



UNIVERSIDAD GABRIELA MISTRAL

FACULTAD DE INGENIERIA

**ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO PROPIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA
UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW**

MARIA JIMENA VERA MANZUR

SANTIAGO DE CHILE

2009

Noviembre del 2009

Esta tesis está dedicada especialmente a mi hijo José Daniel que me ha dado todo amor y cariño en el primer año de su vida. A la vez no puedo dejar de lado a mis padres y hermanos que me dieron su apoyo incondicional, como también lo hicieron mis abuelitos maternos y paternos (q.e.d).

Igualmente quería agradecer a Daniel, mi pareja, por todo el amor y la fuerza que me ha dado para poder terminar esta tesis.

A mis tíos (Rafael y Eduardo) les doy las gracias, por el tiempo que me brindaron para ayudarme con este proyecto, además del cariño y el apoyo que me entregaron mis primas y mis tías.

En estos años universitarios reforcé algunas amistades y gane otras, les doy las gracias a mis amigos que estuvieron conmigo en toda circunstancia ellos son: Daniela P., Tatiana G., Verónica R., Mario J., Nassin N., Katherine A. y Sebastián H.

Finalmente reconozco la gran labor que hicieron Roxana y Cristina (bibliotecarias de la UGM) de ayudarme tanto en el ámbito estudiantil como personal.

Noviembre del 2009

Resumen Ejecutivo

El siguiente proyecto, tiene como propiedad a un grupo de empresarios que desea instalarse con una planta productora de cátodos de cobre mediante el proceso de extracción por solvente y electro obtención (SX-EW). Este grupo de personas desea omitir el nombre de la futura empresa, por consiguiente se le nombrara como "Minera Minera Taltal S.A.".

El cobre tiene la complejidad de ser un comoditie, y es por ello que se desea desarrollar herramientas que permitan reducir los costos de producción. Más aún, hoy en día (Año 2008) que hay elevados costos de energía eléctrica y de acido sulfúrico. Es por ello que en la presente tesis "*Análisis microeconómico de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica para una minera productora de cátodos SX-EW*" tiene por objetivo disminuir los costos de energía eléctrica para la extracción de cátodos de cobre oxidados, pues este valor afecta considerablemente en los costos marginales.

Para ello fue necesario estudiar en profundidad el proceso de extracción de cobre, para determinar en las diferentes etapas del proceso donde se ocupa la mayor parte de la energía eléctrica, permitiendo establecer los puntos críticos en el abastecimiento energético del proceso lo que permitirá investigar alternativas de solución para la reducción de costos.

Conjuntamente se investigó en profundidad el sistema de facturación de energía eléctrica para los clientes libres¹, para poder determinar si es rentable colocar una planta generadora de energía eléctrica propia o abastecerse directamente del SIC².

¹ Cliente libre: todo aquel cliente que tiene una potencia contratada por más de 2 MW

² SIC: Sistema interconectado central

Noviembre del 2009

A continuación de la investigación realizada previamente, se realizó una estrategia de tecnología para la energía eléctrica a implementar en la minera, la cual concluye que se debe realizar lo siguiente:

- Cambiar el sistema de abastecimiento eléctrico entregado por EMELAT por una planta abastecedora de energía eléctrica propia.
- Reducir el suministro de energía eléctrica a algunas maquinas específicas que intervienen con el proceso de extracción de cobre.

El análisis económico de las alternativas planteadas anteriormente señala que el VAN de este proyecto tiene un valor de US \$ 92.527.389. La tasa interna de retorno (TIR) tiene un valor de 14,7%. Este valor es esperado porque se debe realizar una gran inversión en relación a los flujos esperados del proyecto.

Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 2 | MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS..... | 9 |
| 3 | CARACTERISTICAS DEL MERCADO | 10 |
| 3.1 | Reseña Histórica Del Cobre | 10 |
| 3.2 | Usos Del Cobre..... | 12 |
| 3.3 | Mercado Internacional Del Cobre | 13 |
| 3.4 | Demanda del cobre refinado..... | 16 |
| 3.5 | Escenario energético..... | 18 |
| 4 | CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA..... | 24 |
| 4.1 | Características De La Empresa | 24 |
| 4.2 | Situación Actual | 25 |
| 4.2.1 | Flow sheet del proceso | 28 |
| 4.3 | Antecedentes De La Minera | 29 |
| 4.3.1 | Contratos típicos | 30 |
| 5 | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | 33 |
| 5.1 | Chancadores..... | 33 |
| 5.2 | Aglomerado..... | 35 |
| 5.3 | Lixiviación..... | 36 |
| 5.4 | Extracción Por Solvente | 37 |
| 5.5 | Electro Obtención | 38 |
| 5.6 | Cosecha | 39 |
| 5.7 | Equipos Críticos..... | 41 |
| 6 | PROYECTO | 43 |
| 6.1 | Alternativas De Generación De Energía Eléctrica | 43 |

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

| | | |
|-------|--|----|
| 6.2 | Estudio Facturación Energía Eléctrica..... | 44 |
| 6.2.1 | Empresas generadoras | 44 |
| 6.2.2 | Generadores en base a petróleo | 47 |
| 6.2.3 | Energía base a carbón | 50 |
| 6.2.4 | Geotermica | 51 |
| 6.2.5 | Biomasa | 53 |
| 6.2.6 | Eólica | 55 |
| 6.2.7 | Energía solar..... | 57 |
| 7 | ESTRATEGIA | 61 |
| 7.1 | Análisis Externo..... | 61 |
| 7.1.1 | Oportunidades y amenazas..... | 63 |
| 7.2 | Análisis Interno..... | 64 |
| 7.2.1 | Cadena de valor | 65 |
| 7.2.2 | Recursos, capacidades, core competence | 66 |
| 7.2.3 | Fortalezas y debilidades..... | 67 |
| 7.3 | Matriz Atractivo De La Industria / Fortaleza Del Negocio | 67 |
| 7.3.1 | Desarrollo de estrategias genéricas..... | 70 |
| 8 | ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA DE TECNOLOGÍA | 72 |
| 8.1 | Análisis externo | 72 |
| 8.2 | Análisis interno..... | 74 |
| 9 | EVALUACION ECONOMICA | 80 |
| 9.1 | Ingresos | 81 |
| 9.2 | Inversión Inicial..... | 81 |
| 9.3 | Depreciación | 82 |
| 9.4 | Costos Variables | 83 |

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

| | | |
|------|--------------------------|----|
| 9.5 | Costos Fijos..... | 83 |
| 9.6 | Capital de trabajo | 84 |
| 9.7 | Tasa de descuento | 84 |
| 9.8 | Valor residual..... | 84 |
| 9.9 | Costo Marginal | 85 |
| 9.10 | Flujo De Caja..... | 88 |
| 10 | CONCLUSIONES..... | 89 |
| 11 | BIBLIOGRAFIA..... | 90 |
| 12 | ANEXOS..... | 91 |

Noviembre del 2009

1 INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto consta de evaluar la mejor alternativa de abastecimiento de energía eléctrica para una minera productora de cátodos de cobre, mediante el proceso de extracción por solvente y electro obtención.

Para poder llegar a la mejor alternativa posible se evaluara 6 opciones de generación de energía eléctrica, las cuales son:

1. Generador a petróleo
2. Energía eléctrica base a carbón
3. Geotérmica
4. Biomasa
5. Eólica
6. Energía solar

De estas 6 posibilidades se descartaran 5 y finalmente evaluaremos una de ellas. A la alternativa seleccionada se le aplicara una estrategia de tecnología y posteriormente se realizará un análisis económico.

Para la evaluación económica se tomara un precio aleatorio del cobre que variara de 125,2 a 315,3 cent/lb. Estos precios del cobre son los valores mínimo y máximo respectivamente, que tuvo en el año 2008.

Ya que la minera tiene un contrato de abastecimiento de materia prima por 5 años, este será el tiempo de evaluación del proyecto.

Noviembre del 2009

2 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

Esta tesis consiste en ver la factibilidad económica de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica propio a una minera productora de cobre SX-EW. La mayor motivación que tiene Minera Taltal S.A. en abastecerse propiamente de energía eléctrica, es el elevado aumento que ha tenido en el último periodo el costo energético. En los horarios de punta de 18:00 a 23:00 horas es donde el costo de energía eléctrica llega a ser más del doble que en los horarios fuera de punta.

Para poder realizar este proyecto ha contratado a una empresa externa, llamada Sertiic. S.A. para que evaluara económicamente este proyecto y analice cual sería la mejor opción.

Sertiic. S.A. es una empresa que se fundo para brindar servicios de ingeniería, construcción y montaje en la especialidad de instrumentación y control de procesos industriales, como también mantención de instrumentos y puesta en marcha de sistemas de control. SERTIIC S.A. ha participado en diversos proyectos ejecutando diversas actividades, en la especialidad de instrumentación y control de procesos.

El objetivo principal de SERTIIC S.A. para este proyecto es encontrar la mejor opción de abastecimiento eléctrico para reducir los costos operacionales de Minera Minera Taltal S.A..

Como ya lo hemos mencionado anteriormente, por motivos de privacidad esta minera pretende no darse a conocer y desea que su identificación sea anónima, para ello vamos a nombrar a esta minera como Minera Minera Taltal S.A..

3 CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO

3.1 Reseña Histórica Del Cobre

El cobre es un elemento metálico que provino de las profundidades de la Tierra hace millones de años, impulsado por los procesos geológicos que esculpieron nuestro planeta. Y al llegar cerca de la superficie dio origen a diversos tipos de yacimientos.

En la actualidad la mayor parte del cobre disponible aparece disperso en grandes áreas, mezclado con material mineralizado y con roca estéril. Estos son los yacimientos porfíricos³, que sólo pudieron ser explotados cuando se desarrollaron las habilidades metalúrgicas necesarias para separar y recuperar el metal. Hay una gran cantidad de compuestos que contienen cobre, que se clasifican en dos grupos:

- los minerales sulfurados.
- los minerales oxidados.

El porcentaje de cobre presente en estos minerales es conocido por los especialistas como 'ley de cobre', y su valor es variable. En algunos yacimientos esa ley es de 0,8 a 1,2 por ciento, y con frecuencia resulta menor, así que la mayor parte del material explotado en las minas es desechado.

En el principio de la historia del cobre los seres humanos lo encontraron en estado natural, y lo adaptaron para diversos usos con simples técnicas de calentamiento y martilleo.

Posteriormente, las primeras metalurgias permitieron trabajar vetas de alta pureza donde obtenían minerales como la malaquita (carbonato de cobre), que

³ Se caracterizan por contener grandes masas de rocas con cobre sulfurado que generalmente es de baja ley

Noviembre del 2009

sometida a un proceso de fundición simple permitía obtener pepitas de cobre puro.

Pero a medida que progresaba la civilización también comenzaron a agotarse los minerales con alta ley de cobre, y los procesos metalúrgicos desarrollados durante milenios para obtener el metal debieron ser reemplazados paulatinamente por nuevas técnicas para el manejo del material mineralizado.

La alta demanda generada a partir de la Revolución Industrial fue un estímulo para la búsqueda de tecnologías que permitieran aprovechar los yacimientos porfíricos con baja ley en los cuales el metal está esparcido en grandes áreas y mezclado con gran cantidad de componentes y roca estéril, como los que se explotan en la actualidad.

El cobre aparece vinculado en su mayor parte a minerales sulfurados, aunque también se lo encuentra asociado a minerales oxidados.

Estos dos tipos de mineral requieren de procesos productivos diferentes, pero en ambos casos el punto de partida es el mismo: la extracción del material desde las minas a rajo abierto o subterráneas, lo que requiere la fragmentación y el transporte del material identificado por estudios geológicos realizados en la etapa previa de exploración.

3.2 Usos Del Cobre

El cobre juega un rol clave en las industrias del transporte, la electrónica, la construcción, la agricultura, la energía, la salud y las nuevas tecnologías, y es un actor fundamental en la explotación minera, la producción de aleaciones, la fabricación de utensilios de cocina, equipos químicos y farmacéuticos, monedas y dispositivos anticonceptivos intrauterinos, entre muchísimas otras aplicaciones.

Como es uno de los metales conductores de electricidad con el menor índice de resistencia, más del 27% del cobre se utiliza en el sector eléctrico. Es muy usado en la fabricación de cables, alambres, enchufes y terminales, así como en los componentes de casi todos los artículos alimentados por electricidad.

El resto se destina a la construcción, a la arquitectura y al arte. Permanentemente, se trabaja en la identificación de nuevas aplicaciones del cobre en diferentes sectores. Un ejemplo está en las tecnologías de información donde los chips de cobre han demostrado favorecer una más rápida transmisión de datos en la Web. También hay inventores que han creado pequeños resortes de cobre que se introducen en la nariz durante 20 minutos, tres o cuatro veces al día, para evitar el resfrío común.

