo concentrador magnético hacia el espesador, se necesitó el flujo del material a mover, calculada en la tabla 3.7 (se debe pasar de toneladas por año a toneladas por hora), el caudal, el porcentaje de sólido en el material, y además, el TDH calculado por Eduardo Cepeda, todo resumido en el anexo 3.8.

Con esto, para el caso de “17.000 ton/año” y “50.000 ton/año” se entregaron de parte de Eduardo Cepeda las siguientes características técnicas:

Bomba N°4	Características	Escenario 17.000 ton/año	Escenario 50.000 ton/año
Bomba	Marca y Modelo	Warman 2x1,5 SRH	Warman 2,5x2 SRH
	RPM	2.151	1.769
	Veloc. perif. (m/s)	17,1	17,7
	P. descarga (psi)	27,7	28,2
	Peso (Kg.)	130	155
Motor (más información ver anexo 3.8)	Marca	Weg	Weg
	Potencia (HP)	3	5
	Peso (Kg.)	48	62

3.5.8. Selección espesador

Como ya se mencionó, el espesador será un estanque acumulador de concentrado de 6 metros de diámetro y tendrá una altura de 4 metros, que será utilizado para todo los casos (a priori, Juan Munizaga encargado del proyecto hierro, estima que se puede utilizar para todos los casos, pero deberá ser estudiado en más detalle en una siguiente etapa de estudio de factibilidad), ya que en la planta de concentrado de cobre existe este equipo de estas características que no está siendo utilizado, y sólo necesita de algunas reparaciones para se pueda usar nuevamente en el proceso para la obtención de concentrados de hierro.

3.5.9. Selección bomba N°5

Para la elección de la bomba N°5, que es la necesaria para llevar el material desde el espesador hacia la cancha de secado, se necesitó el flujo del material a mover, calculada en la tabla 3.9 (se debe pasar de toneladas por año a toneladas por hora), el caudal, el porcentaje de sólido en el material, y además, el TDH calculado por Eduardo Cepeda, todo resumido en el anexo 3.9.

Con esto, para el caso de “17.000 ton/año” y “50.000 ton/año” se entregaron de parte de Eduardo Cepeda las siguientes características técnicas:

Bomba N°5	Características	Escenario 17.000 ton/año	Escenario 50.000 ton/año
Bomba	Marca y Modelo	Warman 2x1,5 SRH	Warman 2,5x2 SRH
	RPM	2.251	1.840
	Veloc. perif. (m/s)	17,9	18,4
	P. descarga (psi)	31,4	33,5
	Peso (Kg.)	130	155

Motor (más información ver anexo 3.9)	Marca	Weg	Weg
	Potencia (HP)	3	5
	Peso (Kg.)	48	62

3.5.10. Selección cancha de secado

Para seleccionar el tamaño (en m²) de las canchas de secado adecuadas para cada uno de los escenarios, se realizaron los cálculos detallados en el anexo 3.10.

Los resultados obtenidos para cada uno de los casos se resume en la tabla 3.14.

Tabla 3.14: Tamaños de las canchas de secado para cada caso.

Escenarios de producción (ton/año)	Tamaño de la cancha (m ²)
17.000	484
34.000	961
50.000	1.444

Fuente: Elaboración propia.

3.5.11. Selección bomba N°6

Para la elección de la bomba N°6, que es la necesaria para llevar el agua que llegue a escurrir en la cancha de secado a la planta de tratamiento de agua, que se supondrá que es toda el agua que se encuentra en el material para simplificar los cálculos, ya que parte de esa agua se evaporará por efecto del sol, se necesitó conocer la cantidad de flujo de agua a mover que es igual al caudal (densidad igual a 1), que se puede extraer de la tabla 3.10, y además, el TDH calculado por Eduardo Cepeda, todo resumido en el anexo 3.11.

Con esto, para el caso de “17.000 ton/año” y “50.000 ton/año” se entregaron de parte de Eduardo Cepeda las siguientes características técnicas:

Bomba N°6	Características	Escenario 17.000 ton/año	Escenario 50.000 ton/año
Bomba	Marca y Modelo	Galiger 40 MN0-5100x1200	Galigher 40 MN0-5100x1200
	RPM	1.501	1.500
	Veloc. perif. (m/s)	17	17
	P. descarga (psi)	20,7	20,4
	Peso (Kg.)	300	300
Motor (más información ver anexo 3.11)	Marca	Weg	Weg
	Potencia (HP)	5	5
	Peso (Kg.)	62	62

3.5.12. Otros

Entre otros instrumentos necesarios para el funcionamiento de la planta se encuentra el flujómetro, que es un instrumento electrónico utilizado para medir los caudales aportados a los principales equipos que configuran la planta de concentración magnética, y además se necesitarán válvulas, que son dispositivos mecánicos usados para controlar los flujos que son aportados a los distintos equipos de la planta de concentración magnética.

Por otro lado no se necesitará comprar el terreno ni construir infraestructura, como comedores, oficinas, baños, entre otras cosas, porque, como ya se mencionó, la planta de concentrados de hierro se construirá dentro del predio industrial de la planta de concentrados de cobre, y se aprovechará su infraestructura. En la figura 3.5 se muestra un layout preliminar de la planta de concentrados de cobre junto con la planta de concentrados de hierro.

Por último, hay que mencionar que para cada una de estas etapas hay que realizar un estudio de ingeniería más profundo para conocer con exactitud todos los componentes necesarios para su implementación y futura operación, como son la instalación eléctrica y de cañerías, entre otras cosas.

3.6. Requerimientos de recursos humanos

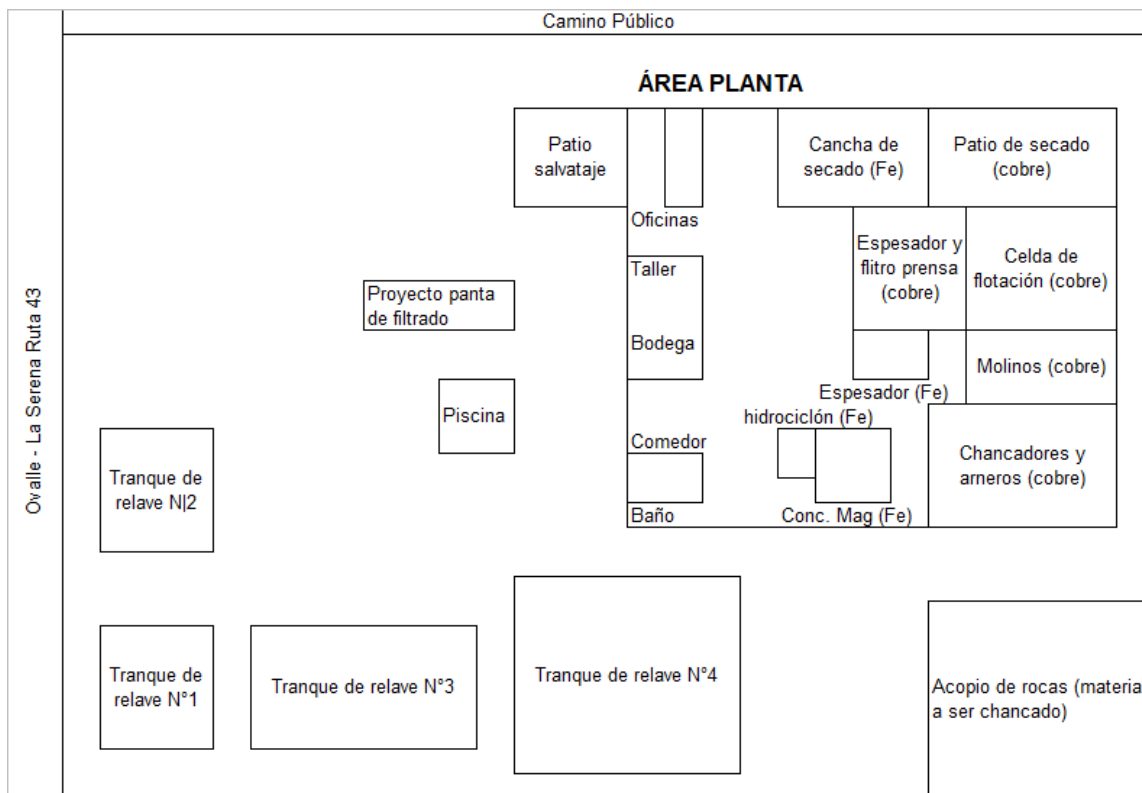
En este proyecto se necesitará principalmente personal para llevar a cabo las tareas programadas por la planta de concentrados de hierro y que supervise estas tareas. Hay que recordar que la planta funcionará todos los días del año, las 24 horas al día, por lo que las personas que trabajen en terreno, tendrán turnos de 12 horas, 7 días trabajando y 7 días libres, con lo que en total se necesitaran de 4 turnos. Para cada uno de los escenarios propuesto se estima que el personal necesario es mas o menos el mismo, pero con el personal que luego se menciona se podría hacer funcionar la planta con el escenario de “50.000 ton/año”.

El personal necesario para que ésta planta de concentrados de hierro funcione se necesita:

- **Administrador o Gerente General de la planta:** será el encargado de la administración general y de las decisiones que se deban tomar. Además, llevará el control de la parte financiera y contable de la empresa: sueldos y remuneraciones, adquisiciones, entre otras cosas. Será responsabilidad del administrador el contrato que se tenga con CMP y llevarlo a cabo. Su perfil será el de un ingeniero civil industrial o comercial.
- **2 jefes de planta:** será responsabilidad del jefe de planta verificar en terreno la correcta y permanente aplicación del procedimiento de trabajo seguro cuando se esté ejecutando una tarea. Además, será el encargado de que las tareas programadas se cumplan y de supervisar el buen funcionamiento de la planta. Su perfil será el de un ingeniero, podría ser un químico, mecánico o industrial. Debe tener alto poder de mando y ser capaz de tomar decisiones ante situaciones imprevistas. Por último, deberá entregar informes de actividades y desempeño al administrador.
- **4 jefes de turno:** será el encargado del buen funcionamiento de la planta y de la supervisión de sus operadores en cada turno. Será de su responsabilidad, la difusión (verbal), instrucción y verificación antes de realizar la tarea que todos los trabajadores quedaron instruidos y capacitados para realizar el trabajo asignado, además de controlar la aplicación correcta en terreno de los puntos altamente críticos de las tareas. Su perfil será de un técnico o un ingeniero en ejecución, que sea capaz de mantener orden y tomar decisiones en cada turno.
- **12 operadores:** son los encargados de las operaciones de producción, y de realizar las labores como funcionamiento y control de las maquinarias, entre otros. Deberán estar capacitados en la operación de todos los equipos que conforman la planta de concentración magnética por turno. Será responsabilidad del trabajador verificar el estado físico y funcionamiento de máquinas, herramientas así como también, de los equipos de apoyo antes de realizar los trabajos. Deberá informar de inmediato al jefe de turno cuando se detecten condiciones extrañas en máquinas, herramientas y equipos de apoyo que puedan causar accidentes con daños a las personas, materiales y equipos.
- **Departamento de mantenimiento (4 personas):** será el personal encargado de la mantenimiento preventiva y correctiva de las máquinas y equipos. Podrían ser técnicos eléctricos o mecánicos. Se deberá contar por lo menos con uno de ellos por turno.

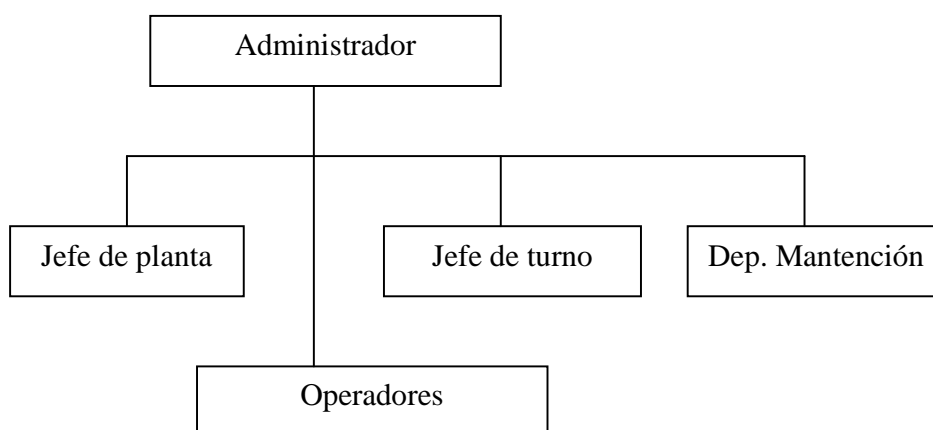
En la figura 3.6 se muestra el organigrama propuesto.

Figura 3.5: Layout preliminar de la planta de concentrador de cobre y hierro.



Fuente: Elaboración propia y con información de SCMT.

Figura 3.6: Organigrama planta de concentrado de hierro.



Fuente: Elaboración propia.

4. ESTUDIO ASPECTOS REGULATORIOS

Para la implementación de cualquier proyecto es necesario conocer el marco regulatorio al que está sujeto, como por ejemplo el estudio de impacto ambiental, entre otros. Es por esto que a continuación se presenta un estudio de los aspectos regulatorios que podrían afectar al proyecto.

4.1. Organismos reguladores y fiscalizadores

- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA):

Es una institución del Estado, dependiente de la Ministra del Medio Ambiente, que tiene como misión velar por el derecho de la ciudadanía a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.

Una de las principales funciones de la CONAMA es asegurar el cumplimiento de la legislación medioambiental, administrando el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), para introducir la dimensión ambiental en el diseño, ejecución, seguimiento y fiscalización de proyectos o actividades que se realicen en el país.

- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN):

Fue creado a partir de la unión del Instituto de Investigaciones Geológicas y el servicio de Minas del Estado, con el objetivo de ser el asesor técnico especializado del Ministerio de Minería en materias geológicas y mineras.