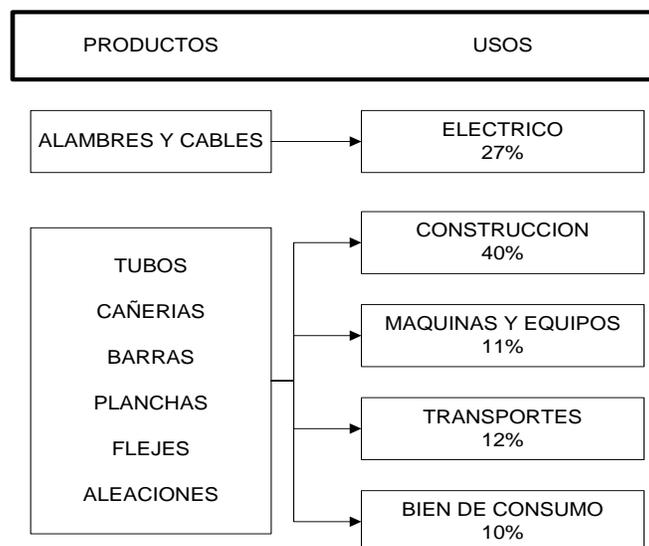


Ilustración 1: Elaboración propia – Usos del cobre

Noviembre del 2009

3.3 Mercado Internacional Del Cobre⁴

Según la comisión Chilena del cobre⁵ al cierre del año 2008, el precio promedio del cobre finalizó en 315,3 ¢/lb en la Bolsa de Metales de Londres (BML), descendiendo 2,4% respecto del promedio del año 2007, que, a pesar de esa baja, sigue correspondiendo al segundo mayor valor nominal del metal.

Las cotizaciones alcanzadas se enmarcan en un contexto en que el nivel de inventarios en bolsas de metales tuvo un fuerte incremento de 64,2% (152 miles de TM) respecto del cierre del año anterior, finalizando en 388,9 miles de TM de cátodos. El aumento de los inventarios ocurrió a partir de la segunda mitad del año, ubicando las existencias actuales en niveles similares a los de mediados del año 2004. La Bolsa de Metales con mayor incremento correspondió a BML, registrando entradas por 142,3 miles de TM (+72%), seguida por Comex que incrementó en 2,3 veces su nivel de existencias (+ 17,5 miles de TM), mientras que la Bolsa de Futuros de Shanghai (SHFE) fue la única en descender, en 30,3% (-7,8 miles de TM). El total de inventarios en bolsas al cierre de año, permite abastecer en 7,9 días al mercado del cobre

El año 2008 será recordado como un año de ambivalencias para el mercado del cobre, tomando en consideración el dinámico primer semestre que auguraba un histórico año en términos de altos precios para el metal y que finalizó con un promedio de diciembre (139,3 ¢/lb) similar al de octubre de 2004 (136,6 ¢/lb). La primera mitad del año estuvo marcada por las continuas disrupciones de la oferta, manteniendo al mercado expectante respecto de su capacidad para solventar la creciente demanda y contribuyendo así a los altos precios (promedio de 367,8 ¢/lb. durante el semestre). Las principales disrupciones en oferta procedieron de conflictos laborales en Latinoamérica, particularmente en Perú, derivando incluso en huelgas a nivel nacional.

⁴ Informe de la comisión Chilena del cobre

⁵ Informe 2 Enero 2009: "Mercado Internacional del Cobre".

Noviembre del 2009

Del mismo modo, la paralización de dos divisiones de Codelco por parte de subcontratistas de la misma empresa así como el declive en las leyes en el mineral, ejercieron importantes presiones en el precio del metal a comienzos de año. En menor cuantía, los recortes en el suministro de energía en Zambia y los fuertes nevazones que azotaron a China produjeron otras pérdidas de producción.

Como mencionamos, el precio del cobre se mantuvo en altos niveles durante la primera mitad el año ante un escenario de estrechez de mercado tanto por el lado de la oferta, pero también de la demanda, que mantuvo al mercado chino como protagonista con un crecimiento del consumo de cobre refinado mayor a los dos dígitos, y con los mercados occidentales superando las expectativas de consumo; la estrechez que se observaba en el mercado hizo incrementar continuamente las proyecciones de precio.

La cúspide se alcanzó el día 3 de julio, cuando la cotización del cobre llegó a su máximo valor nominal de la historia, de 407,6 ¢/lb. A partir de dicho momento, comenzó su senda de descenso, dado que comienzan a evidenciarse las primeras señales de deterioro del mercado, que fue afectado primordialmente por las turbulencias en los mercados financieros hacia el término del tercer trimestre.

Producto de los problemas de importantes instituciones financieras, los agentes ajustaron sus carteras de inversión, privilegiando la liquidez, lo cual favoreció el valor del dólar –subió respecto del euro a 1,25 €/US\$, mayor desde abril de 2006–, y jugó en contra de las acciones y *commodities*, entre otros activos. Es así que en dicho momento las variaciones en el precio estuvieron ocasionadas por la volatilidad financiera y la mayor demanda por activos líquidos denominados en dólares, más que por los fundamentos de mercado.

Posteriormente, entrado el cuarto trimestre, el precio del cobre sucumbe a la profunda debilidad de la economía, cuyas perspectivas se corrigen a la baja continuamente. Es así como el precio de los metales fue determinado por las

Noviembre del 2009

inestables proyecciones económicas, mientras que las continuas medidas de estímulo a las economías actúan como transitorios factores de incremento en el precio no pudiendo evitar su tendencia de desplome, sin que tenga efectos duraderos.

Si bien las condiciones de demanda continúan deteriorándose, ante las profundas señales de debilidad que incluso se han expandido a los mercados asiáticos, se perciben algunas reacciones que tienden a morigerar la caída en la cotización del cobre. Especialmente, se ha visto que la oferta ha reaccionado más prontamente de lo previsto, llevando a que en todas las regiones del mundo, diversas empresas suspendan gran parte de sus planes de expansión y a que minas pequeñas y de altos costos cesen de producir.

La progresiva caída en el precio surge en respuesta a las negativas expectativas económicas, que se adelantan a las débiles condiciones de demanda esperada, llegando a registrarse el 24 de diciembre un valor diario de 125,2 ¢/lb, mínimo valor en tres años de la cotización del cobre. Con lo anterior, el segundo semestre del año culmina con un valor promedio de 265,5 ¢/lb.

En síntesis, el mercado del cobre finaliza el año con mayor holgura actual y proyectada, reflejada en precios sustancialmente menores y en el significativo incremento de los inventarios. Esto, como resultado de la moderación en la actividad económica actual y proyectada.

Noviembre del 2009

3.4 Demanda del cobre refinado⁶

Las estadísticas actualizadas de demanda del Grupo Internacional de Estudios del Cobre (GIEC), muestran que en el año 2007 el consumo mundial de cobre refinado habría alcanzado los 17,7 millones de TM, con un aumento de 3,8% (+648 miles de TM) respecto al año anterior. Dicha alza se explica por mayores requerimientos en Asia (+944 miles de TM), específicamente en China, que fueron parcialmente compensados por caídas en la demanda de los países de América (-144 miles de TM) y Europa (-187 miles de TM), cuyas bajas fueron lideradas por el NAFTA (-131 miles de TM) y la Unión Europea (-236 miles de TM), respectivamente.

China explica más de la totalidad del incremento en la demanda del año 2007, con una vigorosa alza de 926 miles de TM (+25,5%). Al respecto, es conveniente recordar que la metodología de cálculo de la demanda de China se basa en la medición que el GIEC hace del llamado consumo aparente, el cual incluye tanto la demanda para consumo como también aquella destinada a la acumulación de inventarios no visibles.

Esta metodología de medición del consumo de cobre, se adopta ante la relevancia para el mercado de la variación de inventarios no visibles de ese país. Sin embargo, la necesaria adopción de dicha metodología, también devela las dificultades para una proyección certera de los cambios en la demanda mundial de cobre, que se derivan de la incertidumbre respecto de la política de acumulación de inventarios de cobre por parte de los agentes de China.

La proyección actual del consumo de cobre refinado para el período 2008 a 2010, da cuenta del rápido empeoramiento en la producción industrial. Al combinar los tres años referidos, el crecimiento del consumo de cobre totalizaría 349 miles de TM, que se generaría principalmente en el 2008.

⁶ Datos obtenidos del informe de la comisión Chilena del cobre.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Por país, el aumento ocurriría en China (+793 miles de TM), seguida inmediatamente por los EAU (+215 miles de TM), siendo compensados en gran medida por caídas en EE.UU. (-372 miles de TM), Unión Europea (-307 miles de TM), Japón (-102 miles de TM) y Corea del Sur (-90 miles de TM).

| CONSUMO ANUAL DE COBRE REFINADO | | | | | | | | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Miles TM | 2007 (p) | | 2008 (e) | | 2009 (e) | | 2010 (e) | |
| | consumo | Var % | consumo | Var % | consumo | Var % | consumo | Var% |
| China | 4.557 | 25,5 | 5.004 | 9,8 | 5.150 | 2,9 | 5.350 | 3,9 |
| Unión Europea | 3.627 | -6,1 | 3.490 | -3,8 | 3.350 | -4,0 | 3.320 | -0,9 |
| Estados Unidos | 2.137 | 0,3 | 1.950 | -8,8 | 1.850 | -5,1 | 1.765 | -4,6 |
| Japón | 1.252 | -2,3 | 1.220 | -2,6 | 1.165 | -4,5 | 1.150 | -1,3 |
| Corea del Sur | 820 | 1,0 | 780 | -4,9 | 740 | -5,1 | 730 | -1,4 |
| Federación Rusa | 671 | -3,0 | 690 | 2,8 | 692 | 0,3 | 695 | 0,4 |
| Taipei Chino | 603 | -5,6 | 590 | 2,2 | 580 | -1,7 | 575 | -0,9 |
| India | 475 | 8,0 | 490 | 3,2 | 510 | 4,1 | 530 | 3,9 |
| Turquía | 358 | 18,5 | 365 | 2,0 | 357 | -2,2 | 560 | 0,8 |
| Brasil | 330 | -2,7 | 353 | 7,0 | 355 | 0,6 | 350 | -1,4 |
| México | 307 | -12,3 | 330 | 7,5 | 320 | -3,0 | 315 | -1,6 |
| Polonia | 297 | 11,2 | 308 | 3,7 | 310 | 0,6 | 310 | 0,0 |
| Egipto | 134 | 24,1 | 145 | 8,2 | 155 | 6,9 | 160 | 3,2 |
| Tailandia | 250 | -4,2 | 225 | 2,0 | 257 | 0,8 | 260 | 1,2 |
| Arabia Saudita | 190 | 0,0 | 192 | 1,1 | 230 | 19,8 | 232 | 0,9 |
| Principales Países | 16.008 | 4,6 | 16.162 | 1,0 | 16.021 | 0,9 | 16.102 | 0,5 |
| Resto del mundo | 1.711 | -3,1 | 1.790 | 4,6 | 1.949 | 8,9 | 1.966 | 0,9 |
| Total mundial | 17.719 | 3,8 | 17.952 | 1,3 | 17.970 | 0,1 | 18.608 | 0,5 |

Tabla 1: Elaboración propia - Consumo anual del cobre refinado / fuente COCHILCO

| PRODUCCION COBRE REFINADO | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Miles TM | 2007 (p) | | 2008 (e) | | 2009 (e) | | 2010 (e) | |
| | Producción | Var % |
| Electro - refinados | 12.096 | 184 | 12.135 | 39 | 12.145 | 9 | 12.589 | 444 |
| Electro - obtenidos | 3.026 | 209 | 3.195 | 169 | 3.385 | 190 | 3.504 | 119 |
| Refinado primario | 15.123 | 392 | 15.330 | 208 | 15.530 | 199 | 16.093 | 563 |
| Refinado secundario | 2.737 | 159 | 2.683 | -54 | 2.656 | -27 | 2.575 | -81 |
| Total refinado | 17.860 | 552 | 18.013 | 153 | 18.185 | 172 | 18.667 | 482 |
| Variación Porcentual | 3,2 | | 0,9 | | 1,0 | | 2,7 | |

Tabla 2: Elaboración propia - Producción de cobre refinado / fuente COCHILCO

Noviembre del 2009

3.5 Escenario energético

Según un estudio realizado por el Colegio de Ingenieros de Chile⁷, las necesidades energéticas chilenas son satisfechas de diversas fuentes primarias como petróleo, gas natural, carbón, hidroelectricidad, leña y otros. Para satisfacer las crecientes necesidades energéticas del país desde inicios de los años 1990, y debido al agotamiento o falta de desarrollo de los recursos fósiles nacionales, Chile se vio en la necesidad de tener que aumentar las importaciones de petróleo, gas natural y carbón. La falta de recursos nacionales y el aumento en la importaciones ha conducido a que en la actualidad Chile importa un 68% de la energía consumida requerida, lo que representa un 98% del consumo de petróleo, un 73% del de gas natural, y un 88% del de carbón. Una parte significativa del suministro externo de estas importaciones ha venido desde Argentina, con el 73% de importaciones de petróleo crudo en 2002 y el 37% en 2005, y el 100% de las importaciones del gas natural. Solamente la hidroelectricidad y la leña se suministran localmente.

⁷ Informe Comisión de Energía 11.04.08 "La crisis energética en el mercado eléctrico: Análisis y Proyecciones".

Noviembre del 2009

A continuación se verá en un grafico el consumo de energía primaria según cada fuente.

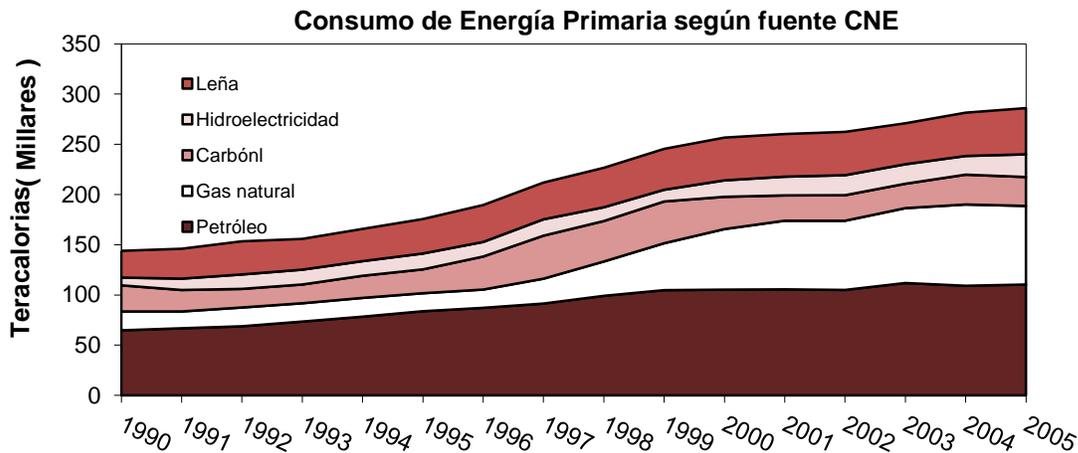


Grafico 1: Elaborado por el colegio de ingenieros de Chile.

La crisis que enfrenta el sector energía se explica principalmente por la excesiva dependencia energética sobre combustibles fósiles importados, en particular del gas natural proveniente de Argentina, que desde el año 2004 empezó a restringir el envío hacia nuestro país, donde hoy las exportaciones de gas con suerte llegan a un 10% de lo que el país recibía en condiciones normales.

Estas causas de la crisis se manifiestan además durante un período de alza de los precios de los combustibles fósiles que el país importa, como el carbón y el petróleo que en el período 2000-2005 han subido en un 100% y en un 200% respectivamente, tendencia que ha continuado en los años siguientes y hasta el día de hoy.

A vía de ejemplo del impacto de la crisis en el sector eléctrico, se muestra el siguiente gráfico, el cual nos da a conocer la evolución de los costos marginales a corto plazo de energía eléctrica en el SIC. Para tener una referencia tomaremos específicamente a un distribuidor (como ejemplo se tomara Quillota 220kv).

Noviembre del 2009

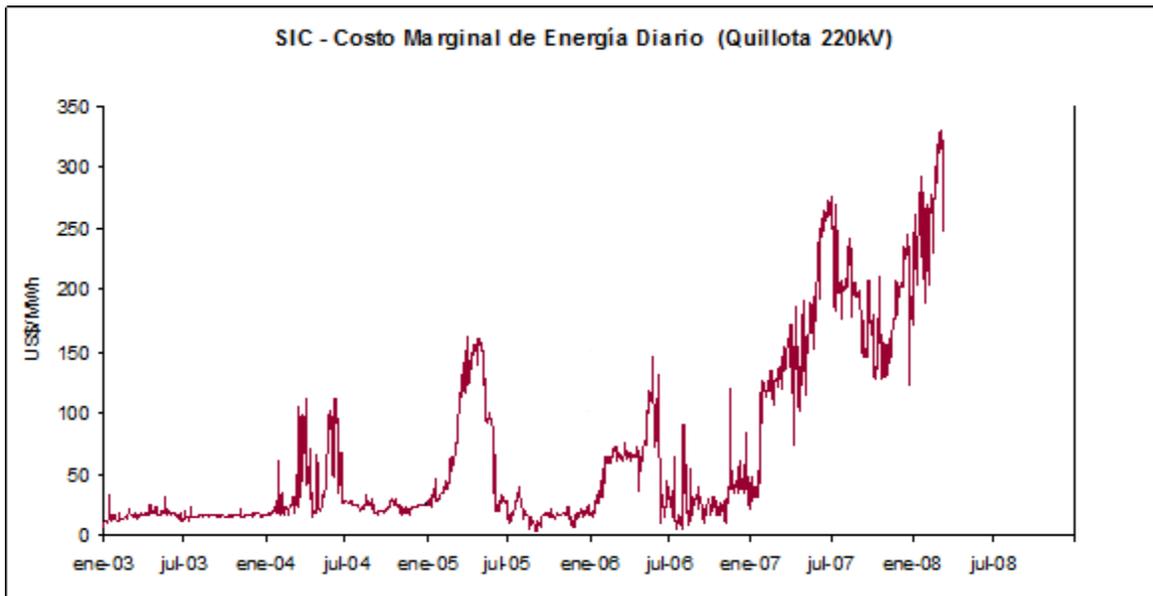


Grafico 2: Elaborado por CDEC-SIC

La situación de corto y mediano plazo del sector eléctrico estará caracterizada por altos precios del suministro mientras no se normalice el equilibrio oferta/demanda de energía, lo que se espera ocurra hacia 2012/2013.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Esta normalización va a ocurrir con una expansión de generación de energía eléctrica. A continuación se mostrara una proyección de lo que sucederá en el sistema interconectado central (SIC).

| AÑO | TIPO PROYECTO | MW |
|----------------------|---------------------|-------------|
| 2008 | Hidroeléctrico | 0 |
| | Centrales a carbón | 0 |
| | Motores diesel y FO | 384 |
| | Turbinas diesel | 369 |
| | Otros | 60 |
| Total 2008 | | 813 |
| 2009 | Hidroeléctrico | 186 |
| | Centrales a carbón | 141 |
| | Motores diesel y FO | 146 |
| | Turbinas diesel | 588 |
| | Otros | 54 |
| Total 2009 | | 1115 |
| 2010 | Hidroeléctrico | 30 |
| | Centrales a carbón | 1023 |
| | Motores diesel y FO | 16 |
| | Turbinas diesel | 0 |
| | Otros | 101 |
| Total 2010 | | 1170 |
| 2011 | Hidroeléctrico | 157 |
| | Centrales a carbón | 242 |
| | Motores diesel y FO | 30 |
| | Turbinas diesel | 0 |
| | Otros | 20 |
| Total 2011 | | 449 |
| Total Periodo | Hidroeléctrico | 373 |
| | Centrales a carbón | 1406 |
| | Motores diesel y FO | 576 |
| | Turbinas diesel | 957 |
| | Otros | 235 |
| Total Periodo | | 3547 |

Tabla 3: Elaboración propia - Proyecciones del Sistema interconectado central / fuente colegio de ingenieros de Chile

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

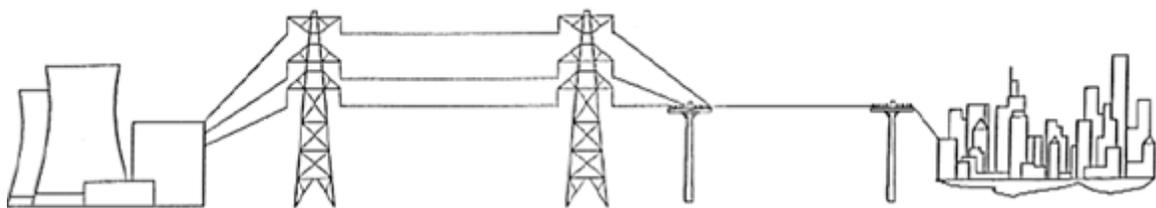
Noviembre del 2009

Para el corto y mediano plazo, es conveniente y necesario adoptar por parte de las autoridades reguladoras del sector, un conjunto de medidas que permitan tener controlada la situación, de manera de evitar una profundización de la crisis.

Estas medidas son variadas según el estudio realizado, pero vamos a mencionar solo algunas que son las más relevantes para este proyecto.

- Monitorear el desarrollo de proyectos de motores y turbinas diesel de respaldo, para evitar un retraso en su puesta en servicio.
- Monitorear la disponibilidad de petróleo diesel en las distintas centrales, turbinas y motores que utilizan dicho combustible, de modo que la capacidad instalada que opera con diesel esté efectivamente disponible para el suministro.

Una forma de ver



Generador

Sistema de transicion

Sistema de destribucion

Cliente final

| Precios Monómicos | Costo Marginal (CMg.) | Precio Nudo | AT - 3 | BT - 1 |
|--------------------------|------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| May - 04 | 64,9 | 39,9 | 48,1 | 74,1 |
| May - 06 | 110,7 | 63,4 | 73,6 | 108,2 |
| May - 08 | 274,0 | 111,4 | 148,4 | 193,9 |

Elaboración propia: fuente CDEC - SIC

Como se puede ver en la tabla el costo marginal desde el año 2006 al 2008 tuvo una alza de un 57%, lo cual también afecto en el precio de nudo.

Noviembre del 2009

Se puede ver en la tabla anterior como afectó el alza del costo marginal a los clientes libres (AT) y a los clientes regulados (BT). Los más perjudicados por esta crisis energética son los clientes regulados, porque ellos están sujetos a un sistema monopolístico. Ya que cada compañía abastece a un sector determinado. Por el contrario los clientes libres pueden seleccionar a la empresa que los abastecerá.

Haciendo un análisis de lo expuesto por el colegio de ingenieros de Chile, se deberá evaluar las siguientes alternativas de generación eléctrica para la Minera Taltal S.A..

Estas alternativas son las siguientes:

1. Generador a petróleo
2. Energía eléctrica base a carbón
3. Geotérmica
4. Biomasa
5. Eólica
6. Energía solar

Noviembre del 2009

Esta Minera pretende destacarse por su preocupación por el medio ambiente y será pionera en la innovación de algunos proyectos que van a beneficiar el entorno natural de sus faenas. Un ejemplo de esto es el suministro de agua para la planta, la cual será en base de agua extraída del mar. La desalinización será mediante el sistema de osmosis inversa.

4.2 Situación Actual

En la planta de la Minera Minera Taltal S.A. se reciben camiones con rocas fragmentadas, estas rocas alimentan al chancador primario. El chancador primario o chancador de mandíbula, reduce el tamaño de la roca que viene desde la mina, la cual luego es transportado mediante una correa que alimenta a los chancadores secundario y terciario. El chancador secundario se encarga de disminuir el tamaño de las rocas para luego alimentar al chancador terciario, donde éste se encarga de triturarlo hasta que alcanza una granulometría de 0,5". El material es depositado en una tolva que tiene una inclinación de 7° y que operan con una velocidad de 7rpm, donde se mezcla con ácido sulfúrico y agua caliente. Este proceso aumenta la temperatura del material y su humedad a un 10% mejorando la porosidad, oxigenación, permeabilidad y el escurrimiento de la solución para facilitar la extracción del cobre.

Sobre el material apilado se esparce una solución lixivante (PLS: solución de lixiviación cargada, compuesta por sulfato de cobre (CUSO₄) con concentraciones hasta 9 gramos de Cu por litro mas ácido sulfúrico y agua), mediante un sistema de irrigación que está compuesta por líneas de goteos. La solución lixivante escurre a través de la pila, disolviendo el cobre diseminado. En este periodo alcanza una recuperación metalurgia del 85% de cobre.

La solución lixivante proveniente de la piscina PLS se mezcla con una solución orgánica, compuesta por diluyente y extractante, la solución captura los iones de cobre en forma selectiva de esta reacción se obtiene, por un lado una solución empobrecida en cobre que se denomina refino, la que se reutilizará nuevamente en el proceso de lixiviación y por otro lado, el orgánico cargado. Este orgánico

Noviembre del 2009

cargado⁸ es tratado con el Spent, proveniente de la nave de electro obtención, para mejorar la concentración de cobre, produciendo el electrolito rico que avanza para continuar con el proceso de Electro obtención. El electrolito rico que contiene el cobre en forma de sulfato de cobre (Cu SO_4) es llevado a la nave de electro obtención (EW), que contiene 264 celdas de electro obtención que corresponden a estanques rectangulares de concreto polímero donde está la solución.

Cada celda contiene en su interior 60 cátodos de acero inoxidable, de aproximadamente 1 m^2 cada una y 61 ánodos compuestos de una mezcla de plomo, calcio y estaño. Estas celdas alternan un ánodo y un cátodo, y están conectadas conformando un circuito por el que se hace transitar una corriente eléctrica continua de muy baja intensidad, la que entra por los ánodos y sale por los cátodos. De esta forma, en el circuito los ánodos hacen las veces de polo positivo y los cátodos actúan como polo negativo.

El cobre en solución es atraída por el polo negativo, pegándose partícula por partícula en la superficie del cátodo en forma metálica. Este ánodo es lavado con agua caliente para remover las impurezas de su superficie y luego es transportada a la máquina automática despegadora de cátodos.