Su misión es producir y proveer información y productos geológicos, ejercer la función pública de fiscalización de las condiciones de seguridad minera y medioambiente en la minería y entregar asistencia técnica en materias de constitución de la propiedad minera.

4.2. Legislaciones Ambientales

La legislación medio ambiental para el proyecto en cuestión se basa en las siguientes regulaciones:

- Constitución Política de la Republica de Chile de 1980:

Ésta consagra como garantía constitucional el “derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación” en el N°8 de su artículo 19, disposición que se puede resumir en lo siguiente:

“Artículo 19: La Constitución asegura a todas las personas: ...

N°8) El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”

“La Ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente”.

- Ley 19.300: “Bases Generales del Medio Ambiente”, modificada por la ley 20.173 del 2007 y D.S. N°95 de 2001: “Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)”, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (D.O. 7.12.2002):

La ley 19.300 constituye el marco legal básico de toda la normativa de nuestro país. Ella procura regular y desarrollar las instituciones e instrumentos necesarios para la protección del medio ambiente, de acuerdo a los dispuesto por el artículo 19 N°8 de la constitución política.

De acuerdo al artículo 10 letra i) de la Ley 19.300 y el artículo 3 letra i) del Reglamento del SEIA, afectaría al proyecto bajo las condiciones que se especifican a continuación:

“Artículo 10. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes: ...

i) Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles.

Se entenderá por proyectos de desarrollo minero aquellas acciones u obras cuyo fin es la extracción o beneficio de uno o más yacimientos mineros, y cuya capacidad de extracción de mineral es superior a cinco mil toneladas (5.000 t) mensuales.”

Dado que este proyecto, para el caso de “17.000 ton/año” se debe procesar cerca de 23.000 ton mensuales de material, para el caso de “34.000 ton/año” se debe procesar cerca de 46.000 toneladas mensuales de material y para el caso de “50.000 ton/año” se debe procesar cerca de 67.000 toneladas mensuales de material, **corresponde que el proyecto ingrese al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), en cuyo caso deberá considerar los artículos 5° al 11° (excepto el artículo 7°) que son los que permiten definir si el proyecto debe presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que se encuentran detallados en el anexo 4.1.**

- Normativa de carácter general:
 - Decreto Supremo N°72, modificado por el D.S. N°132, reglamento de seguridad minera. Fiscalización a cargo de SERNAGEOMIN.
- Regulaciones para emisiones atmosféricas:
 - Decreto Supremo N°144, establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza. Fiscalización a cargo de la autoridad sanitaria regional.
 - Decreto Supremo N°59, modificado por D.S. N°45, establece norma de calidad primaria para material particulado respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia. Fiscalización a cargo de la autoridad sanitaria regional.
- Regulación emisión lumínica:
 - Decreto Supremo N°686, establece norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica. Fiscalización a cargo de la superintendencia de electricidad y combustibles.
 - Reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos, dado que el proyecto requerirá la instalación de luminarias para el desarrollo de los trabajos nocturnos. Fiscalización a cargo de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

- Regulación para emisión de ruido:
 - Decreto Supremo N°146, establece norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas. Fiscalización a cargo de la autoridad sanitaria regional.
- Regulación para emisiones líquidas y residuos:
 - Decreto Supremo N°594, modificado por D.S. N°57, reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Fiscalización a cargo de la autoridad sanitaria regional.
 - Decreto N°46, que establece la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas. Fiscalización a cargo de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
 - Decreto N°90, que establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Fiscalización a cargo de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Hay que destacar que un estudio ambiental en mayor detalle deberá ser considerado para la etapa de factibilidad económica.

5. EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica es un capítulo muy importante ya que determinará económicamente si el proyecto es viable o no llevarlo a cabo. Además, se podrá determinar cual es el escenario de producción de magnetita más adecuado. A continuación se muestran los ítems que servirán para elaborar el flujo de caja del proyecto. Se asumirá un tipo de cambio de \$652 por dólar, valor que se obtuvo como promedio en noviembre del año 2008¹.

5.1. Inversión

La inversión a realizar en este proyecto, es principalmente en equipamiento de la planta, que corresponde a la maquinaria y los equipos necesarios para el proceso productivo. Inversión en terreno y obras civiles no serán necesarias, sólo se necesitará la construcción de la cancha de secado, ya que el proyecto se construirá dentro del predio industrial de la planta de concentrados de cobre de la Sociedad Contractual Minera Tambillos (SCMT), y además, se aprovecharán las obras civiles de esta misma planta, como son los baños, comedores, oficinas, bodegas, entre otras cosas, las cuales tienen capacidad para poder instalar la planta de concentrador de hierro.

Los equipos se cotizaron en distintas empresas, considerando los que se ajustaban mejor a los requerimientos del proyecto, cuyas cotizaciones se encuentran en el anexo 5.1.

Los activos diferidos² corresponden a la ingeniería y administración del proyecto, esto es, la instalación y puesta en funcionamiento de las maquinarias, la cual se calculará como el 30% de la inversión en maquinarias; la supervisión del proyecto, verificación de las instalaciones, el control de las instalaciones y las obras civiles, lo cual se calculará como el 7% de la inversión total en activos fijos; la instalación de cañerías de proceso como un 10% del costo de los equipos instalados y puestos en marcha; y las terminaciones como un 2% de los anterior. Además, se considerará un costo por imprevistos calculado como el

¹ Página Web del Banco Central (www.bcentral.cl)

² Supuestos tomados de: Soto, Francisco: Tesis, 2007

30% de los activos diferidos (es alto dado que el proyecto se encuentra en etapa de prefactibilidad y aún los costos no se encuentran en un 100% de detalle).

La inversión total es de 122 millones de pesos para el caso de “17.000 ton/año”, de 149 millones de pesos para el caso de “34.000 ton/año” y de 173 millones de pesos para el caso de “50.000 ton/año”, todo resumido en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 para cada caso respectivamente.

Tabla 5.1: Inversiones en equipos y maquinarias caso “17.000 ton/año”.

Equipos	Consumo (kwh)	Cantidades (unidades)	Valor Total	
			Pesos (\$)	US\$
Concentrador Magnético N°1 (1050x1500)	3	1	8.476.000	13.000
Concentrador Magnético N°2 (600x900)	1,5	1	1.630.000	2.500
Envío de concentradores ¹	-	-	2.912.484	4.467
Hidrociclón Cavex 100CVX	-	1	7.643.168	11.723
Bomba + Motor N°1	18	1	8.680.728	13.314
Bomba + Motor N°2	18	1	6.718.208	10.304
Bomba + Motor N°3	4	1	4.557.480	6.990
Bomba + Motor N°4	2	1	3.632.292	5.571
Bomba + Motor N°5	2	1	3.632.292	5.571
Bomba + Motor N°6	2	1	4.550.960	6.980
Flujómetro ²	-	6	9.307.452	14.275
SUB TOTAL			61.741.064	94.695
Obras civiles	Dimensión (m2)	Valor unitario (\$)	Valor Total	
			Pesos (\$)	US\$
Cancha de secado ²	484	11.247	5.443.548	8.349
Reparación espesador ²	-	-	15.000.000	23.006
SUB TOTAL			20.443.548	31.355
Activo diferido			39.482.874	60.557
TOTAL			121.667.486	186.607

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones e información de SCMT.

Tabla 5.2: Inversiones en equipos y maquinarias caso “34.000 ton/año”.

Equipos	Consumo (kwh)	Cantidades (unidades)	Valor Total	
			Pesos (\$)	US\$
Concentrador Magnético N°1 (1200x2400)	5,5	1	10.758.000	16.500
Concentrador Magnético N°2 (1050x700)	2,2	1	5.542.000	8.500
Envío de concentradores ¹	-	-	3.231.312	4.956
Hidrociclón	-	1	6.082.168	9.328
Bomba + Motor N°1	37	1	11.656.456	17.878

¹ Ver anexo 5.1, cotizaciones concentradoras magnéticas.

² Valor entregado por SCMT.

Bomba + Motor N°2	28	1	10.287.582	15.779
Bomba + Motor N°3	6	1	5.711.520	8.760
Bomba + Motor N°4	3	1	3.806.376	5.838
Bomba + Motor N°5	3	1	3.806.376	5.838
Bomba + Motor N°6	3	1	4.570.520	7.010
Flujómetro ¹	-	6	9.307.452	14.275
SUB TOTAL			74.759.762	114.662
Obras civiles	Dimensión (m2)	Valor unitario (\$)	Valor Total	
			Pesos (\$)	US\$
Cancha de secado ¹	961	11.247	10.808.367	16.577
Reparación espesador ¹	-	-	15.000.000	23.006
SUB TOTAL			25.808.367	39.583
Activo diferido			48.053.699	73.702
TOTAL			148.621.828	227.948

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones e información de SCMT.

Tabla 5.3: Inversiones en equipos y maquinarias caso “50.000 ton/año”.

Equipos	Consumo (kwh)	Cantidades (unidades)	Valor Total	
			Pesos (\$)	US\$
Concentrador Magnético N°1 (1200x3000)	5,5	1	14.344.000	22.000
Concentrador Magnético N°2 (1050x1000)	3	1	6.520.000	10.000
Envío de concentradores ²	-	-	3.491.460	5.355
Hidrociclón Cavex 500CVX10	-	1	4.521.168	6.934
Bomba + Motor N°1	55	1	14.632.184	22.442
Bomba + Motor N°2	37	1	13.856.956	21.253
Bomba + Motor N°3	7	1	6.865.560	10.530
Bomba + Motor N°4	4	1	3.980.460	6.105
Bomba + Motor N°5	4	1	3.980.460	6.105
Bomba + Motor N°6	4	1	4.590.080	7.040
Flujómetro ¹	-	6	9.307.452	14.275
SUB TOTAL			86.089.780	132.040
Obras civiles	Dimensión (m2)	Valor unitario (\$)	Valor Total	
			Pesos (\$)	US\$
Cancha de secado ¹	1444	11.247	16.240.668	24.909
Reparación espesador ¹	-	-	15.000.000	23.006
SUB TOTAL			31.240.668	47.915
Activo diferido			55.690.560	85.415
TOTAL			173.021.008	265.370

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones e información de SCMT.

¹ Valor entregado por SCMT.

² Ver anexo 5.1, cotizaciones concentradoras magnéticas.

5.2. Precio de venta

El precio de venta de concentrado de hierro al 50%, a Agosto del 2008 era cercano a \$18.000¹. El precio estimado para esta memoria, y dada la situación actual que se está viviendo, mencionada en el anexo 1.1 y en los puntos 1.1 y 2.5, el precio considerado por tonelada será de \$12.000. El comprador, que en este caso es CMP, retira el producto en la misma planta con sus propios camiones, asumiendo ellos el costo de transporte. Es por esto que el precio mencionando anteriormente es Ex Works (EXW), es decir, que indica el precio del producto entregado en la planta de SCTM, por lo que de ahí en adelante los costos serían de CMP.

Esta variable deberá ser estudiada en el análisis de sensibilidad para saber cuanto influye en el proyecto, y para notar como afectaría un precio aun menor dada la crisis económica mundial.

5.3. Ingresos esperados

El periodo de evaluación para el presente proyecto será de 11 años (131 meses) para el caso de “17.000 ton/año”, de 5,5 años (66 meses) para el caso de “34.000 ton/año” y de 3,7 años (45 meses) para el caso de “50.000 ton/año” de producción de magnetita, como ya se mencionó en los capítulos anteriores, dado que la materia prima o material disponible para la producción de magnetita se encuentra limitado.

En las tablas 5.4, 5.5, y 5.6 se muestran los ingresos esperados anuales para cada nivel de producción.

Tabla 5.4: Ingresos esperados para el caso “17.000 ton/año”

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(M\$)	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.5: Ingresos esperados para el caso “34.000 ton/año”

Año	1	2	3	4	5	6
(M\$)	408.000	408.000	408.000	408.000	408.000	204.000

Fuente: Elaboración propia.

¹ Valor entregado por SCMT.

Tabla 5.6: Ingresos esperados para el caso “50.000 ton/año”

Año	1	2	3	4
(M\$)	600.000	600.000	600.000	450.000

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Costos

Los costos se dividen en dos grupos, en los costos fijos y los costos variables, cuyo detalle se encuentra en los siguientes puntos.

5.4.1. Costos Fijos

5.4.1.1. *Sueldos del personal*

Los sueldos del personal fueron obtenidos con la ayuda de gente entendida en el tema, consultando sueldos de mercado y observando sueldos del personal de otras memorias. En la tabla 5.6 se muestran los sueldos brutos mensuales asociados al personal de la planta.

Tabla 5.7: Sueldos mensuales del personal de la planta

Cargo	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Subtotal (\$/mes)	Subtotal(US\$/mes)
Administrador	1	1.200.000	1.200.000	1.840
Jefe de planta	2	750.000	1.500.000	2.301
Jefe de turno	4	450.000	1.800.000	2.761
Operadores	12	280.000	3.360.000	5.153
Mantenimiento	4	280.000	1.120.000	1.718
Otros			449.000	689
Total mensual			9.429.000	14.462

Fuente: Elaboración propia, de otras memorias y sueldos de mercado.

El ítem otros corresponde a imprevisto que podrían implicar horas extras, que se calculó como un 5%¹ del total mensual en remuneraciones. Además, hay que mencionar que estas remuneraciones serán ajustadas anualmente mediante el Índice de precios al

¹ Supuestos tomados de: Soto, Francisco: Tesis, 2007

consumidor (IPC), el cual tiene un promedio desde enero de 1997 a diciembre del 2008 de un 3,99% anual¹, el cual será el valor del reajuste anual.

5.4.1.2. *Mantenición*

La mantención anual de las maquinas y equipos del proyecto se calculó como el 5%² de la inversión en equipos, que es de cerca de 3,1 3,7 y 4,3 millones de pesos para cada uno de los casos.