⁸ Este orgánico está compuesto de 6,6 gr/lit, mas acido y agua.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Posteriormente se mostrara un cuadro que contiene el consumo específico de energía eléctrica (KWh/Ton Cu 99,99%) en cada una de las operaciones unitarias, para mineral con 1,1% de Cu.

Si se llegara a bajar la ley del cobre hasta un 0,7%, la planta todavía tiene la capacidad para poder producir 7000 ton de cobre anuales.

| Maquina | Potencia KW |
|------------------------------------|-------------|
| Chancador 1 | 184 |
| Chancador 2 y 3 | 756 |
| Aglomerado | 177 |
| Piscina de lixiviación | 283 |
| Piscina de extracción por solvente | 89 |
| Piscina de electro obtención | 2237 |
| Grúa | 198 |
| Total | 3924 |

Tabla 4: Elaboración propia - Potencia en KW por las maquinas de trabajo

| Porcentaje de los costos | Costos variables | US\$ anual | US\$ mensual |
|--------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| 33% | materia prima | 6.982.908 | 581.909 |
| 34% | Energía Eléctrica | 8.273.892 | 689.491 |
| 6% | Mantenición | 1.163.820 | 96.985 |
| 3% | Repuestos | 581.916 | 48.493 |
| 8% | Contratistas | 1.551.756 | 129.313 |
| 10% | Acido | 2.133.672 | 177.806 |
| 7% | Agua | 1.357.788 | 113.149 |
| 100% | TOTAL | 22.045.752 | 1.715.515 |

Tabla 5: Elaboración propia - Costos de la Minera Taltal S.A.

Noviembre del 2009

4.2.1 Flow sheet del proceso

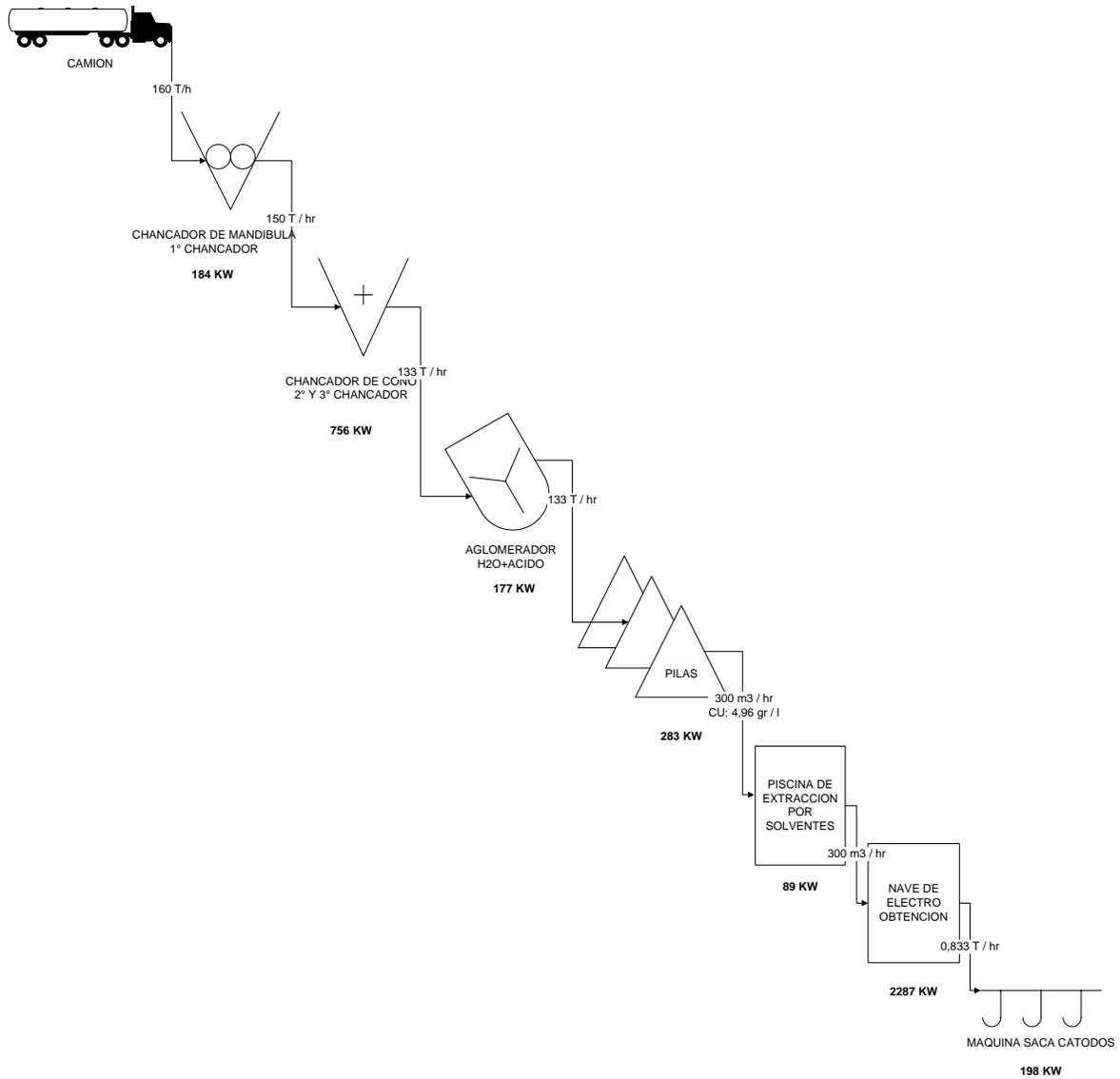


Ilustración 3: Flow sheet del proceso de extracción del cobre

4.3 Antecedentes De La Minera

Actualmente Minera Minera Taltal S.A. está en etapa de desarrollo⁹, y desea ver la implicancia que va a tener el costo de energía eléctrica para esta empresa, ya que es uno de los insumos más costosos para la industria del cobre.

Minera Minera Taltal S.A. se conectará al sistema interconectado central. En el cuadro se puede ver que Taltal se abastecer desde Diego de Almagro 220 kV.

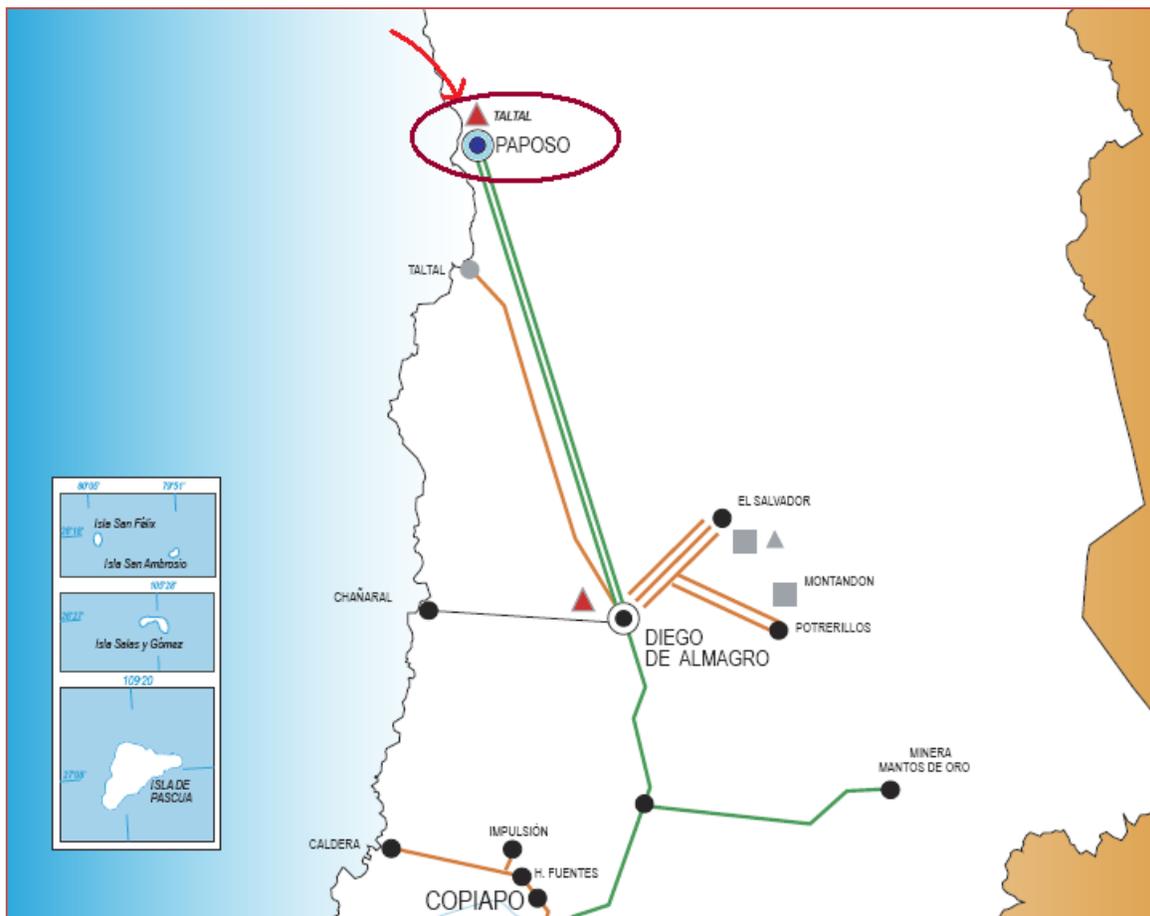


Ilustración 4: Elaborado por el sistema interconectado central

⁹ Estudio de factibilidad de la introducción de una minera productora de cátodos mediante el método SX-EW

Noviembre del 2009

Recordemos que esta planta va a contar con una capacidad de trabajo del 96% anual, que equivale a 350 días trabajados, los 15 días que faltan están a disposición para mantención de maquinaria y cortes de suministro de energía eléctrica.

4.3.1 Contratos típicos

Minera Taltal S.A. adquirirá un contrato con EMELAT S.A., esta empresa es la encargada de abastecer de energía eléctrica a la minera. El contrato establece lo siguiente:

“La potencia máxima convenida que EMELAT se obliga a suministrar y vender, y Minera Taltal S.A. a adquirir y comprar para sí, en horas de punta y fuera de punta del sistema interconectado central (SIC) será de 4,4 MW en hora de punta (HP) y 4,4 MW en horario fuera de punta (HFP).”

Los precios base de energía activa, potencia en horas de punta y fuera de punta para el suministro adicional de EMELAT, están definidos en el nivel de tensión de 110 kV y en una frecuencia de 50 Hz y serán los siguientes según el contrato:

| Precio de energía activa | Precio de potencia (HP) | Precio de potencia (HFP) |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 0,06668 USD\$/KWH | 11,77 USD\$/KW-MES | 6,7 USD\$/KW-MES |

Elaboración propia: Precios de la energía del contrato

El precio de potencia en horario de punta (HP) se aplica a la potencia demandada más alta del mes. Esto se calcula de la siguiente manera.

$$E1 = \text{Energía total del mes} * (4,4 \text{ MW} / \text{PHFP})$$

$$E2 = \text{Energía total del mes} * [(\text{PHFP} - 4,4 \text{ MW}) / \text{PHFP}]$$

En caso que la PHFP sea inferior a 4,4 MW, E1 será igual a la Energía total del mes y E2 será igual a cero.

Noviembre del 2009

Donde

PHFP: es la Potencia Máxima Leída del mes en las Horas Fuera de Punta

Posteriormente, la energía E1 y E2 será valorizada al precio indicado en la tabla expuesta anteriormente.

Se ha incluido una condicionante al precio de la energía que dependerá del promedio mensual del costo marginal de la energía en Diego de Almagro 220 kV calculado por el CDEC-SIC. Así el precio de la energía aplicable a Minera Taltal S.A., para el suministro adicional, se calculará según la siguiente tabla:

| Costo marginal en Diego de Almagro promedio (220 v) | Precio de la energía (PE) |
|---|---|
| $CMg < PEC + 8,4 \text{ mils/kWh}^{10}$ | PE = Precio de energía del contrato (PEC) |
| $CMg \geq PEC + 8,4 \text{ mils/kWh}$ | PE = $CMg - 8,4 \text{ mils/kWh}$ |

Elaboración propia: Precio de la energía del contrato según el costo marginal

El precio $PE = CMg - 8,4 \text{ US\$/MWh} > 66,68 \text{ US\$/MWh}$ se aplica cuando el CMg es mayor a $75 \text{ US\$/MWh}$.

Donde

CMg : Promedio mensual de los costos marginales en Diego de Almagro 220 kV.

PE : Precio de la energía a aplicar en la facturación mensual.

PEC : Precio de la energía del contrato señalado en la Tabla 1.

HP : Horario en punta, este corresponde desde las 18:00 hrs. hasta las 22:59 hrs. Durante todo el año.