5.4.2. Costos Variables

Los costos variables son aquellos ligados directamente al proceso y varían de acuerdo al nivel de producción de la planta. Para este proyecto sólo se considerará el costo de consumo de energía eléctrica, y no se considerará un costo de consumo de agua, ya que como se ha mencionado el agua se reutilizará, y el agua que sobre de este proceso será enviado al proceso de concentrados de cobre, específicamente a piscinas decantadoras (lugar donde se trata el agua), por lo que este costo de consumo de agua se considerará marginal, es decir, que este costo no tendrá relevancia en el proyecto. Tampoco se considera un costo en la adquisición de materia prima o material a procesar para obtener los concentrados de hierro, ya que éste se encuentra disponible en el predio industrial de la planta de concentrados de cobre. Los embalses en que se encuentra el material no seguirán siendo utilizados, ya que los residuos provenientes del proceso para obtener concentrados de cobre y de hierro serán enviados a un nuevo embalse.

5.4.2.1. *Consumo de energía eléctrica*

El consumo de energía eléctrica se calcula como la potencia instalada por el precio del Kw-hora. Por lo tanto, para conocer el total de Kwh se debió sumar toda la potencia

¹ Página Web del Banco Central.

² Supuestos tomados de: Soto, Francisco: Tesis, 2007

utilizada por las distintas maquinas. En algunas maquinas esta potencia se encuentra en HP (Horse Power), por lo que se debe convertir los HP en Kw de la siguiente forma:

$$1 \text{ Kw} = 1,359 \text{ HP}^1$$

El cálculo de Kwh utilizada para el funcionamiento de la planta de concentrados de hierro se encuentra en el anexo 5.2 para cada uno de los casos.

Además, para calcular el consumo anual de energía eléctrica se toma en consideración que la planta tiene un tiempo de utilización de 270 días, como ya se menciona en un punto anterior, y se consideró un consumo del 10% adicional por concepto de iluminación. Por ultimo, la energía eléctrica tiene un costo de 0,12 US\$/Kwh². Con esto el consumo de energía eléctrica para cada uno de los caso es el que se encuentra en la tabla 5.8.

Tabla 5.8: Consumo de energía eléctrica para cada uno de los casos.

Escenarios de producción (ton/año)	Consumo (Kw/año)	Total (US\$/año)	Total (\$/año)	Total (\$/mensual)
17.000	58	45.390	29.594.138	2.466.178
34.000	96	74.562	48.614.360	4.051.197
50.000	131	101.681	66.296.114	5.524.676

Fuente: Elaboración propia, de otras memorias y sueldos de mercado.

5.5. Depreciación de activos fijos

Se consideró una depreciación lineal de 10 años para las maquinarias y de 25 años para las obras civiles. Las tablas 5.9, 5.10 y 5.11 muestran las depreciaciones de maquinarias y obras civiles para cada uno de los casos.

Tabla 5.9: Depreciación activos fijos, caso “17.000 ton/año”

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Total (M\$)	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	818

Fuente: Elaboración propia.

¹ Fuente: <http://www.windpower.org/ES/stat/unitsene.htm>

² Información entregada por SCMT

Tabla 5.10: Depreciación activos fijos, caso “34.000 ton/año”

Año	1	2	3	4	5	6
Total (M\$)	8.508	8.508	8.508	8.508	8.508	4.254

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.11: Depreciación activos fijos, caso “50.000 ton/año”

Año	1	2	3	4
(M\$)	9.859	9.859	9.859	7.394

Fuente: Elaboración propia.

5.6. Capital de trabajo

Para calcular el capital de trabajo necesario se consideró que los ingresos por ventas comienzan 60 días después de entregado el concentrado de hierro a la Compañía Minera del Pacífico, es decir que tienen un plazo de pago de 60 días. Con esto se calculó el capital de trabajo necesario detallado en el anexo 5.3, el cual suma las pérdidas operacionales de los primeros meses.

5.7. Valor residual

Se considera como valor residual de los activos a aquella parte del costo de un activo que se espera recuperar mediante una venta del bien al fin de su vida útil, o en este caso al fin de los periodos de evaluación del proyecto para cada uno de los casos.

Para las maquinarias se supuso que serán vendidas a un valor igual al 30%¹ de su valor inicial.

5.8. Flujo de caja

Se realizó la evaluación económica para cada uno de los escenarios para conocer el más conveniente. Para esto se elaboraron los flujos de caja sin financiamiento respectivos, es decir sin acudir a préstamos bancarios, y además, para el escenario más conveniente, se

¹ Supuesto tomado de: Soto, Francisco: Tesis, 2007

realizará el flujo de caja con financiamiento, es decir endeudándose mediante un préstamo bancario, con el fin de comparar ambos resultados.

La evolución se realizó considerando un horizonte de 11 años (131 meses) para el caso de “17.000 ton/año”, de 5,5 años (66 meses) para el caso de “34.000 ton/año” y de 3,7 años (45 meses) para el caso de “50.000 ton/año” de producción de magnetita. La tasa de descuento utilizada es del 15% según recomendaciones de expertos y revisando memorias de proyectos similares.

En la tabla 5.12 se pueden observar los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios. El caso más conveniente es el de producir “50.000 ton/año” de magnetita, es cual entrega un VPN de \$641.392, que es el valor más alto de todos, y una TIR de 139%. Por otro lado el caso de producir “17.000 ton/año” entrega un VPN negativo, por lo que no es rentable llevar a cabo este escenario. De todas maneras, se podría decir, que el escenario de mayor producción es el que se estaría acercando más a una economía de escala, que por lo general es lo más conveniente. Por lo tanto el escenario que se elegirá para éste proyecto será el de producir 50.000 toneladas al año de magnetita.

En la tabla 5.13 se encuentra el flujo de caja sin financiamiento del caso seleccionado, es decir, el de mayor producción, y los flujos de caja sin financiamiento de los otros dos casos se encuentran en el anexo 5.4.

Tabla 5.12: Resultados de los flujos de caja sin financiamiento

Escenarios de producción (ton/año)	VAN (15%) (M\$)	TIR (%)	PRC (años)
17.000	-146.401	-	-
34.000	405.538	87%	1,2
50.000	641.392	139%	0,8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.13: Flujo de caja sin financiamiento, caso “50.000 ton/año”

PERIODO (año)	0	1	2	3	4
Ingreso por ventas		600.000	600.000	600.000	450.000
Costos Fijos		-164.802	-171.394	-178.250	-139.035
Costos Variables		-66.296	-66.296	-66.296	-49.722
Depreciaciones legales		-9.859	-9.859	-9.859	-7.394
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-
<i>Utilidad Antes de Impuesto</i>		359.043	352.451	345.596	253.849
Imppto Primera categoría 17%		-61.037	-59.917	-58.751	-43.154
<i>Utilidad Después de Impuesto</i>		298.006	292.535	286.844	210.695
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-
Depreciaciones legales		9.859	9.859	9.859	7.394
FLUJO OPERACIONAL		307.865	302.393	296.703	218.089
Inversión	-173.021				
Capital de Trabajo	-38.516				38.516
Valor Residual de los Activos					25.827
FLUJO DE CAPITAL	-211.537	0	0	0	64.343
FLUJO DE CAJA	-211.537	307.865	302.393	296.703	282.432

VPN (15%)	641.392	miles de \$
TIR	139%	
PRC	0,8	años

Fuente: Elaboración propia.

5.9. Análisis de sensibilidad caso sin financiamiento

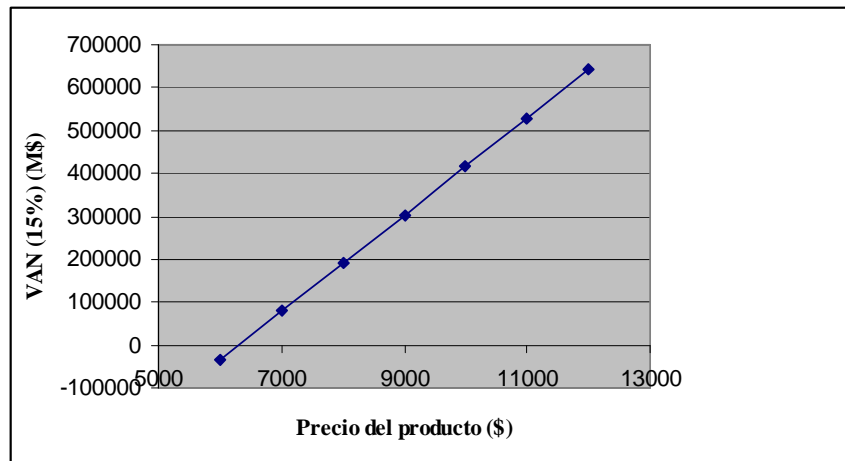
Las variables que se estimaron necesarias sensibilizar que podrían afectar al proyecto son tres: el precio del producto, el tipo de cambio y el precio de la electricidad. Se realizará un análisis unidimensional, es decir, variando sólo una de las variables y dejando el resto constante.

- Análisis de sensibilidad al precio del producto: para realizar este estudio se varió el precio del producto hasta conocer el precio mínimo para que el proyecto sea rentable, el cual llegó a ser de \$6.301 por tonelada, en cuyo caso el flujo de caja entregó un VPN de \$0, es decir, que el proyecto no importaría si lo llevamos a cabo o no. Esto se puede ver en el gráfico 5.1, donde se entrega el VAN para precios distintos del producto. Además hay que mencionar que el pago del concentrado de hierro será pagado en pesos

chilenos, y no en dólares, por lo que el tipo de cambio no afecta al proyecto con respecto al precio del producto.

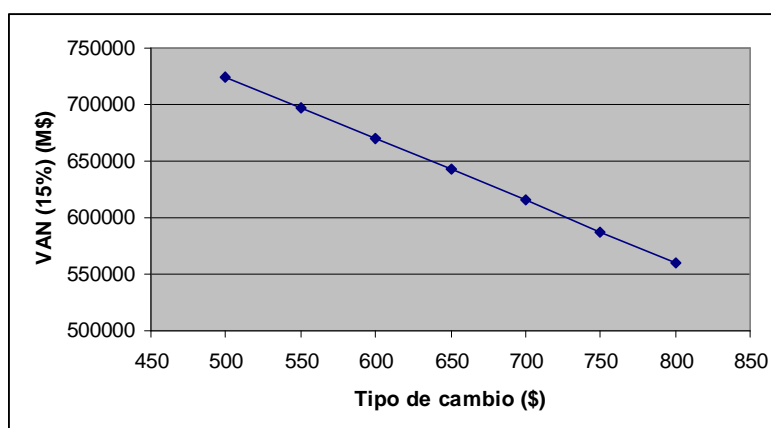
- Análisis de sensibilidad al tipo de cambio: para realizar este estudio se varió el tipo de cambio entre valores extremos de \$500 a \$800 el dólar. Esta variación afecta sólo a las maquinas que son compradas en dólares y al costo de electricidad. El resultado se ve en el gráfico 5.2 donde se puede notar que aunque el tipo de cambio sea de \$800 el dólar, el proyecto sigue siendo atractivo para invertir en él.
- Precio de la electricidad: para realizar este estudio se subió el precio de la electricidad en 0,04, partiendo desde los 0,12 hasta los 0,36 US\$/Kwh, como se observa en el gráfico 5.3. Se puede notar que esta variable tampoco afecta en gran medida el proyecto, teniendo que llegar a un precio de 0,62 US\$/Kwh para que el proyecto entregue un VAN igual a 0.

Gráfico 5.1: Precio del producto v/s VAN del proyecto



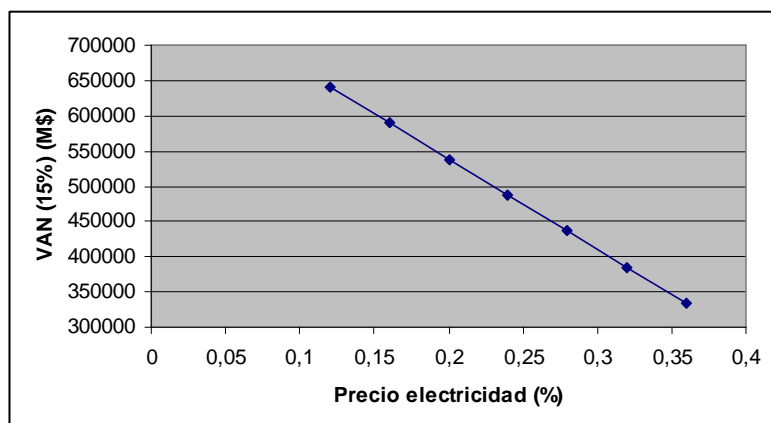
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.2: Tipo de cambio v/s VAN del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.3: Precio de la electricidad v/s VAN del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

5.10. Evaluación económica con financiamiento¹

Se evaluará económicamente el caso de pedir un crédito bancario con el objetivo de estudiar como se comporta el proyecto en este caso.

Se consideró un préstamo equivalente al 60% de la inversión inicial más el capital de trabajo pagadero en 3 cuotas anuales fijas. Se consideró una tasa de interés para este monto de 9,5% anual.

¹ Soto, Francisco: Evaluación técnico económica de una planta de carbón activado, Universidad de Chile: Tesis, 2007

Considerando un préstamo equivalente al 60% de la inversión total, una tasa anual de un 9,5% y con una tasa de descuento de 15%, se puede calcular la nueva tasa de descuento con el modelo WACC:

$$r_{WACC} = \left(\frac{D}{V}\right) * r_d * (1-T) + \left(\frac{P}{V}\right) * r_p$$

Donde r_{WACC} representa al costo promedio ponderado del capital, D corresponde al capital de terceros (deuda), P al capital propio sin deuda, V al patrimonio total, r_d a la tasa de interés de la deuda, r_p al costo de capital propio y T al impuesto a la renta. Con esto se obtiene un r_{WACC} de 10,73%, como se muestra en la tabla 5.14.

Tabla 5.14: Calculo del WACC

D	\$ 126.922.403
P	\$ 84.614.935
V	\$ 211.537.338
Rd	9,5%
Rp	15%
T	17%
WACC	10,73%

Fuente: Elaboración propia.

Como se dijo, se considerará un préstamo en 3 cuotas fijas anuales. El valor de la cuota, amortizaciones e interés se muestra en la tabla 5.15.

Tabla 5.15: Calculo del WACC

Año	0	1	2	3
Monto	\$ 126.922.403	\$ 88.846.962	\$ 46.685.647	\$ 0
Amortización		\$ 38.075.440	\$ 42.161.316	\$ 46.685.647
Interés		\$ 13.620.043	\$ 9.534.168	\$ 5.009.837
Cuota		\$ 51.695.483	\$ 51.695.483	\$ 51.695.483

Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores se obtiene un VPN de 724 millones de pesos, una TIR de 303% y un PRC (periodo de recuperación de capital) de 0,4 años. El flujo de caja del proyecto con financiamiento se encuentra en la tabla 5.16.

Tabla 5.16: Flujo de caja con financiamiento, caso “50.000 ton/año”

PERIODO (año)	0	1	2	3	4
Ingreso por ventas		600.000	600.000	600.000	450.000
Costos Fijos		-164.802	-171.394	-178.250	-139.035
Costos Variables		-66.296	-66.296	-66.296	-49.722
Gastos financieros		-13.620	-9.534	-5.010	
Depreciaciones legales		-9.859	-9.859	-9.859	-7.394
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-
<i>Utilidad Antes de Impuesto</i>		345.423	342.917	340.586	253.849
Impto Primera categoría 17%		-58.722	-58.296	-57.900	-43.154
<i>Utilidad Después de Impuesto</i>		286.701	284.621	282.686	210.695
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-
Depreciaciones legales		9.859	9.859	9.859	7.394
FLUJO OPERACIONAL		296.560	294.480	292.545	218.089
Inversión	-173.021				
Capital de Trabajo	-38.516				38.516
Préstamo	126.922				
Amortizaciones		-38.075	-42.161	-46.686	
Valor Residual de los Activos					25.827
FLUJO DE CAPITAL	-84.615	-38.075	-42.161	-46.686	64.343
FLUJO DE CAJA	-84.615	258.485	252.319	245.859	282.432

VPN (10,73%)	723.548	miles de \$
TIR	303%	
PRC	0,4	años

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

El presente proyecto fue estudiado en la etapa de prefactibilidad técnica y económica, que dependiendo de las conclusiones obtenidas en los siguientes párrafos se continuará con la etapa de factibilidad técnica y económica.

De acuerdo al estudio de mercado la producción mundial de mineral de hierro alcanza los 1900 millones de toneladas al año 2007, equivalente a cerca de 945 millones de toneladas de hierro contenido. El mercado nacional produce cerca del 0,5% de la producción mundial de mineral de hierro, lo que equivale a 9 millones de toneladas. Por su parte, la Compañía Minera del Pacífico es el principal productor nacional de hierro, la cual produce cerca del 90% de la producción nacional, lo que equivale a 8 millones de toneladas de mineral de hierro. Al año 2006, el precio del pellet a nivel nacional (el cual tiene una ley de cerca del 68% de hierro) se encontraba en 73 US\$ la tonelada, el cual fue aún mayor el año 2008, y para el año 2009, debido a la crisis económica mundial que está afectando el 2008, puede que esta alza en el precio del mineral de hierro quede estancada debido a que mundialmente los países podría verse afectados por la crisis y no tener un crecimiento como el esperado a principios del 2008, como lo confirma el artículo de El mercurio, el cual estima que el precio del hierro el 2009 debiera permanecer estable.

Del estudio de mercado se concluye que es posible una producción de magnetita de 50.000 toneladas o menos, por lo que se evaluaron tres posibles escenarios de producción los cuales son: producir 50.000 toneladas al año, 34.000 toneladas al año o 17.000 toneladas al año de magnetita, en cuyos respectivos casos la material prima provenientes de los embalses de relaves durarían 45 (3,7 años), 66 (5,5 años) y 131 (11 años) meses.

En el estudio técnico se conoció el proceso productivo para la obtención de concentrados de hierro. Se seleccionó la obtención de magnetita a través de una concentración magnetita vía húmeda. Luego, se seleccionó, para cada uno de los casos, las maquinas y equipos necesarios para el proceso productivo, según las especificaciones técnicas que mejor se adecuaron al proceso.

Con respecto al estudio legal, el proyecto se ve afectado por la ley 19.300, por lo que está obligado a someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Además, se debe estudiar en mayor profundidad si es que el proyecto debe entregar una Declaración de

Impacto Ambiental o una Evaluación de Impacto Ambiental, la cual es mucho más compleja de realizar.

En cuanto a la evaluación económica se calculó el nivel de inversión para cada uno de los casos, el cual fue de \$122 millones para el caso de “17.000 ton/año”, de \$149 millones para el caso de “34.000 ton/año” y de \$173 millones para el caso de “34.000 ton/año”, por lo que menor es la producción menor es la inversión.

Realizando los flujos de caja sin financiamiento para cada uno de los casos, utilizando una tasa de descuento de un 15%, el resultado fue de un VAN negativo (-146 millones de pesos) para el caso de menor producción de magnetita (dado que no se utilizan economías de escala o una gran producción), para el caso de producción intermedia fue de 405 millones de pesos, con una TIR de 87%, y por ultimo, para el caso de mayor producción entregó un VAN de 641 millones de pesos con una TIR de 139%. Con esto se concluye que el escenario a elegir es el de mayor producción, es decir, producir 50.000 toneladas al año de magnetita para vender a la Compañía Minera del Pacífico. Se puede decir que este era el escenario que se podía esperar a priori, dado que el escenario de mayor producción es el que se estaría acercando más a una economía de escala, que por lo general es lo más conveniente.

El análisis de sensibilidad arrojó que la variable que más podría afectar al proyecto es el precio por tonelada del concentrado de hierro, siendo el precio mínimo para que el proyecto sea ejecutable de \$6.301 la tonelada. Por otro lado, el tipo de cambio y el precio de la electricidad tendrían que alcanzar un valor muy alto para que el proyecto no fuera ejecutable, que es de cerca de \$800 el dólar o de 0,62 US\$/Kwh, los cuales se piensa no llegarán a esos valores.

Por último, se realizó una evaluación económica (sólo para el escenario seleccionado) con un financiamiento bancario del 60% de la inversión con el capital de trabajo (el 40% restante financiado por SCMT). Se utilizó una tasa de descuento calculada con el método del WACC, la cual fue de 10,73%, con lo que el VAN fue de 724 millones de pesos, una TIR de 303% y un PRC de 0,4 años.

Con todo lo mencionado se concluye seguir con el estudio de factibilidad para una producción de 50.000 toneladas al año de magnetita, para la cual se recomienda enfocarse a una evaluación con financiamiento bancario, ya que así se hace más atractivo el proyecto.

7. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

- *Apunte curso Gestión de Proyectos (IN586)*. Semestre Otoño 2008
- **Sapag Chain, Nassir:** *Preparación y Evaluación de Proyectos*, Chile, McGraw-Hill, 2004.
- **Millán, Augusto:** *Historia de la minería del hierro en Chile*, Chile, Editorial Universitaria, 1999.
- **COCHILCO, Comisión Chilena del Cobre:** *Mercado Nacional e Internacional del hierro y el acero*, 2006.
- **COCHILCO, Comisión Chilena del Cobre:** *Desarrollo e innovación tecnológica minera en América Latina: Estudio de casos*, 2006.
- **COCHILCO, Comisión Chilena del Cobre:** *Mercado Internacional del hierro y el acero*, 2008.
- **Ahumada, José:** *Alternativa de producción combinada de granza y fino de mineral de hierro en Minas Cerro Imán y Los Colorados*, Universidad de Chile: Tesis (Ingeniero Civil Mecánico), 1985.
- **González, Juan:** *Proyecto aumento de producción de beneficio minas El Algarrobo*, Universidad de Chile: Tesis (Ingeniero Civil de Minas), 1984.
- **Soto, Francisco:** *Evaluación técnico económica de una planta de carbón activado*, Universidad de Chile: Tesis (Ingeniero Civil Industrial), 2007.
- *Compañía Minera del Pacífico*, www.cmp.cl
- *Comisión Nacional del Medio Ambiente*, www.conama.cl
- *Banco Central*, www.bcentral.cl
- *Sistema de evaluación de Impacto Ambiental*, www.seia.cl
- *Eriez Manufacturing C.O.*, www.eriez.com
- *Qijin Magnet C.O.*, www.chnmag.cn
- *Servicio Nacional de Geología y Minería*, www.sernageomin.cl
- *Wikipedia (enciclopedia)*, es.wikipedia.org
- *Apuntes técnicos para todos*, juliocorreio.wordpress.com
- *Servicio Geológico de Estados Unidos*, minerals.usgs.gov
- *El Mercurio*, www.emol.com

8. ANEXOS

Anexo 1: Antecedentes generales

Anexo 1.1: Reportaje El Mercurio

Precio del hierro permanecería estable durante 2009

Miércoles, 15 de octubre de 2008

Reuters

Tanto los precios del mineral de hierro australiano como los del brasileño permanecerían estables en las negociaciones anuales del 2009, mostró el miércoles un sondeo realizado por Reuters entre 15 analistas.

LONDRES.- Las siderúrgicas y productoras de mineral de hierro se preparan para otra ronda de intensas negociaciones contractuales, porque el debilitamiento de la demanda y los abundantes suministros han reducido las probabilidades de una fuerte alza de los precios en el 2009.

Las negociaciones serían feroces, según analistas, debido a que las acererías podrían pedir una rebaja de los precios mientras que los productores presionarán para lograr una subida considerable.

Mineras australianas consiguieron casi duplicar el precio del mineral de hierro en las negociaciones para los contratos del 2007/2008, debido a que las siderúrgicas necesitaban la escasa materia prima para abastecer la demanda de países emergentes, especialmente de China, el mayor consumidor mundial.

Pero es poco probable que eso se repita el próximo año, ante el sombrío panorama económico y porque el mercado se alejaría lentamente de un precio referencial, precisaron analistas.

Tanto los precios del mineral de hierro australiano como los del brasileño permanecerían estables en las negociaciones anuales del 2009, mostró el miércoles un sondeo realizado por Reuters entre 15 analistas.

"Ante la debilidad de la industria del acero es muy difícil presionar por un alza de precios en este momento", dijo Nick Hatch, jefe de investigaciones, metales y minería de ING.

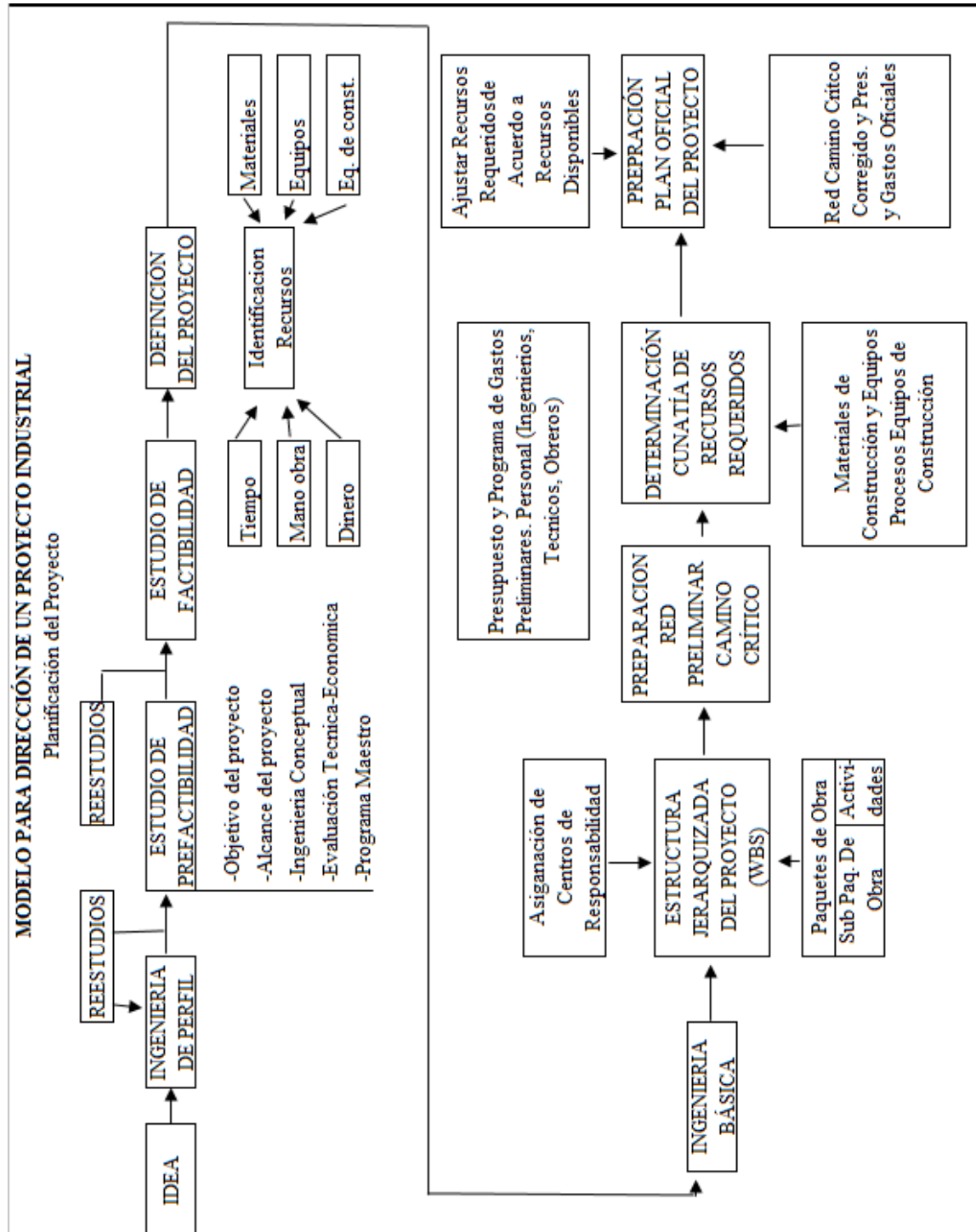
"Con la desaceleración económica y como la demanda china también se desaceleraría, ciertamente hay más posibilidades de que los precios caigan a que suban el próximo año", agregó.