HFP : Horario fuera de punta, este corresponde desde las 23:00 hrs. a 17:59

¹⁰ 1 mils/kwh = 0,001 US\$/kwh

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

En la siguiente tabla se muestra los costos marginales desde marzo a diciembre del 2008.

| Semanas USD\$/MWh | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------|---------------------------|
| Meses | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Promedio USD\$/MWh |
| marzo | 324,84 | 276,41 | 276,78 | 305,07 | - | 295,77 |
| abril | 306,97 | 371,73 | 280,66 | 291,88 | - | 312,81 |
| mayo | 239,30 | 287,74 | 292,42 | 203,84 | 179,21 | 240,50 |
| junio | 213,36 | 164,60 | 227,57 | 232,14 | - | 209,42 |
| julio | 221,56 | 230,19 | 229,48 | 214,84 | - | 224,02 |
| agosto | 233,96 | 191,01 | 216,32 | 145,9 | 145,59 | 186,56 |
| septiembre | 200,45 | 185,74 | 196,67 | 213,39 | | 199,06 |
| octubre | 185,24 | 198,79 | 205,68 | 188,86 | 137,39 | 183,19 |
| noviembre | 172,24 | 171,29 | 158,71 | 148,5 | | 162,69 |
| diciembre | 149,78 | 143,71 | 135,81 | 127,59 | | 139,22 |
| | | | | | Promedio | 215,32 |

Por lo tanto se puede ver que el contrato establece que la energía activa posee un costo de 66,68 US\$/MWh, y en el año 2008 el promedio del costo marginal fue de 215,68 US\$/MWh. Como el costo marginal es mayor al costo de la energía activa, se cobrara según el costo marginal mas 8,4 USD/MWh.

5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.1 Chancadores

La operación de reducción de tamaño consiste en la producción de partículas de menor masa a partir de trozos mayores, para ello es necesario provocar la fractura o quebrantamiento de las mismas, mediante la aplicación de presiones. El objetivo es preparar al sólido para la posterior extracción de los elementos valiosos contenidos en la mena.

Puede llevarse a cabo usando varias etapas de chancado, este número de etapas depende de:

- Características de la alimentación
- Características del mineral
- Operación posterior.

El tamaño a lograr dependerá del grado de diseminación de la especie, de la naturaleza de la roca y de los requerimientos del proceso que se aplicará posteriormente.

Existen varias etapas de reducción de tamaño. Estas se inician en la mina misma, cuando el mineral in situ, de un tamaño teórico infinito, se separa del cuerpo mineralizado por la acción de explosivos, entregando partículas hasta del orden de un metro, y prosiguen en las plantas de reducción de tamaño, donde estas partículas son sometidas a procesos de trituración, las que se denominan como primaria, secundaria y terciaria según sea el tamaño de la alimentación.

Esta operación es de alta significación en la estructura de costos del procesamiento y, a menudo, es la etapa limitante y quien determina la capacidad de las plantas de beneficio.

El mineral con tamaño menor a 4,0" alimenta directamente la correa del producto chancado pasando este al harnero primario. El material + 4,0" alimenta

Noviembre del 2009

al chancador primario del tipo mandíbula, este recibe como alimentación un perfil granulométrico 27,6", el cual reduce a 4,0".

El producto del chancador primario alimenta a través de correa al harnero primario vibratorio, este separa las partículas en +/- 1,2". El sobre tamaño pasa al chancador secundario, este reduce el material al tamaño de +/-1". Esta corriente de mineral retorna al harnero vibratorio cerrando el circuito.

La descarga del harnero primario alimenta el stock pile de 1,2 pulg. Este stock pile con carga viva necesaria para 12 h de operación independiente de alimentación al chancado terciario, alimenta a través de 4 alimentadores (3 en operación y 1 stand by) a la correa transportadora, la cual alimenta el mineral a razón de 133 ton/h al harnero secundario. Este harnero es del tipo vibratorio con abertura de malla de 1/2". Los sobre tamaños de las parrillas son transportada mediante correa hacia el chancador terciario tipo cono. El producto menor 1/2" alimenta el stock pile de finos que alimenta finalmente al tambor aglomerador.

5.2 Aglomerado

La etapa de aglomeración es de vital importancia para el proceso, esta influye directamente en el tiempo de lixiviación y la recuperación a alcanzar en la etapa de lixiviación.

En esta etapa ocurren dos procesos simultáneos, los cuales son:

- La aglomeración, que es el proceso de adhesión de las partículas más finas a las gruesas.
- El curado ácido, el cual es el primer ataque químico que recibe el mineral permitiendo la sulfatación del cobre, aumentando la cinética de recuperación en las pilas de lixiviación.

Esto se logra con la adición de agua y ácido en forma controlada y a su vez aprovechando la temperatura que se logra por la reacción exotérmica producida por estos dos elementos.

La humedad de aglomeración resultante será de un 10% aproximado, considerando un 3 % de humedad en el mineral alimentado.

La descarga del tambor pasará a una correa transportadora, la cual cargará los camiones que trasladan el mineral aglomerado hacia las canchas de lixiviación.

Noviembre del 2009

5.3 Lixiviación

La lixiviación en pilas se define como la operación unitaria conducente a extraer una especie química desde una matriz sólida al contactarla con una fase líquida, que contiene un disolvente, en condiciones de proceso apropiadas. Para el caso de minerales oxidados se utiliza como disolvente el ácido sulfúrico diluido.

La lixiviación en pilas consiste en depositar el mineral chancado a tamaño adecuado, en una superficie impermeable con una pendiente que beneficie la recolección de soluciones, y regarla con una solución acuosa del disolvente elegido.

La construcción del área de las pilas, es sobre un terreno preparado e impermeabilizado con una membrana de HDPE de 1,5 mm de espesor. El espesor utilizado para la carpeta sería el adecuado ya que por sus características técnicas, soportaría de mejor forma el estiramiento y las rupturas.

Cada pila contendrá una cantidad de mineral de 3.183 toneladas aproximadamente y una cantidad de cobre de 35 ton, las pilas una vez cargadas tendrán un reposo de 24 hr y una humectación de 10 hr en intermitencia durante 24 hr más. A las 48 hr se pondrá en riego en forma continua, a la vez se abandonará una pila para mantener el balance. En esta etapa la solución de riego será con solución intermedia para las 11 pilas.

Las pilas serán regadas con una tasa de riego de $10 \text{ l} / \text{h} \times \text{m}^2$, para una razón de lixiviación de $1,75 \text{ m}^3 / \text{ton}$ de mineral.

Noviembre del 2009

5.4 Extracción Por Solvente

El proceso de extracción por solvente se define como el intercambio iónico de la especie de interés de una fase a otra inmiscibles líquidas (orgánico – acuoso). El objetivo de la extracción por solvente es concentrar y purificar las soluciones de lixiviación, la cual contiene impurezas no deseables para el proceso de obtención catódica, y que han sido lixiviadas a través del tiempo y que re circulan en las soluciones lixiviantes.

El proceso de extracción por solvente se divide en dos etapas, estas son la extracción y re extracción.

Para que el proceso sea posible las fases orgánica y acuosa deben ser totalmente inmiscibles con una buena coalescencia entre ellos que dependerá de la diferencia de densidades, temperatura, agitación, calidad química y física del orgánico, entre las más importantes.

La fase orgánica está compuesta de dos elementos, el extractante que es el encargado de capturar, extraer o re extraer al ión cúprico, y el diluyente que cumple la función de dar el volumen específico necesario para que el extractante se cargue en cobre en forma eficiente.

El diluyente debe cumplir ciertas condiciones, una baja tasa de evaporación, alto punto de inflamación, buena solubilidad para el extractante, disponibilidad, precios, etc.

La solución rica o PLS proveniente de lixiviación alimenta la planta a razón de 125 m³/h como flujo instantáneo, con una concentración en cobre de 4,96 gr/lit.

El semi refino resultante se contacta con el orgánico descargado de la etapa de re extracción. Aquí se genera el refino con una concentración de cobre de 0,4 gr/lit de cobre, pasando a un post decantador para recuperar el orgánico arrastrado, para luego alimentar por gravedad la piscina de refino de 1.800 m³ de capacidad.

Noviembre del 2009

5.5 Electro Obtención

El proceso de electro obtención es la precipitación electroquímica del cobre a partir del traspaso de electrones transportados por la corriente eléctrica. Esta se produce en una celda electrolítica la cual está compuesta por un circuito eléctrico (barras de cobre en cátodos y ánodos, barras triangulares o circulares y barra de alimentación faldón), conductor iónico (electrolito) y electrodos (cátodo y ánodo) cerrando el circuito.

El proceso de electro obtención debe contener el mínimo de impurezas en el electrolito, ya que estas pueden causar contaminación en el producto final, deficiencias en el proceso y daño de materiales. Por esto, es de vital importancia la etapa de extracción por solvente para una operación óptima en la electro obtención.

El electrolito rico proveniente de extracción por solvente con concentración en cobre de 45 gr/lit en cobre y 168 gr/lit de ácido y un flujo de 71,4 m³/h. El electrolito circulante alimenta la nave de electro obtención a una temperatura de 45 grados Celsius. La nave contiene 264 celdas electrolíticas de concreto polimérico. Cada celda contiene 60 cátodos de cobre, y cada cátodo de cobre pesa aproximadamente 40 kg.

Noviembre del 2009

5.6 Cosecha

El proceso de cosecha se realizará dividiendo la cantidad de cátodos por celdas en tres tercios, equivalente a 10 cátodos por tercio, estos son retirados de la celda mediante una estructura diseñada especialmente para las dimensiones de las celdas y cátodos. Esta estructura es sostenida y manipulada por un puente grúa de una capacidad de levante de 3 toneladas.

Los cátodos a cosechar son lavados mediante agua a presión por medio de una hidro lavadora. La temperatura del agua de lavado debe ser a temperatura ambiente para generar la contracción del cátodo facilitando la eliminación del electrolito, esta operación se realizará sobre la celda correspondiente donde posteriormente se trasladarán al estanque de lavado con agua caliente cuya temperatura no debe sobrepasar los 70 grados Celsius asegurando el retiro total de sulfato de las placas, donde en esta última etapa de lavado las placas están sumergidas alrededor de 30 segundos. Por último, en forma complementaria se dispondrá de una segunda hidro lavadora ubicada después de la segunda etapa de lavado, esta se utilizará en caso de existir problemas operacionales en las dos etapas anteriores.

Luego las placas son trasladadas al rack de despegue manual.

Una vez despegadas las placas de cobre se forman paquetes de cátodos de 2.600 Kg. enzunchados y listos para su comercialización. Se debe mencionar que se debe implementar un muestreo estadístico para analizar la calidad química del cobre electrolítico.

Noviembre del 2009

De lo expuesto anteriormente se diagrama el proceso en el siguiente dibujo.

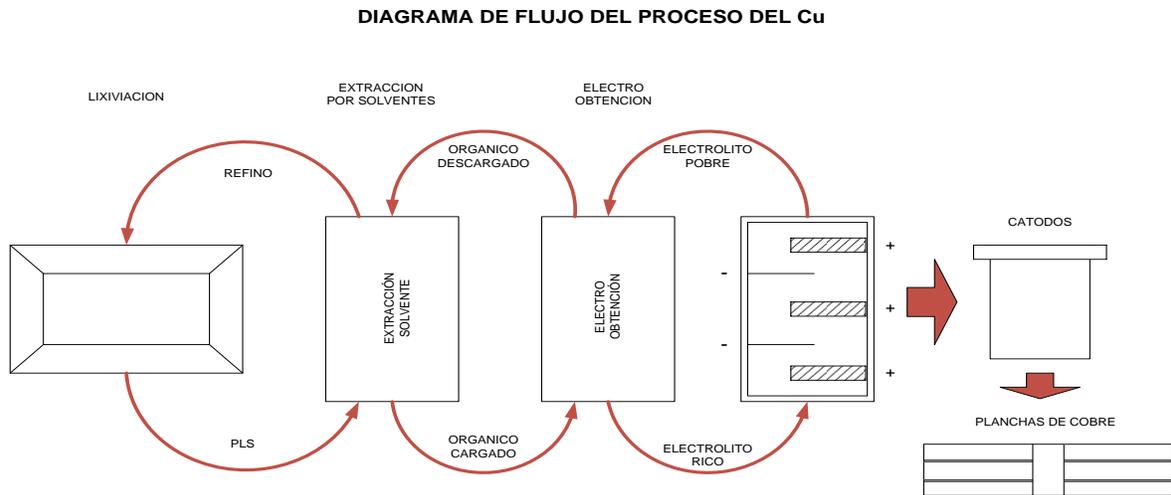


Ilustración 5: Elaboración propia - Diagrama de flujo del proceso del cobre

Noviembre del 2009

5.7 Equipos Críticos

Después de que se ha comprendido en detalle el funcionamiento de la planta, es necesario centrarse en cada equipo individualmente y analizarlo detalladamente. Para esto se realizó un análisis, para detectar los equipos críticos que hay en la planta.

El equipo crítico, es el cual que al fallar puede provocar una detención total o un retraso significativo en la producción de cátodos de cobre. Al conocer los equipos críticos que hay en esta planta se podrá asignar una mayor prioridad a las tareas relacionadas con este para mantener una disponibilidad y confiabilidad para estos equipos.