La mayor siderúrgica del mundo, ArcelorMittal, fue una de las primeras en anunciar los planes de un recorte de producción del 15%, mientras que la gigante rusa Severstal siguió el ejemplo. La segunda acerería europea, Corus, también dijo que se ajustará a la debilitada demanda.

El menor consumo y los abundantes suministros también han golpeado a las siderúrgicas chinas. Cuatro acererías importantes del país asiático acordaron la semana pasada reducir la producción en un 20%.

La situación de la demanda se reflejó en el mercado al contado, donde el mineral de hierro indio era vendido a entre US\$95 y US\$100 la tonelada CFR (costo y flete) en China, frente a los hasta US\$200 a los que era transado en marzo.

Anexo 1.2: Etapas de un proyecto



Fuente: Curso IN586: "Gestión de proyectos", dictada por el profesor Juan Dyvinetz Pinto.

Anexo 2: Industria y mercado

Anexo 2.1: Cantidad de reservas de hierro por país

	Reservas mundiales de mineral de hierro (millones de toneladas)	Porcentaje	Reservas mundiales de hierro contenido (millones de toneladas)	Porcentaje
Estados Unidos	6.900	4%	2.100	3%
Australia	16.000	10%	10.000	14%
Brasil	16.000	10%	8.900	12%
Canada	1.700	1%	1.100	2%
China	21.000	14%	7.000	10%
India	6.600	4%	4.200	6%
Iran	1.800	1%	1.000	1%
Kazakhstan	8.300	5%	3.300	5%
Mauritania	700	0%	400	1%
Mexico	700	0%	400	1%
Rusia	25.000	16%	14.000	19%
Sudafrica	1.000	1%	650	1%
Suecia	3.500	2%	2.200	3%
Ucrania	30.000	19%	9.000	12%
Venezuela	4.000	3%	2.400	3%
Otros países	11.000	7%	6.200	9%
Total	154.200	100%	72.850	100%

Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)

Anexo 2.2: Principales compañías productoras mundiales de mineral de hierro

	Producción (%)	Comercio Marítimo (%)
Vale	19,9	37,2
Rio Tinto	12,2	22,9
BHP Billinton	8,4	14,5
Otros	59,5	25,4
Total	100	100

Fuente: Elaborado por COCHILCO de UNCTAD, Maquarie 2006.

Anexo 2.3: Propiedades e instalaciones de CMP

Propiedades mineras

El Algarrobo: ubicada en la III región, abastece de preconcentrados de hierro a la planta de pellets de Huasco. Sus reservas alcanzan 5,5 millones de toneladas métricas.

El Romeral: ubicada en la IV región, produce finos, granzas y pellets feed, tanto para el mercado nacional como para la exportación. Sus reservas medidas alcanzan a 44,9 millones de toneladas métricas, con una ley media de 45,3% de fierro para el mineral de alta ley y 69,7 millones de toneladas métricas, con una ley media de 26% de fierro para mineral de baja ley.

El Tofo: ubicada en la IV región, con recursos de 4,7 millones de toneladas métricas de mineral con una ley media de 37% de fierro y 2 millones de toneladas métricas de mineral con una ley media de 45% de fierro.

Instalaciones Industriales

Valle del Huasco (III Región) y II Región:

- Planta de Chancado y Concentración "El Algarrobo", por medio magnético seco, con capacidad para procesar 1,2 millones de toneladas de mineral al año.
- Planta de Chancado y Concentración "Los Colorados", por medio magnético seco, con capacidad para procesar 1,5 millones de toneladas anuales de mineral.
- Planta de Molienda y Concentración de Huasco, por medio magnético húmedo, con capacidad para procesar 6,5 millones de toneladas anuales de mineral.
- Planta de Pellets, actualmente con capacidad para producir 5,2 millones de toneladas métricas de pellets y otros productos de hierro al año.
- Planta de Chancado y Harneo "El Laco", con capacidad para procesar 50 mil toneladas por mes.

Valle de Elqui (IV Región):

- Planta de Chancado y Concentración "El Romeral", por medio magnético húmedo, con capacidad para producir 4 millones de toneladas métricas de concentrados al año.

- Planta de Molienda y Concentración de "El Romeral", por medio magnético húmedo, con capacidad para producir 2 millones de toneladas métricas de pellets feed al año.

Instalaciones Portuarias

Puerto mecanizado de Guacolda II: ubicado en la comuna de Huasco, III región. Sus instalaciones permiten atender naves de hasta 315 m. de eslora, 22 m. de calado, 55 m. de manga y un DWT de 300.000 t.

Puerto mecanizado de Guayacán: ubicado en la comuna de Coquimbo, IV región. Sus instalaciones permiten atender naves de hasta 315 m. de eslora, 16,20 m. de calado, 50 m. de manga.

Anexo 3: Estudio técnico

Anexo 3.1.: Procesos para la producción de concentrados de cobre.

- a) Extracción del material: el material o las rocas son extraídas de los cerros para luego ser transportadas en camiones con capacidad de 30 toneladas hacia la planta de SCMT.
- b) Chancado: las piedras obtenidas desde la mina son trituradas por chancadoras primarias, secundarias y terciarios, para luego ser acopiadas y estar disponibles para el proceso productivo. Además en este proceso de chancado se utilizan harneros para separar el material que ya está fino, con el que no está todavía al tamaño necesario, el cual es enviado nuevamente a la etapa anterior para ser repasado por el chancado.
- c) Molienda: luego de pasar por el chancado al material se le agrega cal para luego pasar a la molienda, la cual deja aun más pequeño el material para ser procesado.
- d) Celdas de Flotación: en este proceso se obtiene el concentrado de cobre en forma de pulpa. Luego de este proceso el concentrado de cobre termina con una ley cercana al 30% y con un 30% de material sólido, por lo que los procesos que se comentan a continuación son para extraer esta agua del concentrado, para así poder vender el producto. Además de las celdas de flotación es de donde sale la mayor cantidad de residuo que se dirige a los relaves para extraerle el agua y poder reutilizarla y el resto del residuo es enviado a los tranque de relaves.
- e) Espesador: su principal función es lograr que el concentrado de cobre termine con un 60% a 70% de sólido.
- f) Filtro Prensa: su función es igual que el equipo anterior, pero intentando dejar el material con un 70 a 80% de sólido.
- g) Cancha de secado: es una cancha donde se deja secando el material a través del sol para dejarlo cercano a un 90% de sólido.

Cabe destacar que toda la producción es vendida a la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) y que la ley mínima del cobre de compra por parte de la ENAMI es de un 21% de cobre, siempre y cuando el material contenga un 90 o más por ciento de sólido en el material.

Anexo 3.2.: Propuesta técnica de bombas

- Propuesta técnica de bombas para escenario de producción de 17.000 ton/año



Señores: Universidad de Chile, Facultad de Química y Farmacia
Referencia: Bombas de Proceso / Cotización 2
Atención Sr: Jorge Checura I. / lchecura@ing.uchile.cl
Ni: 15282

Prezente

Estimado Señor,

Quisiéramos agradecer a vuestra empresa, la oportunidad de permitirnos participar de esta cotización por Bombas centrífugas, y presentamos a continuación nuestra Propuesta Técnica.

Hemos revisado los antecedentes entregados por usted, nuestra propuesta de carácter presupuestario, Los TDH se han estimado con los datos entregados, el cliente deberá corroborar estos valores antes de entregar una orden de compra. Se han ajustado los puntos de operación para aquellas unidades donde estos valores eran muy pequeños para nuestros equipos de bombeo. Considerando lo anterior, la(s) bomba(s) que estamos proponiendo se muestran a continuación.

ITEM n°	TAG N°	Brand	Model	Power HP	Motor Brand	Pumps Qty
1	CTZ_2-3*4 horizontal	Warman	6x6 SRH	25	WEG	1
2	CTZ_2-3*4 horizontal	Warman	5x4 SRH	25	WEG	1
3	CTZ_2-2 1/2 vertical	Galigher	40 MN0-5100x1200	5	WEG	1
4	CTZ_2- 6*4 horizontal	Warman	2x1.5 SRH	3	WEG	1
5	CTZ_2- 6*4 horizontal	Warman	2x1.5 SRH	3	WEG	1
6	CTZ_2-2 1/2 vertical	Galigher	40 MN0-5100x1200	5	WEG	1

Se entrega la relación de transmisión, además las características del motor para las condiciones indicadas, datos adicionales los encontrarán en la sección "selección técnica de equipos".

Adjuntamos un catálogo de la(s) Bomba(s) seleccionada(s) y plano referencial de la bomba.

Nuestra empresa está de lleno entregada a brindar a sus clientes el máximo de colaboración, haciendo que sus requerimientos sean ampliamente atendidos. Para sustentar esta propuesta, destacamos que contamos con personal técnico especializado en Chile, software de simulación de última generación y fabricación local con stock permanente de repuestos en Chile y Brasil, para dar una pronta respuesta a los requerimientos de nuestros clientes.

Cualquier detalle de estos antecedentes entregados está sujeta a discusión por parte vuestra, y estaremos dispuestos a comentarlos cuando ustedes estimen conveniente.

Esperando cumplir con sus requerimientos, se despide cordialmente.

Eduardo A. Cepeda G.
 Departamento de Ingeniería
 Vulco S.A.

- Propuesta técnica de bombas para escenario de producción de 50.000 ton/año



Señores: Universidad de Chile, Facultad de Química y Farmacia
Referencia: Bombas de Proceso / Cotización 1
Atención Sr: Jorge Checura I. / lchecura@ing.uchile.cl
NI: 15282

Presente

Estimado Señor,

Quisiéramos agradecer a vuestra empresa, la oportunidad de permitirnos participar de esta cotización por Bombas centrífugas, y presentamos a continuación nuestra Propuesta Técnica.

Hemos revisado los antecedentes entregados por usted, nuestra propuesta de carácter presupuestario, Los TDH se han estimado con los datos entregados, el cliente deberá corroborar estos valores antes de entregar una orden de compra. Considerando lo anterior, la(s) bomba(s) que estamos proponiendo se muestran a continuación.

ITEM n°	TAG N°	Brand	Model	Power HP	Motor Brand	Pumps Qty
1	CTZ_1-3"4 horizontal	Warman	8x8 SRH	75	WEG	1
2	CTZ_1-3"4 horizontal	Warman	8x8 SRH	50	WEG	1
3	CTZ_1-2 1/2 vertical	Galigher	50 MN2-5100x1200	10	WEG	1
4	CTZ_1- 6"4 horizontal	Warman	2.5x2 SRH	5	WEG	1
5	CTZ_1- 6"4 horizontal	Warman	2.5x2 SRH	5	WEG	1
6	CTZ_1-2 1/2 vertical	Galigher	40 MN0-5100x1200	5	WEG	1

Se entrega la relación de transmisión, además las características del motor para las condiciones indicadas, datos adicionales los encontrarán en la sección "selección técnica de equipos".

Adjuntamos un catálogo de la(s) Bomba(s) seleccionada(s) y plano referencial de la bomba.

Nuestra empresa está de lleno entregada a brindar a sus clientes el máximo de colaboración, haciendo que sus requerimientos sean ampliamente atendidos. Para sustentar esta propuesta, destacamos que contamos con personal técnico especializado en Chile, software de simulación de última generación y fabricación local con stock permanente de repuestos en Chile y Brasil, para dar una pronta respuesta a los requerimientos de nuestros clientes.

Cualquier detalle de estos antecedentes entregados está sujeta a discusión por parte vuestra, y estaremos dispuestos a comentarlos cuando ustedes estimen conveniente.

Esperando cumplir con sus requerimientos, se despide cordialmente.

Eduardo A. Cepeda G.
 Departamento de Ingeniería
 Vulco S.A.

Anexo 3.3.: Listado de concentradores magnéticos

Drum diameter* (length) (mm)	Rotational speed of the drum	Magnetic induction intensity of drum surface (mT)					Mine to better concentration (%)	Working space (mm)	Feed size(mm)			When handling capacity		Electrical power(kw)	Size (L×W×H) (mm)	WEI GHT(kg)
		CT			ZC	NCT			Counter	Semi-reverse flow(B)	Dry mineral density (t/m ³)	Pulp volume (m ³)				
		Ferrite	Rare Earth Magnetic													
			Mean	Enhancing	Sorting area	Sorting area										
600×600	35	150	160	220		500-600	20-30	30-50	6-0	3-0	1-0	06-08	20-25	1.5	1950×1300×1250	900
600×900	35	150	160	220		500-600	20-30	30-50	6-0	3-0	1-0	10-12	32-40	1.5	2250×1300×1250	1100
600×1200	35	150	160	220		500-600	20-30	30-50	6-0	3-0	1-0	13-17	40-55	1.5	2550×1300×1250	1200
600×1500	35	150	160	220		500-600	20-30	30-50	6-0	3-0	1-0	15-20	50-65	2.2	2850×1300×1250	1400
600×1800	35	150	160	220		500-600	20-30	30-50	6-0	3-0	1-0	20-25	65-80	2.2	3150×1300×1250	1500
750×1200	35	160	170	240	300-400	500-600	20-30	35-55	6-0	3-0	1-0	23-30	65-100	1.5	2270×1780×1600	2000
750×1500	35	160	170	240	300-400	500-600	20-30	35-55	6-0	3-0	1-0	30-40	90-130	2.2	3060×1780×1600	2200
750×1800	35	160	170	240	300-400	500-600	20-30	35-55	6-0	3-0	1-0	35-50	110-160	3	3350×1780×1600	2450
750×2100	35	160	170	240	300-400	500-600	20-30	35-55	6-0	3-0	1-0	38-55	120-170	3	3620×1780×1600	2900
750×2400	35	160	170	240	300-400	500-600	20-30	35-55	6-0	3-0	1-0	42-60	130-180	4	3937×1780×1600	3390
900×1500	24	≥170	≥180	≥300	350-450	500-600	25-35	40-60	6-0	3-0	1-0	35-65	100-150	3	3170×2020×1680	3400
900×1800	24	≥170	≥180	≥300	350-450	500-600	25-35	40-60	6-0	3-0	1-0	45-80	120-180	3	3430×2020×1680	3800
900×2100	24	≥170	≥180	≥300	350-450	500-600	25-35	40-60	6-0	3-0	1-0	50-90	140-200	4	3740×2020×1680	4200
900×2400	24	≥170	≥180	≥300	350-450	500-600	25-35	40-60	6-0	3-0	1-0	55-100	160-230	4	4030×2020×1680	4600
1050×460	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	07-10	20-30	1.5	1933×2170×1830	1500
1050×700	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	15-30	45-70	2.2	2340×2170×1830	2200
1050×1000	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	24-45	70-100	3	2680×2170×1830	2800
1050×1500	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	40-75	115-170	3	3180×2170×1830	3640
1050×1800	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	50-90	140-205	4	3440×2170×1830	4100
1050×2100	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	55-105	160-240	4	3750×2170×1830	4550
1050×2400	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	65-120	185-270	5.5	4174×2170×1830	5070
1050×3000	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	80-150	230-240	5.5	4714×2170×1830	6560
1200×1800	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	55-95	150-220	4	3500×2320×1980	4800
1200×2100	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	60-110	170-260	4	3770×2320×1980	5300
1200×2400	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	70-130	200-290	5.5	4174×2320×1980	5900
1200×3000	20	≥180	≥190	≥300	400-500	500-800	25-35	45-65	6-0	3-0	1-0	88-165	250-370	5.5	4714×2320×1980	7500

Fuente: Qijin Magnet Co.

Para la elección del concentrador magnético adecuado se deben ver la columna “dry mineral density (ton/hr)” o “flujo sólido de material (ton/h)” y “Pulp volumen (m3)” o “caudal de material (m3/h)” y hacer coincidir los datos del punto 3.52 para el primer concentrador, y los datos del punto 3.5.6 para el segundo concentrador.

Anexo 3.4.: Selección bomba N°1

Los datos necesarios para la elección de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	Flujo sólido de material (ton/h)	Porcentaje sólido (%)	densidad (ton/m3)	Caudal de material (m3/h)	TDH (m)
17.000	141	42	30%	1,21	116	19,4
34.000	282	85	30%		233	---
50.000	414	124	30%		342	22,6

Fuente: Elaboración propia y ayuda de Eduardo Cepeda.

Características motor bomba N°1, escenario “17.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1.3968		Frame	286T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	25	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Características motor bomba N°1, escenario “50.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1.3335		Frame	364/5T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	50	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Anexo 3.5.: Selección bomba N°2

Los datos necesarios para la elección de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	Flujo sólido de material (ton/h)	Porcentaje sólido (%)	densidad (ton/m3)	Caudal de material (m3/h)	TDH (m)
17.000	119	31	26%	1,21	98	15,1
34.000	238	63	26%		197	---
50.000	350	92	26%		289	17,6

Fuente: Elaboración propia y ayuda de Eduardo Cepeda.

Características motor bomba N°2, escenario “17.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,372		Frame	286T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	25	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

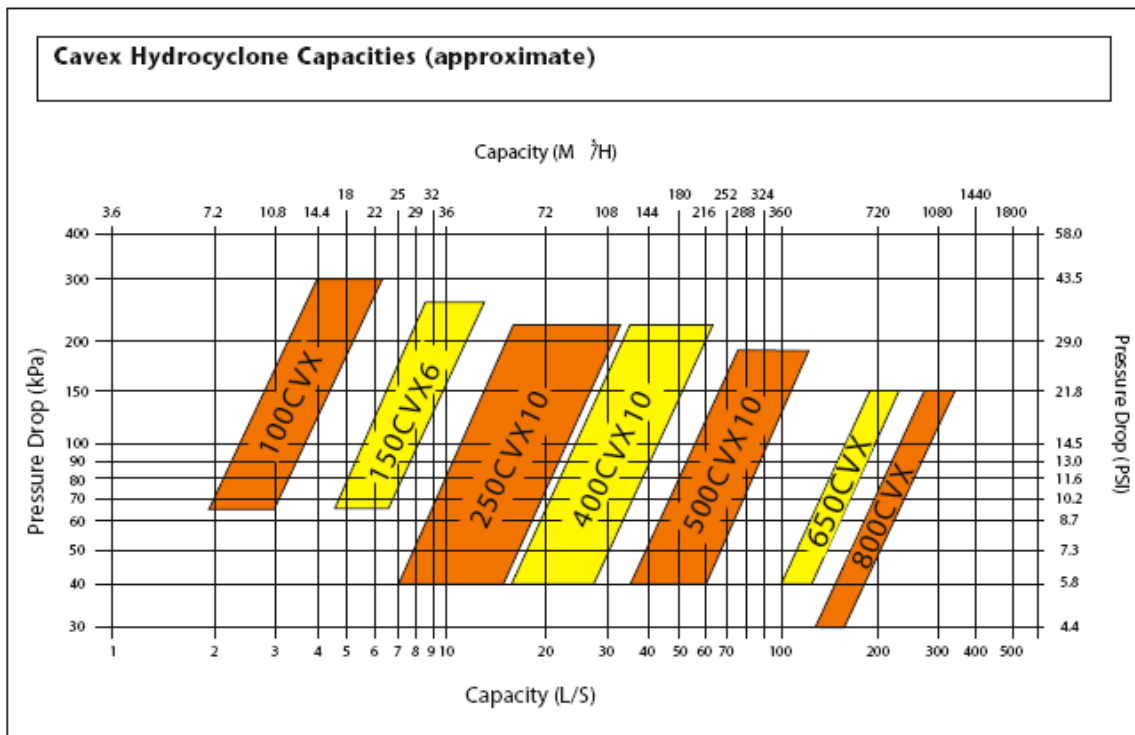
Características motor bomba N°2, escenario “50.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,3335		Frame	364/5T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	50	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Anexo 3.6.: Selección hidrociclón.

La presión de descarga de la bomba N°2 es de 39,4 psi para el caso de “17.000 ton/año” y de 28,2 psi para el caso de “50.000 ton/año” y el caudal que este arroja es de 98 m³/h y de 289 m³/h respectivamente. Con esto se puede hacer coincidir los datos en la tabla y se puede seleccionar el hidrociclón adecuado, que en el primer caso es el Hidrociclón Cavex 100CVX y para el segundo es el Hidrociclón Cavex 500CVX10.



Fuente: pagina Web Weir Minerals.

Anexo 3.7.: Selección bomba N°3

Los datos necesarios para la elección de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo de agua (ton/año)	Caudal de agua (m3/h)	TDH (m)
17.000	94.444	15	12,5
34.000	188.889	29	---
50.000	277.778	43	14,3

Fuente: Elaboración propia y ayuda de Eduardo Cepeda.

Características motor bomba N°3, escenario “17.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,4475		Frame	213T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	5	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Características motor bomba N°3, escenario “50.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,2439		Frame	254T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	10	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Anexo 3.8.: Selección bomba N°4

Los datos necesarios para la elección de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	Flujo sólido de material (ton/h)	Porcentaje sólido (%)	densidad (ton/m3)	Caudal de material (m3/h)	TDH (m)
17.000	10	5	50%	1,21	9	16,1
34.000	21	10	50%		17	---
50.000	31	15	50%		26	16,4

Fuente: Elaboración propia y ayuda de Eduardo Cepeda.

Características motor bomba N°4, escenario “17.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1.3552		Frame	184T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	3	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Características motor bomba N°4, escenario “50.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1.3525		Frame	213T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	5	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Anexo 3.9.: Selección bomba N°5

Los datos necesarios para la elección de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo total de material (ton/h)	Flujo sólido de material (ton/h)	Porcentaje sólido (%)	densidad (ton/m3)	Caudal de material (m3/h)	TDH (m)
17.000	7	5	70%	1,21	6	18,3
34.000	15	10	70%		12	---
50.000	22	15	70%		18	19,5

Fuente: Elaboración propia y ayuda de Eduardo Cepeda.

Características motor bomba N°5, escenario “17.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,2582		Frame	184T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	3	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Características motor bomba N°5, escenario “50.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,4127		Frame	213T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	5	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Anexo 3.10.: Selección cancha de secado¹

- Elección cancha de secado para el caso “17.000 ton/año”

A continuación se muestran los datos necesarios para la elección:

Material	Fierro magnético	Otros minerales	Agua	Total
Porcentaje (%)	45%	45%	10%	100%
Flujo másico (tn/h)	2,62	2,62	0,58	5,83
Densidad (tn/m3)	5,2	3,0	1,0	
Flujo volumétrico(m3/h)	0,50	0,87	0,58	1,96

Fuente: Elaboración propia

El flujo volumétrico corresponde al material que quedará en la cancha de secado, con lo que con este valor se puede calcular la altura que llegará a tener el material acopiado en un cierto espacio. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de metros cuadrados que se necesita para que el material no sobrepase los 30 centímetros al cabo de tres días de acopio, que se calculó con la ayuda de Excel, y que es la condición para elegir la cancha de secado adecuada, que en este caso es de 500 m²:

Cancha (m2)	400			500		
Tiempo (día)	1	2	3	1	2	3
Altura (cm)	11,76	23,52	35,28	9,41	18,82	28,22

Fuente: Elaboración propia

- Elección cancha de secado para el caso “34.000 ton/año”

A continuación se muestran los datos necesarios para la elección:

Material	Fierro magnético	Otros minerales	Agua	Total
Porcentaje (%)	45%	45%	10%	100%
Flujo másico (tn/h)	5,25	5,25	1,17	11,66
Densidad (tn/m3)	5,2	3,0	1,0	
Flujo volumétrico(m3/h)	1,01	1,75	1,17	3,92

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de metros cuadrados que se necesita para que el material no sobrepase los 30 centímetros al cabo de tres días de acopio, que en este caso es de 961 m²:

¹ Datos y supuestos entregados por Juan Munizaga.

Cancha (m2)	800			961		
Tiempo (día)	1	2	3	1	2	3
Altura (cm)	11,76	23,52	35,28	9,79	19,58	29,37

Fuente: Elaboración propia

- Elección cancha de secado para el caso “50.000 ton/año”

A continuación se muestran los datos necesarios para la elección:

Material	Fierro magnético	Otros minerales	Agua	Total
Porcentaje (%)	45%	45%	10%	100%
Flujo másico (tn/h)	7,72	7,72	1,71	17,15
Densidad (tn/m3)	5,2	3,0	1,0	
Flujo volumétrico(m3/h)	1,48	2,57	1,71	5,77

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de metros cuadrados que se necesita para que el material no sobrepase los 30 centímetros al cabo de tres días de acopio, que en este caso es de 1400 m2:

Cancha (m2)	1300			1444		
Tiempo (día)	1	2	3	1	2	3
Altura (cm)	10,65	21,30	31,96	9,59	19,18	28,77

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.11.: Selección bomba N°6

Los datos necesarios para la elección de la bomba se resumen en la siguiente tabla:

Escenarios de producción (ton/año)	Flujo de agua (ton/año)	Flujo de agua (ton/h)	Caudal de agua (m3/h)	TDH (m)
17.000	14.571	2	2	14,6
34.000	29.143	4	4	---
50.000	42.857	7	7	14,4

Fuente: Elaboración propia y ayuda de Eduardo Cepeda.

Características motor bomba N°6, escenario “17.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

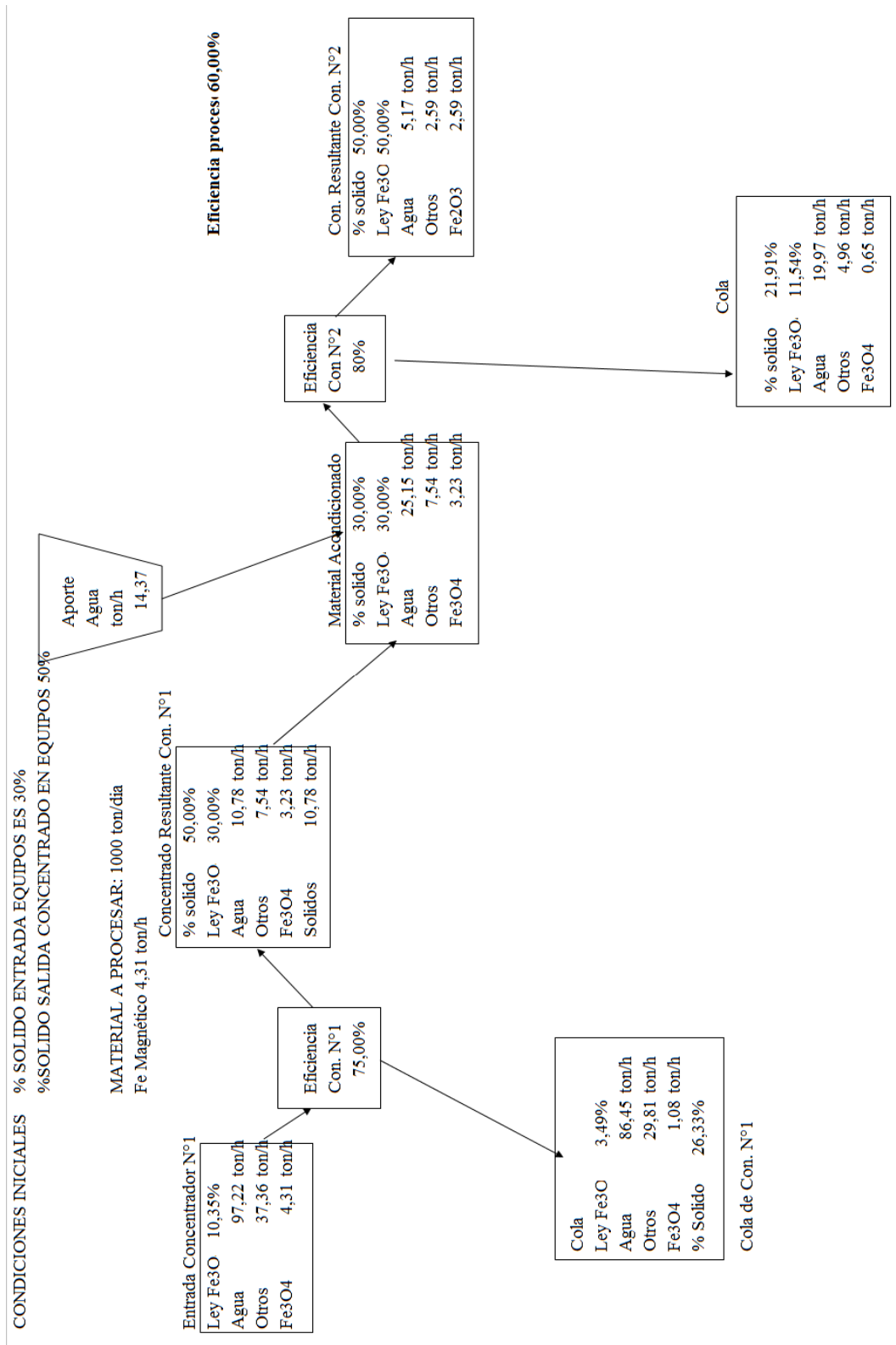
MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,2941		Frame	213T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	5	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Características motor bomba N°6, escenario “50.000 ton/año”:

Motor Eléctrico :

MOTOR Incluido:	SI		Marca :	WEG
Voltage:	380/660	V	Norma :	NEMA
Fases:	3	Ph	IP	55
Frecuencia :	50	Hz	RPM	1500
Factor Seguridad	1,3136		Frame	213T
Polos :	4		Incluye VDF	NO
Potencia MOTOR :	5	HP		
Metodo Partida :	VDF			
Encerramiento :	TEFC			
Motor apto para :	1000	msnm		

Anexo 3.12.: Diagrama de Flujo Másico (estudios de SCMT).