El equipo crítico encontrado para esta planta es:

- Piscina extracción por solvente
- Piscina de electro obtención

Estas piscinas si tuvieran un corte de energía eléctrica se desnivelarían y tardarías días en volver a nivelarlas y por mientras no se podría producir cátodos de cobre. Esta falla hace que toda la planta quede detenida. Es por eso que esta empresa tiene una disponibilidad de trabajo de un 96% (350 días) ya que los días restantes son para la mantención y nivelación de estas piscinas.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Para un mayor análisis de los equipos críticos vamos a estudiar qué porcentaje del total del consumo eléctrico consume cada máquina que interactúa en este proceso.

| Maquina | Potencia Demandada KW | Porcentaje Por Maquina |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Chancador 1 | 184 | 5% |
| Chancador 2 y 3 | 756 | 19% |
| Aglomerador | 177 | 5% |
| Piscina de lixiviación | 283 | 7% |
| Piscina de extracción por solvente | 89 | 2% |
| Piscina de electro obtención | 2237 | 57% |
| Grúa | 198 | 5% |
| Total | 3924 | 100% |

Como se ve en la tabla el 76% de los costos lo obtiene dos maquinas, las cuales son los chancadores secundario y terciario mas la piscina de electro obtención, esta es la que consume las de 50% de la energía total consumida.

Por lo tanto si podemos implementar un sistema de abastecimiento energético para estas dos maquinarias podríamos disminuir en parte el costo que se tiene en energía eléctrica.

Para esto vamos a estudiar todos los sistemas de abastecimiento energético y los analizaremos en profundidad sus beneficios y sus problemáticas que puede tener, no solo en el ámbito de efectividad si no también en el medio ambiente.

Noviembre del 2009

6 PROYECTO

6.1 Alternativas De Generación De Energía Eléctrica

Para este proyecto se evaluara algunas alternativas que cumplan con las especificaciones esperadas de la Minera Taltal S.A.. Estas deben cumplir lo siguiente:

- Que la inversión inicial sea alcanzable para la empresa (esta es un empresa de la pequeña y mediana minería).
- Que suministre al menos 2.376 KW a la planta productora de cátodos de cobre. Puesto que las piscinas de extracción por solvente y electro obtención no pueden quedar sin suministro energético en caso de cortes programados por el SIC.
- La alternativa no puede producir contaminación en la zona, ya que la Minara Taltal S.A. tiene como misión ser pionera en la preocupación por el medio ambiente, y realizar proyectos que beneficien al entorno natural.

Al tener estas especificaciones se tomaron 6 alternativas para suministrar de energía eléctrica a la minera, estas fueron seleccionadas según el alcance económico de la minera.

Estas son:

1. Generador a base de petróleo
2. Energía solar
 - 2.1 Paneles fotovoltaicos
 - 2.2 Planta termo solar
3. Generador a base de carbón
4. Geotérmica
5. Biomasa
6. Eólica

Noviembre del 2009

Más adelante se analizara cada una de ella, y se determinara si tiene alguna restricción la instalación de algunas de estas alternativas, si no fuera así se analizara en profundidad los costos que tendrá inicial y mensualmente. Además se realizara un estudio de cómo se factura la energía eléctrica proveniente del SIC.

6.2 Estudio Facturación Energía Eléctrica

6.2.1 Empresas generadoras

Los sistemas de distribución de energía eléctrica consideran dos conceptos importantes para el cobro, estos son:

- **Consumo:** este se cobra en kilowatt hora. este solo depende del consumo energético.
- **Demanda:** Corresponde a la potencia instantánea promediada en 15 minutos. Este concepto es cobrado a los grandes consumidores dependiendo de la tarifa que hayan negociado con la empresa eléctrica.

Además tienen catalogadas a las empresas por clasificación de tarifas, la empresa EMELAT S.A. tiene la siguiente clasificación que se mostrara a continuación. Teniendo en cuenta que existen dos clasificaciones las cuales son baja tensión (BT), alta tensión (AT), dentro de AT están los clientes libres (consumen más de 2 MW), a continuación se mostrara algunas clasificaciones:

- BT1: Para consumos domiciliarios, con tope de 10 KW
- BT2: Cobro por potencia contratada mas consumo.
- BT3: Cobro por demanda máxima leída mas consumo.
- BT4: Tarifa horaria, establece cobro por dos demandas (en punta y fuera de punta) mas consumo. Las demandas pueden ser contratadas o leídas

Las mismas clasificaciones se emplean para el caso de las tarifas AT (excepto BT1, que no existe en AT), cambiando solo los precios base.

Noviembre del 2009

Cientes libres: se llama cliente libre a todo aquel que tiene una potencia contratada por más de 2 MW.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se tiene que esta está clasificada como cliente libre y por lo tanto se le cobran tres grandes consumos que son los siguientes:

- Costo de potencia en HP¹¹
- Costo de potencia en HFP¹²
- Costo de energía activa

Se comenzara por definir como se calculo cada uno de los costos mencionados con anterioridad.

- **Costo de potencia en HP (CP_{hp}):** este costo es equivalente al cobro de la potencia consumida en el horario de punta (18:00 a 22:59) multiplicado por su precio respectivo.

$$CP_{HP} = KW \cdot \$_{HP}$$

KW : Demanda de kilo watt

$\$_{HP}$: Precio horario de punta

¹¹ HP: Horas de punta

¹² HFP: Horas fuera de punta

Noviembre del 2009

- **Costo de potencia en HFP (CP_{HFP}):** este costo es equivalente al cobro de la potencia consumida en el horario fuera de punta (23:00 a 17:59) multiplicado por su precio respectivo.

$$CP_{HFP} = KW \cdot \$_{HFP}$$

KW : demanda de kilo watt

$\$_{HFP}$: precio horario fuera de punta

- **Energía (E):** este costo es equivalente a los kilos watt hora consumido mensualmente por la empresa multiplicado por su precio respectivo.

$$E = \frac{d_p}{M} \cdot hr_d \cdot Dda_{KWH} \cdot \$_{EA} \cdot USD\$$$

$d_{p/M}$: días por mes

hr_d : horas diarias

Dda_p : demanda de KWH

$\$_{EA}$: precio de la energía activa = 215,32 US\$/MWh

USD\$: precio dólar

A continuación para calcular la facturación mensual tenemos que:

$$\text{Facturación Mensual} = CP_{HP} + CP_{HFP} + E$$

$$\text{Facturación Mensual} = \text{USD } 689.490,59$$

Noviembre del 2009

6.2.2 Generadores en base a petróleo

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz (F.E.M.).

Desde el punto de vista teórico (teoría de circuitos) un generador de voltaje ideal mantiene un voltaje fijo entre sus terminales con independencia de la resistencia de la carga que pueda estar conectada entre ellos.

En la Ilustración 6 se ve el circuito más simple posible, constituido por un generador de tensión constante E conectada a una carga R_c y en donde su cumpliría la ecuación $E = I \times R_c$

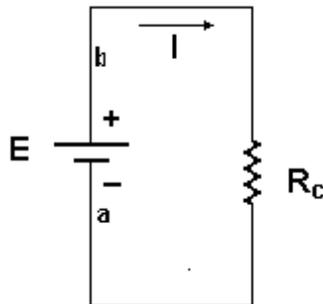


Ilustración 6: Circuito de un generador de tensión constante

Estos generadores se mueven mediante un motor de combustión capaz de transformar en movimiento la energía proveniente de la combustión de sustancias adecuadas, denominadas combustibles. Cuando la combustión se produce dentro de un recinto cerrado se denominan motores de combustión interna (MCI).

Como se mostro este sistema de abastecimiento de energía eléctrica no tiene inconveniente para instalarlo en la zona mencionada anteriormente.

Noviembre del 2009

6.2.2.1 Análisis de costos

Para poder evaluar si es conveniente abastecer en las horas de punta de energía eléctrica base a petróleo debemos calcular el costo que tendrá la empresa mensual para su abastecimiento el cual se calculara se la siguiente manera:

- **Costo generar en un mes 1MW (CG_{1MW}):** este costo es equivalente al precio que tendrá la planta en abastecerse en los horarios de punta en un mes en base a energía a petróleo.

$$CG_{1MW} = \frac{d_P}{M} \cdot hr_d \cdot C_{P1MW}$$

$d_{P/M}$: días por mes

hr_d : horas diarias

C_{P1MW} : costo producir 1MW

- **Costo de producir 1MW ($CP_{1MW/hr}$):** este costo equivale al precio que tiene producir 1 MW en una hora.

$$CP_{\frac{1MW}{hr}} = \$_P + C_{\frac{P}{hr}}$$

$\$_P$: precio petróleo

$C_{P/hr}$: consumo petróleo en 1 hora

- **Consumo de petróleo ($C_{P/hr}$):** este costo equivale al consumo de petróleo que se necesita en una hora para poder producir 1 MW.

$$C_{P/hr} = \frac{E_{PKW} \cdot RG}{PC \cdot D_P}$$

E_{PKW} : energía producida de petróleo en KW

RG : rendimiento generador

PC : poder calorífico

Noviembre del 2009

En resumen

Un proveedor de generador es FGWilson. Este tiene generadores de distintos tamaños desde 10 KW hasta los 2200 KW. El generador escogido es de 1100 KW. Este tiene las siguientes especificaciones técnicas:

| Especificaciones | Valor |
|---------------------------|-----------|
| Capacidad cubica (litros) | 45,8 |
| Frecuencia (hz) | 50 |
| Consumo de combustible | 257,1 |
| Inversión Inicial (USD) | 1.922.500 |

Costo mensual (petróleo): 769.000 USD

Por lo tanto como se puede apreciar, el costo de un generador mensualmente es mayor a la facturación entregada por el SIC. Por consiguiente no se instalara un generador a petróleo.

Noviembre del 2009

6.2.3 Energía base a carbón

Para utilizar la energía atrapada en el carbón para producir electricidad, se pulveriza y quema en hornos que calientan estanques de agua que es transformada en vapor. Este vapor es posteriormente utilizado para hacer girar turbinas conectadas a generadores de electricidad. En el proceso se pierde la mayor parte de la energía del carbón como calor. Las turbinas más eficientes construidas actualmente son capaces de transformar sólo el 35% de en electricidad¹³ el 65% restante se pierde, se habla de una eficiencia energética del 35%, en las turbinas más antiguas es de un 30% o menos.

| Contaminante | Definición | Fuentes principales | Impactos Ambientales | Efecto sobre la salud |
|--|---|--|--|--|
| PM 10 150ug/m3 (microgramos por metro cúbico) como límite máxima | Contaminante primario. Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (diámetro inferior a 10 micrones). Ejemplos: polvo, cenizas, hollín, polen, partículas metálicas o cemento | Bencina con plomo, flujo vehicular, calles sin pavimentar; combustión industrial y doméstica del carbón, combustible y diesel; procesos industriales; vertederos y micro basurales; construcciones y demoliciones; incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas | Daña edificios y materiales y disminuye visión | Depósito de partículas en vías aéreas superiores y en la tráquea y bronquios originando silicosis y asbestosis; aumenta frecuencia cáncer pulmonar, muerte prematura, síntomas respiratorios severos; irritación de ojos y nariz; agravamiento en cardiovasculares |

Actualmente la comuna es oficialmente una zona saturada de contaminación por partículas PM10, la cual nos impide la instalación de una planta de carbón

¹³ Los datos son de Jorge Laniszewski R.

Noviembre del 2009

6.2.4 Geotermica

Los volcanes no son las únicas manifestaciones de la energía calorífica de la tierra, de orden inferior son las que proporcionan los géiseres, las fumarolas y los soffionis, manifestaciones atenuadas del vulcanismo.

Los géiseres son chorros intermitentes del agua líquida caliente mezclada con vapor de agua que surgen con violencia del suelo en algunas regiones.

Las fumarolas son manifestaciones puramente de naturaleza volcánica, masas de gases a temperaturas elevadas a 200 °C, en otras surgen agua con abundantes vapores de ácido clorhídrico y gas sulfuroso que se disuelven en el agua que surgen con ellos.

Los soffionis, son manifestaciones de la energía interna de la Tierra, fuentes de vapor de agua a temperatura superior a 100 °C comprendidos 145°C a 300 °C y a una presión elevada, entre 5 y 30 atmósferas.

Este tipo de energía se va difundiendo su captación pero muy lentamente, no ha desarrollado mucho.

Los sistemas geotérmicos aprovechan las fuerzas existentes en el interior de la Tierra para producir energía útil para el consumo.

El interior de la corteza terrestre alberga energías que se encuentran en constante movimiento, los terremotos son una manifestación de esas fuerzas, así como los volcanes activos, que liberan en la superficie de la Tierra el exceso de energía que se mueve en su interior. La zona del interior de la tierra donde se producen esas fuerzas se encuentra aproximadamente a unos 50 Km. de profundidad, en una franja denominada sima o sial.

Noviembre del 2009

Conforme se desciende hacia el interior de la corteza terrestre se va produciendo un aumento gradual de temperatura, siendo ésta de un grado cada 37 metros aproximadamente. No obstante, existen zonas de nuestro planeta donde las altas temperaturas se encuentran al nivel de la superficie, donde las instalaciones geotérmicas podrían ser más rentables.

En las plantas a vapor seco se toma el vapor de las fracturas en el suelo y se pasa directamente por una turbina, para mover un generador. En las plantas *flash* se obtiene agua muy caliente, generalmente a más de 200 °C, y se separa la fase vapor en separadores vapor/agua, y se mueve una turbina con el vapor. En las plantas *binarias*, el agua caliente fluye a través de intercambiadores de calor, haciendo hervir un fluido orgánico que luego hace girar la turbina. El vapor condensado y el fluido remanente geotérmico de los tres tipos de plantas se vuelven a inyectar en la roca caliente para hacer más vapor. El calor de la tierra es considerado como una energía sostenible.

Las exploraciones geotérmicas en Chile se restringieron a las Regiones de Tarapacá y Antofagasta por ser éstas las más deficitarias en recursos hídricos del país.

Por lo tanto este tipo de recurso energético no es posible instalarlo. Ya que la planta está instalada en la región de Antofagasta

Noviembre del 2009

6.2.5 Biomasa

La biomasa, o cantidad de materia orgánica que constituyen todos los seres vivos de nuestro planeta, es una fuente de energía renovable, pues su producción es infinitamente más rápida que la formación de los combustibles fósiles.

La biotecnología ha permitido que de la biomasa puedan extraerse combustibles absolutamente ecológicos; mediante su destilación, gasificación, hidrólisis o digestión aeróbica.

Los organismos fotosintéticos proveen la mayor biomasa de la Tierra, con un volumen estimado cercano al 80% del total; algo menos de la mitad corresponde a los bosques y zonas arboladas. Para dar una idea de la ingente cantidad de biomasa agrícola y forestal que se produce anualmente mediante la fotosíntesis, basta decir que supone todo el consumo de energía del mundo multiplicado por 10, o 200 veces todo el volumen de alimentos dispuestos. Los organismos fotosintéticos marinos y terrestres convierten la energía del sol en materia orgánica de forma continuada, por tanto constituye una auténtica fuente de energía renovable.

Con las demandas de los combustibles fósiles, decayeron vertiginosamente las investigaciones en materia de biocombustibles, Hasta entonces el biocombustible principal y más utilizado era la madera, tanto para su uso como fuente propulsora en vehículos de transporte, como para calefacción. Asimismo, muchos vehículos utilizaban biocombustibles a base de metanol y etanol mezclado con gasolina.

Noviembre del 2009

El ejemplo más visible de como el biocombustible puede llegar a ser más que rentable para nuestra maltratada naturaleza, lo encontramos en Brasil donde, desde hace muchos años, se produce etanol a gran escala a partir de melazas de caña de azúcar o pulpa de mandioca. Este biocombustible se mezcla al 20% con la gasolina que utilizan los automóviles, lo que supone un considerable ahorro en la factura de petróleo, además de una verdadera buena noticia para el medio ambiente, al ser éste un combustible que no emite residuos contaminantes a la atmósfera.

Actualmente la comuna es oficialmente una zona saturada de contaminación de partículas PM10, por lo tanto no se puede instalar una planta de biomasa

Noviembre del 2009

6.2.6 Eólica

El viento es una masa de aire en movimiento. El aire es el fluido gaseoso que envuelve a toda la tierra, fluido que es indispensable para la vida humana, la de los animales, para las plantas, que respiran de modo análogo a la del hombre, Esta envoltura recibe el nombre de atmósfera.

La vela:

Se desconoce a ciencia cierta cuál fue la primera utilización práctica de la energía del viento, primera en modalidad como es natural, La primera idea creadora del hombre primitivo fue la vela y su utilización en la navegación.

La forma de vela más utilizada es la cuadrada era tan sencilla como la embarcación, posterior a ella es la vela triangular.

Durante muchas reglas el hombre utilizó la vela como único medio posible para atravesar los mares, y el viento y la vela constituyen un binomio de elementos inseparables. El viento proporciona la energía más barata que se podía imaginar pero es mudable en velocidad y dirección, inconstante.

El molino de viento:

Es la máquina energética más sencilla que se conoce y el único ingenio inventado por el hombre, después de la vela, para aprovechar el viento como agente activo productor de energía.

El moderno molino de viento, se desea a que la técnica modificó y mejoró, mediante el aligeramiento de su estructura.

Noviembre del 2009

Con el fin de aumento el rendimiento de estos aparatos se sustituye la típica rueda de aspas, por turbinas de eje vertical y provistos, de numerosos alabes grandes, regulables y movibles alrededor de sus ejes respectivos, con el fin de transformar la turbina en cilindros de superficie continua y deslizante cuando el viento alcanza grandes velocidades.

Actualmente, también este tipo de obtención de energía ha desarrollado extraordinariamente y su uso como energía alternativa esta bien difundida en el mundo. Es también de energía renovable.

Las costas de Chile poseen grandes recursos de viento, y estando la minera a 45 km al sur este de Taltal, no alcanza a tener el viento necesario para producir energía eléctrica.

Noviembre del 2009

6.2.7 Energía solar

Los recursos solares del norte Chile son considerados unos de los mejores del mundo, sin embargo, la utilización de la tecnología fotovoltaica tiene campo de aplicación en todo el territorio nacional.

En dicho archivo se presentan los promedios mensuales y anuales de radiación global diaria sobre superficie horizontal de 28 estaciones meteorológicas.

| Región | Radiación Solar Diaria Total Horizontal Promedio Anual [kcal/m ² /día] |
|-----------|--|
| I | 4.554 |
| II | 4.828 |
| III | 4.343 |
| IV | 4.258 |
| RM | 3.570 |
| V | 3.520 |
| VI | 3.676 |
| VII | 3.672 |
| VIII | 3.475 |
| IX | 3.076 |
| X | 2.626 |
| XI | 2.063 |
| XII | 1.107 |
| ANTARTICA | 1.563 |

Se demuestra que el norte de Chile presenta condiciones extraordinariamente favorables para la utilización de la energía solar. Entre las regiones I y IV el potencial de energía solar puede clasificarse entre los más elevados del mundo. Las radiaciones observadas entre las regiones V y VIII también son susceptibles de ser utilizadas en aplicaciones solares.

Noviembre del 2009

Hay dos tipos de energía solar

1. Termo solar: La electricidad se genera gracias al movimiento de un generador, que convierte energía mecánica en electricidad, esto se logra haciendo girar rápidamente un electroimán dentro de una bobina. Mientras mayor sea el electroimán y la bobina mayor será la electricidad generada.

Para hacer girar el generador se utilizan turbinas, que son aspas que giran movidas ya sea por alguna forma de energía primaria, como una caída de agua (hidroeléctrica) o el viento (eólica), o por energía secundaria, como un chorro de vapor producido por agua calentada por carbón, gas, diesel o un reactor nuclear (termoeléctrica).

En este sistema, la luz del Sol es concentrada por espejos a una torre donde se calienta un líquido que posteriormente se usará para generar vapor y mover las turbinas del generador. También está la concentración de espejos cilíndricos parabólicos en tubos que transportan un fluido que se calienta a alta temperatura y que transfiere el calor al circuito de agua de una planta térmica generadora.

Por lo tanto este sistema de abastecimiento eléctrico cumple con las condiciones

Noviembre del 2009

2. Paneles fotovoltaicos: Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos.

El efecto fotovoltaico hace que los fotones de ciertas longitudes de onda, al chocar con el material semiconductor, formado con silicio y otros elementos, generan electrones).

A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica, operación sujeta a subvenciones para una mayor viabilidad.

El proceso, simplificado, sería el siguiente: Se genera la energía a bajas tensiones (380-800 V) y en corriente continua. Se transforma con un inversor en corriente alterna. Mediante un centro de transformación se eleva a Media tensión (15 ó 25 kV) y se inyecta en las redes de transporte.

La generación ocurre entre 8 a 10 horas al día, por lo tanto se requiere almacenar en baterías.

Por lo tanto este sistema de abastecimiento eléctrico cumple con las condiciones.

Noviembre del 2009

6.2.7.1 Análisis de los costos

Como se pudo apreciar la energía solar no tiene inconvenientes por colocar en esta zona, por lo tanto se analizaran los costos que tienen estas dos alternativas:

| ENERGIA SOLAR | MW SUMINISTRADO | INVERSION INICIAL |
|-----------------------|-----------------|-------------------|
| Paneles fotovoltaicos | 3,0 | 25.800.000 |
| Termo solar | 3,0 | 14.132.000 |

Costo mensual paneles fotovoltaicos : 430.000 USD

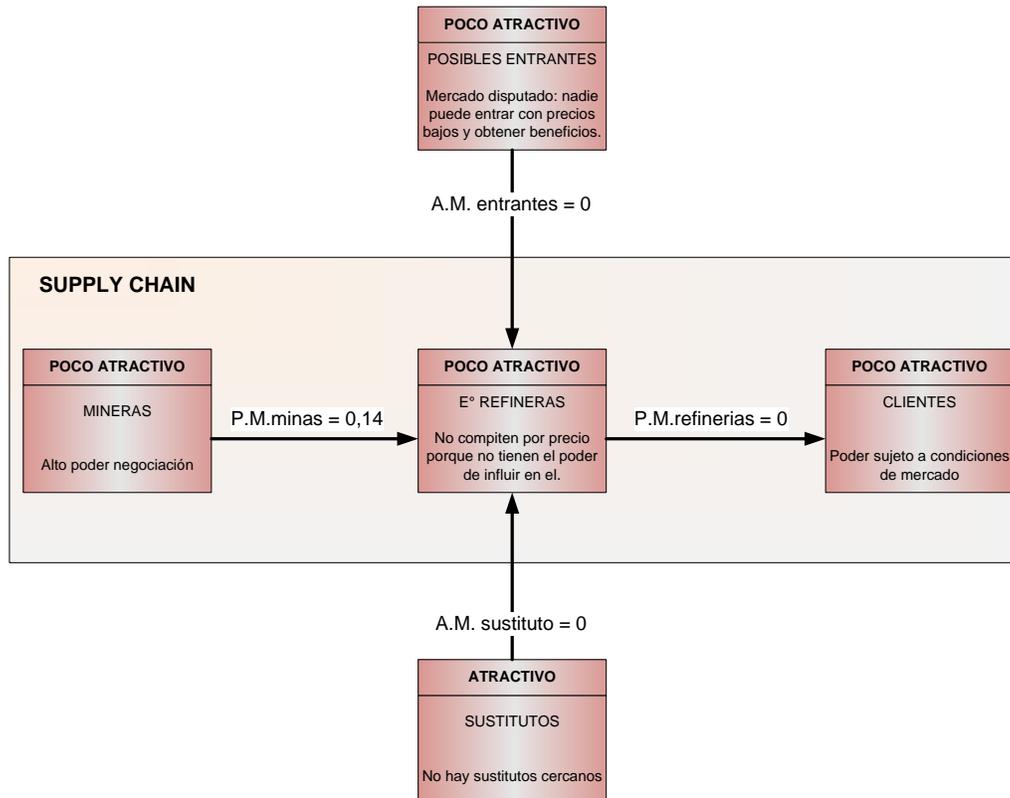
Costo mensual termo solar : 235.533 USD

Como se puede apreciar el costo de paneles solares es mayor al de una planta termo solar. Por consiguiente la alternativa a evaluar será la planta termo solar.

Noviembre del 2009

7 ESTRATEGIA

7.1 Análisis Externo



En general la industria del cobre ofrece altos grados de crecimiento y de desarrollo para los participantes de la industria, pero a la vez hay elementos desfavorables que hacen a la industria poco atractiva como el alto poder de negociación de los proveedores, y el poco poder de negociación que se tiene con los clientes, pues el producto transado no es posible diferenciarlo. El alto precio que se obtuvo del cobre hace un tiempo hizo que algunos científicos estuviesen buscando un sustituto para este producto.

Esta amenaza de la sustitución del cobre y los demás factores mencionados hacen a esta industria **POCO ATRACTIVA**. Ubicándose en la parte más baja del eje del atractivo de la industria (eje horizontal de la matriz atractivo de la industria / fortaleza de negocio).

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009



Esto debe al bajo poder de mercado sobre sus clientes (P.M. = 0), por ser un commodity. Además sus proveedores tienen un alto poder de mercado (P.M. = 1,5).

Noviembre del 2009

7.1.1 Oportunidades y amenazas

Oportunidades:

- Los factores políticos y legales son favorables para la explotación y la inversión de recursos cupríferos.
- Como no se compite por precio, hay una baja rivalidad de los participantes en la industria del cobre

Amenazas:

- No hay poder de negociación con los clientes pues se tranza un commodity y las empresas no pueden diferenciarlo, además el precio lo estipula la bolsa de metales de Londres.
- Hay un alto poder de los proveedores de materia prima, pues sin ellos no se tendría los recursos para producir cátodos de cobre.