Fuente: SCMT.

Anexo 3.13.: Ejemplo cálculos caso 50.000 ton/año.

Cálculo tabla 3.1: Ley de Fe_3O_4 en material sólido de relave.

1. $15\% * 68,97\% = 10,35\%$

Cálculo tabla 3.2: Cantidad de entrada de magnetita.

1. $(50.000 \text{ (ton/año)} * 100) / 60 = 83.333 \text{ (ton/año)} (*)$
2. $(83.333 \text{ (ton/año)} * 100) / 10,35 = 805.503 \text{ (ton/año)} (**)$

Cálculo tabla 3.3: Tiempo de duración del material.

1. $3.000.000 \text{ (ton)} / 805.503 \text{ (ton/año)} = 3,7 \text{ años}$

Cálculo tabla 3.4: Material total a procesar.

1. $(805.503 \text{ (ton/año)} * 70) / 30 = 1.879.507$
2. $805.503 \text{ (ton/año)} + 1.879.507 \text{ (ton/año)} = 2.685.011 \text{ (ton/año)} (***)$

Cálculo tabla 3.5: Material anual de entrada y salida del concentrador N°1 hacia el concentrador N°2.

1. Datos de entrada: (*) 83.333 (ton/año); (**) 805.503 (ton/año); (***) 2.685.011 (ton/año).
2. Datos de salida: $83.333 \text{ (ton/año)} * 0,75 = 62.500 \text{ (ton/año)}$
(****) $62.500 \text{ (ton/año)} / 0,3 = 208.333 \text{ (ton/año)}$
 $208.333 \text{ (ton/año)} * 2 = 416.667 \text{ (ton/año)}$

Cálculo tabla 3.6: Residuo del concentrador N°1.

1. $2.685.011 \text{ (ton/año)} - 416.667 \text{ (ton/año)} = 2.268.344 \text{ (ton/año)}$
2. $805.503 \text{ (ton/año)} - 208.333 \text{ (ton/año)} = 597.170 \text{ (ton/año)}$
3. $83.333 \text{ (ton/año)} - 62.500 \text{ (ton/año)} = 20.833 \text{ (ton/año)}$
4. $2.268.344 \text{ (ton/año)} - 597.170 \text{ (ton/año)} = 1.671.174 \text{ (ton/año)}$

Cálculo tabla 3.7: Material anual de entrada y salida del concentrador N°2 hacia el espesador.

1. Datos de entrada: (****) 62.500 (ton/año); 208.333 (ton/año);
208.333 (ton/año) * (100/30) = 694.444 (ton/año)
2. Datos de salida: 62.500 (ton/año) * 0,8 = 50.000 (ton/año)
(*****) 50.000 (ton/año) * 2 = 100.000 (ton/año)
100.000 (ton/año) * 2 = 200.000 (ton/año)

Cálculo tabla 3.8: Residuo del concentrador N°2.

1. 694.444 (ton/año) – 200.000 (ton/año) = 494.444 (ton/año)
2. 208.333 (ton/año) – 100.000 (ton/año) = 108.333 (ton/año)
3. 62.500 (ton/año) – 50.000 (ton/año) = 12.500 (ton/año)
4. 494.444 (ton/año) - 108.333 (ton/año) = 386.111 (ton/año)

Cálculo tabla 3.9: Material de entrada y salida del espesador.

1. Datos de entrada: (*****) 200.000 (ton/año); 100.000 (ton/año);
50.000 (ton/año)
2. Datos de salida: 50.000 (ton/año) de Fe₃O₄ presente
(*****) 50.000 (ton/año) * 2 = 100.000 (ton/año) de material sólido a procesar.
100.000 * (100 / 70) = 142.877 (ton/año) material a procesar.

Cálculo tabla 3.10: Material final obtenido del proceso.

1. Datos de entrada: (*****) 142.877 (ton/año); 100.000 (ton/año);
50.000 (ton/año)
2. Datos de salida: 50.000 (ton/año) de Fe₃O₄ presente
50.000 (ton/año) * 2 = 100.000 (ton/año) de material sólido a procesar.
100.000 * (100 / 90) = 111.111 (ton/año) material final.

Anexo 4: Estudio aspectos regulatorios

Anexo 4.1.: Consideraciones evaluación de impacto ambiental

TITULO II

DE LA GENERACIÓN O PRESENCIA DE EFECTOS, CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS QUE DEFINEN LA PERTINENCIA DE PRESENTAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Artículo 4.- El titular de un proyecto o actividad que se someta al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, lo hará presentando una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

Artículo 5.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que genera o produce. A objeto de evaluar si se genera o presenta el riesgo a que se refiere el inciso anterior, se considerará:

- a) lo establecido en las normas primarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 7 del presente Reglamento;
- b) la composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera;
- c) la frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera;
- d) la composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos;
- e) la frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos;
- f) la diferencia entre los niveles estimados de inmisión de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde exista población humana permanente;
- g) las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el proyecto o actividad; y

h) los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el proyecto o actividad.

Artículo 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.

Artículo 8.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.

Artículo 9.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad se localiza próximo a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

Artículo 10.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.

Artículo 11.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

TITULO III

DE LOS CONTENIDOS DE LOS ESTUDIOS Y DECLARACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL

Párrafo 2°

De las Declaraciones de Impacto Ambiental

Artículo 14.- Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán presentarse bajo la forma de una declaración jurada, en la cual se expresará que se cumple con la legislación ambiental vigente, acompañando todos los antecedentes que permitan al órgano competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

Artículo 15.- Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán contener, a lo menos, lo siguiente:

a) La indicación del tipo de proyecto o actividad de que se trata, indicando su nombre; la identificación del titular y su sociedad matriz, si la hubiere; su objetivo; su localización según coordenadas geográficas y según división político-administrativa a nivel regional, provincial y comunal; el monto estimado de la inversión; la superficie que comprenderá y la justificación de su localización.

b) La descripción del proyecto o actividad que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán, definiendo las partes, acciones y obras físicas que lo componen; su vida útil; el plazo estimado de inicio de la ejecución o modificación del proyecto o actividad; y la descripción cronológica de sus distintas fases.

c) La indicación de los antecedentes necesarios para determinar si el impacto ambiental que generará o presentará el proyecto o actividad se ajusta a las normas ambientales vigentes, y que éste no requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y en el presente Reglamento.

d) La descripción del contenido de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular del proyecto o actividad contemple realizar.

Artículo 16.- La Declaración de Impacto Ambiental que presente el titular del proyecto o actividad, deberá acompañarse de la documentación y los antecedentes necesarios para acreditar el cumplimiento de la normativa de carácter ambiental y de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos del Título VII de este Reglamento. Dicha Declaración deberá acompañarse de una reproducción en medios magnéticos o electrónicos, a excepción de aquellos documentos o piezas que por su naturaleza u origen no sea posible presentarlos en dichos medios.

Tratándose de una modificación a un proyecto o actividad en ejecución, los antecedentes presentados que se señalan en las letras del artículo anterior, deberán considerar la situación del proyecto o actividad, y su medio ambiente, previa a su modificación.

Anexo 5: Evaluación económica

Anexo 5.1.: Cotización equipos

- **Concentradores magnéticos:**

Dear Mr.Jorge Checura I.

I am so glad to received your inquiry .

In fact, last year, I have sell many sets drum magnetic separator to Chile.

for you inquiry,i give you the best price is as follow:

Models (In Drum Diameter*length):-----Fob shnghai price:

- 600x900-----1300-1500 Gauss -----2500 USD/set
- 1050x700-----1500-1800 Gauss -----8500USD/set
- 1050x1000-----1600-1800 Gauss -----10000USD/set
- 1050x1500-----1600-1800 Gauss -----13000USD/set
- 1200x2400-----1600-1800 Gauss -----16500USD/set
- 1200x3000-----1600-1800 Gauss -----22000USD/set

delivery time: after TT 35days

thanks and best regards,

zhou guosheng

QIJIN MAGNET CO.,LTD.

Mr.Zhou guosheng

Address: dangtu industry zone, Maashan city,
Anhui Prov, 243100 China

Tel:+86-555-6613128 6613129

Fax:+86-555-6613139 6613129

Mobile:+86-133 0555 8836

<http://www.chnmag.cn>

<http://www.qjmagnet.com.cn>

Dado que el precio es FOB Shanghai, se debió cotizar el costo de traslado de la carga desde Shanghai hasta Coquimbo. Para esto se necesitaron requirieron los siguientes datos que se resumen en los siguientes cuadros:

- **Caso “17.000 ton/año”:**

Diámetro del tambor (mm)	Volumen de la carga (m3)	Peso (Kg.)	Precio (US\$) (FOB Shanghai)
600x900	3,66	1100	2.500
1050x1500	12,63	3640	13.000
Total:	16,28	4740	15.500

Fuente: Elaboración propia.

- **Caso “34.000 ton/año”:**

Diámetro del tambor (mm)	Volumen de la carga (m3)	Peso (Kg.)	Precio (US\$) (FOB Shangai)
1050×700	9,29	2200	8.500
1200×2400	19,17	5900	16.500
Total:	28,47	8100	25.000

Fuente: Elaboración propia.

- **Caso “50.000 ton/año”:**

Diámetro del tambor (mm)	Volumen de la carga (m3)	Peso (Kg.)	Precio (US\$) (FOB Shangai)
1050×1000	10,64	2800	10.000
1200×3000	21,65	7500	22.000
Total:	32,30	10300	32.000

Fuente: Elaboración propia.

El flete naviero se cotizó en la empresa Checargo Freigh Forwarder, el cual estimó que lo más conveniente era transportar la carga, para los tres casos, en un containers de 20 pies. El seguro se cotizó a través de Magallanes Seguros, el cual tiene un precio de cerca del 0,3% sobre el valor de la carga más el valor del flete naviero. El flete local se cotizó en Transportes Aquea y por último la agencia de aduana cotizada es la Agencia de Aduana Guillermo Robe. Todo esto se resume en los siguientes cuadros para cada uno de los casos:

- **Caso “17.000 ton/año”:**

Precio (US\$) (FOB Shangai)	Flete naviero 1fclx20 (US\$)	Seguro (US\$)	Flete local (US\$)	Gastos agencia de aduana (US\$)	Gastos puerto (US\$)	Total (US\$)
15.500	3.495	63	479	98	332	19.967

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones.

- **Caso “34.000 ton/año”:**

Precio (US\$) (FOB Shangai)	Flete naviero 1fclx20 (US\$)	Seguro (US\$)	Flete local (US\$)	Gastos agencia de aduana (US\$)	Gastos puerto (US\$)	Total (US\$)
25.000	3.495	94	818	121	428	29.956

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones.

- **Caso “50.000 ton/año”:**

Precio (US\$) (FOB Shangai)	Flete naviero 1fclx20 (US\$)	Seguro (US\$)	Flete local (US\$)	Gastos agencia de aduana (US\$)	Gastos puerto (US\$)	Total (US\$)
32.000	3.495	117	1.040	139	564	37.355

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones.

- **Hidrociclón**

Estimado señor:

Buenas tardes, envío respuesta a su solicitud de cotización.

- Ciclón Cavex 500CVX 10GR
Código: CICLON500CVX10014 \$7.643.168.-C/U

-Ciclón Cavex 100CVX
Código: CICLON100CVX10010 \$4.521.168.-C/U

Entrega: 10 a 12 semanas.

Quedo a la espera de sus comentarios.

Atentamente.

Ana Tapia C.
Sales Secretary - Chile
Weir Minerals Latin America
San José 0815, San Bernardo,
Santiago, Chile

T: +56 (2) 754 2214
F: +56 (2) 8799959
E: atapia@weirminerals.cl
W: www.weirminerals.com

- **Cotización Bombas caso “17.000 ton/año”:**

Weir Minerals Latin America		Excellent Minerals Solutions 
San José 0815 San Bernardo Santiago de Chile T: +56 (2) 7542100 E: vulcosa@weirminerals.cl W: www.weirminerals.cl	De Oficina Gerencia de Ventas T: +56 (2) 7542200 F: +56 (2) 8799959 E: ventas@weirminerals.cl	

San Bernardo 27 de Noviembre 2008
Señor

Jorge Checura

Ref: Proyecto Minero 2

Estimado Señor,

De acuerdo a lo solicitado, cotizamos lo siguiente:

1.- 1 Bomba Centrifuga Horizontal Warman, 6 x 6, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor

Código A450200310

US\$ 11.460 c/u

1 motor eléctrico marca WEG de 25 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos , Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 1.854 c/u

2.- 1 Bomba Centrifuga Horizontal Warman, 55 x 5, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor

Código A430200296

US\$ 8.450 c/u

1 motor eléctrico marca WEG de 25 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 1.854 c/u

3.- 1 Bomba Galigher Vertical serie 5100, modelo 40-MN0-5100 x 1200 mm, metálica, con poleas y correas, sin motor

Código V610500093

US\$ 6.400 c/u

- WARMAN®**
Centrifugal Slurry Pumps
- VULCO®**
Wear Resistant Linings
- BEHO®**
PD Slurry Pumps
- CAVEX®**
Hydrocyclones
- FLOWAY®**
PUMPS
Vertical Turbine Pumps
- ISOBATE®**
Slurry Valves
- MULTIFLO®**
Mine Dewatering Pumps
- HAZLETON®**
Specialty Slurry Pumps
- LEWIS PUMPS™**
Vertical Chemical Pumps
- BEDEMANN PUMPS™**
Centrifugal Process Pumps



Weir Minerals Latin America

San José 0815
San Bernardo
Santiago de Chile
T: +56 (2) 7542100
E: vulcosa@weirminerals.cl
W: www.weirminerals.cl

De Oficina
Gerencia de Ventas
T: +56 (2) 7542200
F: +56 (2) 8799959
E: ventas@weirminerals.cl

Excellent
Minerals
Solutions



1 motor elèctrico marca WEG de 5HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 590 c/u

4.- 1 Bomba Centrifuga Horizontal Warman, 2 x 1/1/2, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor

Còdigo A400200230

US\$ 5.130 c/u

1 motor elèctrico marca WEG de 3 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 441 c/u

5.- 1 Bomba Centrifuga Horizontal Warman, 2 x 11/2, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor

Còdigo A400200229

US\$ 5.130 c/u

1 motor elèctrico marca WEG de 3 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 441 c/u

6.- 1 Bomba Galigher Vertical serie 5100, modelo 40-MN0-5100 x 1200 mm, metàlica, con poleas y correas, sin motor

Còdigo V610500094

US\$ 6.390 c/u

1 motor elèctrico marca WEG de 5 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 590 c/u

WARMAN®
Centrifugal Slurry Pumps

VULCO®
Wear Resistant Linings

GEHO®
PD Slurry Pumps

CAVEX®
Hydrocyclones

FLOWAY®
PUMPS

Vertical Turbine Pumps

ISDGATE®
Slurry Valves

MULTIFLO®
Mine Dewatering Pumps

HAZLETON®
Specialty Slurry Pumps

LEWIS PUMPS™
Vertical Chemical Pumps

BEGEMANN PUMPS™
Centrifugal Process Pumps



Weir Minerals Latin America

San José 0815
San Bernardo
Santiago de Chile
T: +56 (2) 7542100
E: vulcosa@weirminerals.cl
W: www.weirminerals.cl

De Oficina
Gerencia de Ventas
T: +56 (2) 7542200
F: +56 (2) 8799959
E: ventas@weirminerals.cl

**Excellent
Minerals
Solutions**



Fecha de entrega 20/22 semanas

Condiciones de pago: contado 30 días

Validez oferta: 30 días

Atentamente

Sergio Pizarro Balbontin
Depto. De Ventas

WARMAN®
Centrifugal Slurry Pumps

VULCO®
Wear Resistant Linings

SEHO®
PD Slurry Pumps

CAVEX®
Hydrocyclones

FLOWAY®
PUMPS
Vertical Turbine Pumps

ISOBATE®
Slurry Valves

MULTIFLO®
Mine Dewatering Pumps

HAZLETON®
Specialty Slurry Pumps

LEWIS PUMPS™
Vertical Chemical Pumps

**BEGEMANN
PUMPS™**

Centrifugal Process Pumps



- **Cotización Bombas caso “50.000 ton/año”:**

Weir Minerals Latin America		Excellent Minerals Solutions 
San José 0815 San Bernardo Santiago de Chile T: +56 (2) 7542100 E: vulcosa@weirminerals.cl W: www.weirminerals.cl	De Oficina Gerencia de Ventas T: +56 (2) 7542200 F: +56 (2) 8799959 E: ventas@weirminerals.cl	

San Bernardo 27 de Noviembre 2008
Señor

Jorge Checura

Ref: Proyecto Minero 1

Estimado Señor,

De acuerdo a lo solicitado, cotizamos lo siguiente:

1.- 1 Bomba Centrifuga Horizontal Warman, 8 x 8, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor
Código A450200310

US\$ 16.850 c/u

1 motor eléctrico marca WEG de 75 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos , Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 5.592 c/u

2.- 1 Bomba Centrifuga Horizontal Warman, 8 x 8, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor
Código A450200310

US\$ 16.850 c/u

1 motor eléctrico marca WEG de 50 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 4.403 c/u

3.- 1 Bomba Galigher Vertical serie 5100, modelo 50-MN2-5100 x 1200 mm, metálica, con poleas y correas, sin motor
Código V622500066

US\$ 9.540 c/u

WARMAN®
Centrifugal Slurry Pumps
VULCO®
Wear Resistant Linings
GEHO®
PD Slurry Pumps
CAVEX®
Hydrocyclones
FLOWAY®
PUMPS
Vertical Turbine Pumps
ISOGATE®
Slurry Valves
MULTIFLO®
Mine Dewatering Pumps
HAZLETON®
Specialty Slurry Pumps
LEWIS PUMPS™
Vertical Chemical Pumps
BEDEMANN PUMPS™
Centrifugal Process Pumps



Weir Minerals Latin America

San José 0815
San Bernardo
Santiago de Chile
T: +56 (2) 7542100
E: vulcosa@weirminerals.cl
W: www.weirminerals.cl

De Oficina
Gerencia de Ventas
T: +56 (2) 7542200
F: +56 (2) 8799959
E: ventas@weirminerals.cl

Excellent
Minerals
Solutions



1 motor elèctrico marca WEG de 10 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 990 c/u

4.- 1 Bomba Centrífuga Horizontal Warman, 2,5 x 2, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor

Código A410200276

US\$ 5.515 c/u

1 motor elèctrico marca WEG de 5 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 590 c/u

5.- 1 Bomba Centrífuga Horizontal Warman, 2,5 x 2, modelo SRH, con revestimientos en goma natural, montaje CV, incluye poleas y correas, sin motor

Código A410200276

US\$ 5.515 c/u

1 motor elèctrico marca WEG de 5 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 590 c/u

6.- 1 Bomba Galigher Vertical serie 5100, modelo 40-MN2-5100 x 1200 mm, metàlica, con poleas y correas, sin motor

Código V610500092

US\$ 6.450 c/u

1 motor elèctrico marca WEG de 5 HP, 350 V, 50 Hz, 4 polos Nema, apto para operar a 1.000 m.s.n.m

US\$ 590 c/u

WARMAN®
Centrifugal Slurry Pumps
VULCO®
Wear Resistant Linings
GEHO®
PD Slurry Pumps
CAVEK®
Hydrocyclones
FLOWAY®
PUMPS
Vertical Turbine Pumps
ISOBATE®
Slurry Valves
MULTIFLO®
Mine Dewatering Pumps
HAZLETON®
Specialty Slurry Pumps
LEWIS PUMPS™
Vertical Chemical Pumps
BEGEMANN
PUMPS™
Centrifugal Process Pumps



Weir Minerals Latin America

San José 0815
San Bernardo
Santiago de Chile
T: +56 (2) 7542100
E: vulcosa@weirminerals.cl
W: www.weirminerals.cl

De Oficina
Gerencia de Ventas
T: +56 (2) 7542200
F: +56 (2) 8799959
E: ventas@weirminerals.cl

**Excellent
Minerals
Solutions**



Fecha de entrega 20/22 semanas

Condiciones de pago: contado 30 días
Validez oferta: 30 días

Atentamente

Sergio Pizarro Balbontin
Depto. De Ventas

WARMAN®
Centrifugal Slurry Pumps

VULCO®
Wear Resistant Linings

BEHO®
PD Slurry Pumps

CAVEX®
Hydrocyclones

**FLOWAY®
PUMPS**
Vertical Turbine Pumps

ISOGATE®
Slurry Valves

MULTIFLO®
Mine Dewatering Pumps

HAZLETON®
Specialty Slurry Pumps

LEWIS PUMPS™
Vertical Chemical Pumps

**BEGEMANN
PUMPS™**
Centrifugal Process Pumps



Anexo 5.2.: Calculo de consumo de energía (Kwh)

Descripción	Consumo (HP)		
	17.000 ton/año	34.000 ton/año	50.000 ton/año
Bomba N°1	25	50	75
Bomba N°2	25	37,5	50
Bomba N°3	5	7,5	10
Bomba N°4	3	4	5
Bomba N°5	3	4	5
Bomba N°6	5	5	5
Descripción	Consumo (Kwh) = HP*0,7358		
	17.000 ton/año	34.000 ton/año	50.000 ton/año
Concentrador Magnético N°1	3	5,5	5,5
Concentrador Magnético N°2	1,5	2,2	3
Hidrociclón	0	0	0
Bomba N°1	18	37	55
Bomba N°2	18	28	37
Bomba N°3	4	6	7
Bomba N°4	2	3	4
Bomba N°5	2	3	4
Bomba N°6	4	4	4
Subtotal	53	87	119
Iluminación y otros (10%)	5	9	12
Total	58	96	131

Fuente: elaboración propia.

Anexo 5.3.: Calculo del capital de trabajo.

Para calcular el capital de trabajo se realiza el metido de la máxima pérdida acumulada mensualmente, es decir, que cuando la perdida sea máxima, ese será el capital de trabajo necesario (la suma de todos lo meses en que hubo perdida). El valor para cada uno de los caso es de cerca de \$30 millones, \$34 millones y \$38 millones como se muestra en las siguientes tabla

- **Caso “17.000 ton/año”:**

Meses	1	2	3	4	5	6
M\$	-14.837	-29.673	-27.510	-25.714	-23.919	-22.428

Fuente: Elaboración propia.

- **Caso “34.000 ton/año”:**

Meses	1	2	3	4	5
M\$	-17.057	-34.113	-17.170	-3.107	10.956

Fuente: Elaboración propia.

- **Caso “50.000 ton/año”:**

Meses	1	2	3	4
M\$	-19.084	-38.167	-9.262	16.398

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5.4: Flujo de caja

- Caso “17.000 ton/año” en miles de pesos:

PERIODO (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingreso por ventas		204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000	204.000
Costos Fijos		-150.193	-156.200	-162.448	-168.946	-175.704	-182.732	-190.042	-197.643	-205.549	-213.771	-222.322
Costos Variables		-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594	-29.594
Depreciaciones legales		-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-6.992	-818
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-	-	-8.290	-23.608	-46.236	-76.465	-114.600	-160.957
<i>Utilidad Antes de Impuesto</i>		17.221	11.214	4.966	-1.532	-8.290	-23.608	-46.236	-76.465	-114.600	-160.957	-209.691
Impto Primera categoría 17%		-2.928	-1.906	-844	260	0	0	0	0	0	0	0
<i>Utilidad Después de Impuesto</i>		14.294	9.307	4.121	-1.272	-8.290	-23.608	-46.236	-76.465	-114.600	-160.957	-209.691
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-	-	8.290	23.608	46.236	76.465	114.600	160.957
Depreciaciones legales		6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	6.992	818
FLUJO OPERACIONAL	0	21.286	16.299	11.113	5.720	-1.298	-8.326	-15.636	-23.237	-31.143	-39.365	-47.916
Inversión	-121.667											
Capital de Trabajo	-29.964											29.964
Valor Residual de los Activos												18.522
FLUJO DE CAPITAL	-151.632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.487
FLUJO DE CAJA	-151.632	21.286	16.299	11.113	5.720	-1.298	-8.326	-15.636	-23.237	-31.143	-39.365	571
VPN (15%)	-146.401	miles de \$										

Fuente: Elaboración propia

- Caso “34.000 ton/año” en miles de pesos:

PERIODO (año)	0	1	2	3	4	5	6
Ingreso por ventas		408.000	408.000	408.000	408.000	408.000	204.000
Costos Fijos		-158.004	-164.324	-170.897	-177.733	-184.842	-96.118
Costos Variables		-48.614	-48.614	-48.614	-48.614	-48.614	-24.307
Depreciaciones legales		-8.508	-8.508	-8.508	-8.508	-8.508	-4.254
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-	-	-
<i>Utilidad Antes de Impuesto</i>		192.873	186.553	179.980	173.144	166.035	79.321
Imppto Primera categoría 17%		-32.788	-31.714	-30.597	-29.435	-28.226	-13.485
<i>Utilidad Después de Impuesto</i>		160.085	154.839	149.384	143.710	137.809	65.836
Pérdidas del ejercicio anterior		-	-	-	-	-	-
Depreciaciones legales		8.508	8.508	8.508	8.508	8.508	4.254
FLUJO OPERACIONAL		168.593	163.348	157.892	152.218	146.317	70.090
Inversión	-148.622						
Capital de Trabajo	-34.436						34.436
Valor Residual de los Activos							22.428
FLUJO DE CAPITAL	-183.058	0	0	0	0	0	56.864
FLUJO DE CAJA	-183.058	168.593	163.348	157.892	152.218	146.317	126.955

VPN (15%)	405.538	miles de \$
TIR	87%	
PRC	1,2	años

Fuente: Elaboración propia