Noviembre del 2009

7.2 Análisis Interno

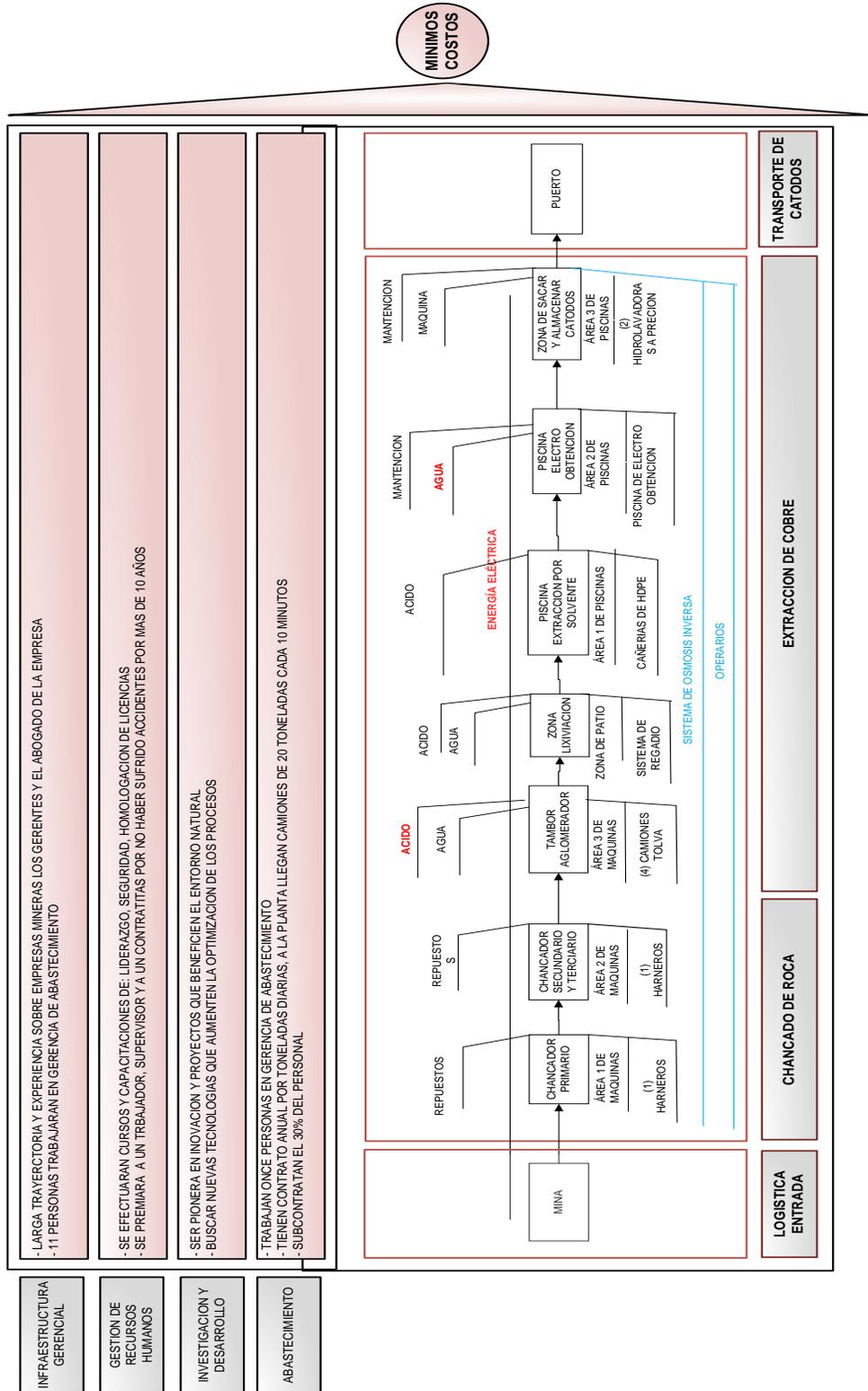
Para poder determinar la posición competitiva de la minera Minera Taltal S.A., se utilizara el análisis de la cadena de valor, la cual permite la evaluación interna a nivel de los negocios internos de la empresa.

El primer paso por lo tanto es definir las actividades primarias de la minera. Las cuales se infieren del flow sheet, las actividades responden al concepto de “*un negocio dentro de otro negocio*”.

- **Mina:** corresponde a la extracción de las rocas de mineral, desde los yacimientos.
- **Chancado:** corresponde al chancado del mineral.
- **Extracción del mineral:** corresponde a la extracción de cobre en forma de planchas, llamado cátodos de cobre. En esta etapa se produce el producto final.
- **Distribución:** corresponde a la comercialización de los cátodos d cobre

Posteriormente se ilustrara la cadena de valor de la empresa para poder determinar sus recursos y capacidades.

7.2.1 Cadena de valor



Noviembre del 2009

7.2.2 Recursos, capacidades, core competence

- **Recursos:** sistema de osmosis inversa y sus operarios especializados, son los recursos escasos que tiene la empresa.
- **Capacidades:** en conjunto con mis recursos logro mi capacidad. Minera Taltal S.A. tendrá a los operarios más especializados en el sistema de osmosis inversa y en su mantención. Logrando cero defecto en su operación.
- **Debilidades:** los costos de la energía eléctrica y del acido son una debilidad que tiene esta empresa pues logra un elevado costo marginal. Además del alto costo que tiene el sistema de osmosis inversa que hace aumentar en un 10% con respecto a otra minera que se abastezca de una empresa.

En resumen podemos concluir que la minera cuenta con una fortaleza del negocio media baja, posicionándose en el eje medio inferior vertical de la matriz "atractivo de la industria / fortaleza del negocio"



Esto es producto de que las capacidades (sistema de osmosis inversa, es el mejor pues los ingenieros al ser expertos en este tema, nunca van a quedar sin suministro de agua, ya que este sistema no tendrá problemas), a la vez las capacidades son menores a las debilidades de la minera. Esta debilidad es el elevado costo marginal que tiene pues al tener economías de estaca este negocio, esta minera le sale mucho más costoso que a otras minas que extraen cátodos de cobre.

Noviembre del 2009

7.2.3 Fortalezas y debilidades

Fortalezas:

- Tener el mejor sistema de osmosis inversa en el mundo, pues tiene a los mejores operarios especializados en este tema y en su mantención preventiva, logrando así que no se tenga ningún defecto en la operación.

Debilidades:

- Costo marginal de producir una tonelada de cobre es mucho más alto que otras mineras que conforman el grupo de pequeña y mediana minería.

7.3 Matriz Atractivo De La Industria / Fortaleza Del Negocio

Para ver el posicionamiento que se tiene en la matriz de fortaleza del negocio / atractivo de la industria, se tiene que ocupar el poder de mercado obtenido anteriormente para ver en qué parte nos encontramos en el atractivo de la industria. Haciendo una mención a lo calculado anteriormente tenemos que $P.M.=0$. Por lo tanto nos encontramos en la parte más baja de la matriz atractivo de la industria.

Para poder ver donde estamos en la fortaleza de negocio tenemos que saber lo siguiente:

1. Si hay core competence nos posicionamos en la parte alta de la fortaleza de negocio.
2. Si hay recursos escasos, capacidades o ambos, nos posicionamos en la parte media de la fortaleza del negocio.
3. Si no hay nada nos posicionamos en la parte baja de la fortaleza de negocio.

Noviembre del 2009

Esta empresa tiene recursos escasos y capacidades. Los recursos escasos son:

Sistema de osmosis inversa.

Operarios súper especializados para la operación y mantención del sistema de osmosis inversa.

Ambos recursos escasos forman una capacidad para esta empresa, pues será la única empresa que tendrá este sistema de osmosis inversa y no poseerá de problemas secundarios.

El punto A corresponde a la situación actual de la minera Minera Taltal S.A., y el punto B corresponde a la posición que desea estar posicionada esta empresa. Para alcanzar el punto B la empresa tendrá que desarrollar algunas estrategias que fortalezcan el negocio y que se diferencie un poco del otro producto.

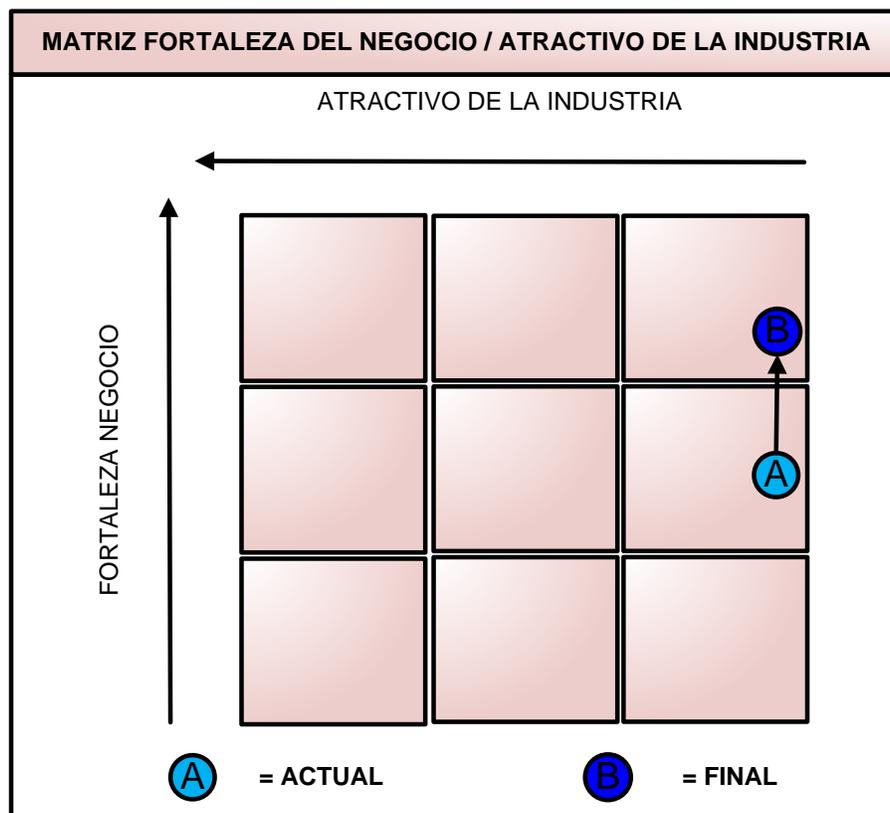


Ilustración 7: Elaboración propia - Matriz fortaleza del negocio / atractivo de la industria

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
 PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Las estrategias genéricas a desarrollar son:

| Estrategias genericas | | Atractivo de la industria | | |
|-----------------------|-------|--|---|--|
| | | Alto | Medio | Bajo |
| Fortaleza del negocio | Alto | Crecimiento Buscar predominio Maximizar la inversión | Identificar segmentos de crecimiento. Invertir fuertemente Mantener posición en otros segmentos | Mantener la posición general. Buscar flujo de fondos Invertir a nivel de mantenimiento |
| | Medio | Evaluar el potencial para el liderazgo vía segmentación Identificar debilidades Construir fortalezas | Identificar segmentos de crecimiento Especializarse Invertir selectivamente | Recortar las líneas Minimizar la inversión Posicionarse para la restructuración |
| | Bajo | Especializarse Buscar nichos Considerar adquisiciones | Especializarse Buscar nichos Considerar la salida | - Confiar en la calidad de estadística líder - Atacar los generadores de efectivo del competidor - Programar la salida y liquidación |

Noviembre del 2009

7.3.1 Desarrollo de estrategias genéricas

1. Cambiar la forma de abastecerse de energía eléctrica

Esta estrategia satisface “Posicionarse para la restructuración”

Para esto se implementara un cambio en el sistema de abastecimiento energético para poder bajar los costos de operación de la minera. Actualmente se estima que la minera tiene un costo de energía eléctrica de 689.491¹⁴ USD mensuales.

Después del cambio (pasar de ser un consumidor de energía a ser un productor de energía eléctrica) sus costos bajan considerablemente a 539.340 USD mensuales.

Para poder llegar a esto se implementara una planta termo solar en el mismo sitio donde se encuentra actualmente la planta productora de cátodos de cobre.

Esta planta generadora de energía será diseñada para que produzca 3MW de energía eléctrica durante las 8 horas del día. El resto del día se suministrara con la empresa EMELAT.

¹⁴ Costo obtenido del anexo de examen de grado

Noviembre del 2009

2. Cambiar el diseño de la planta productora de cátodos.

Esta estrategia satisface "Recortar líneas"

Se dejara de abastecer de energía eléctrica a los chancadores primarios, secundarios, terciarios con el fin de disminuir en cierta parte los MW ocupados en los horarios de punta. Las maquinas antes mencionadas se necesita trabajarlas a su máxima capacidad en los horarios fuera de punta, con tal de que al apagarlas en el horario de punta (18:00hr – 23:00hr), y así lograr que no se detenga la planta por falta de materia prima.

Para medir el desempeño de la estrategia de tecnología utilizaremos el costo marginal. Si logramos obtener capacidades y core competence después de la estrategia implementada, entonces se puede decir que la estrategia sirve. Pero además que hay que considerar si es sustentable en el tiempo o es mejor no instalar la planta.

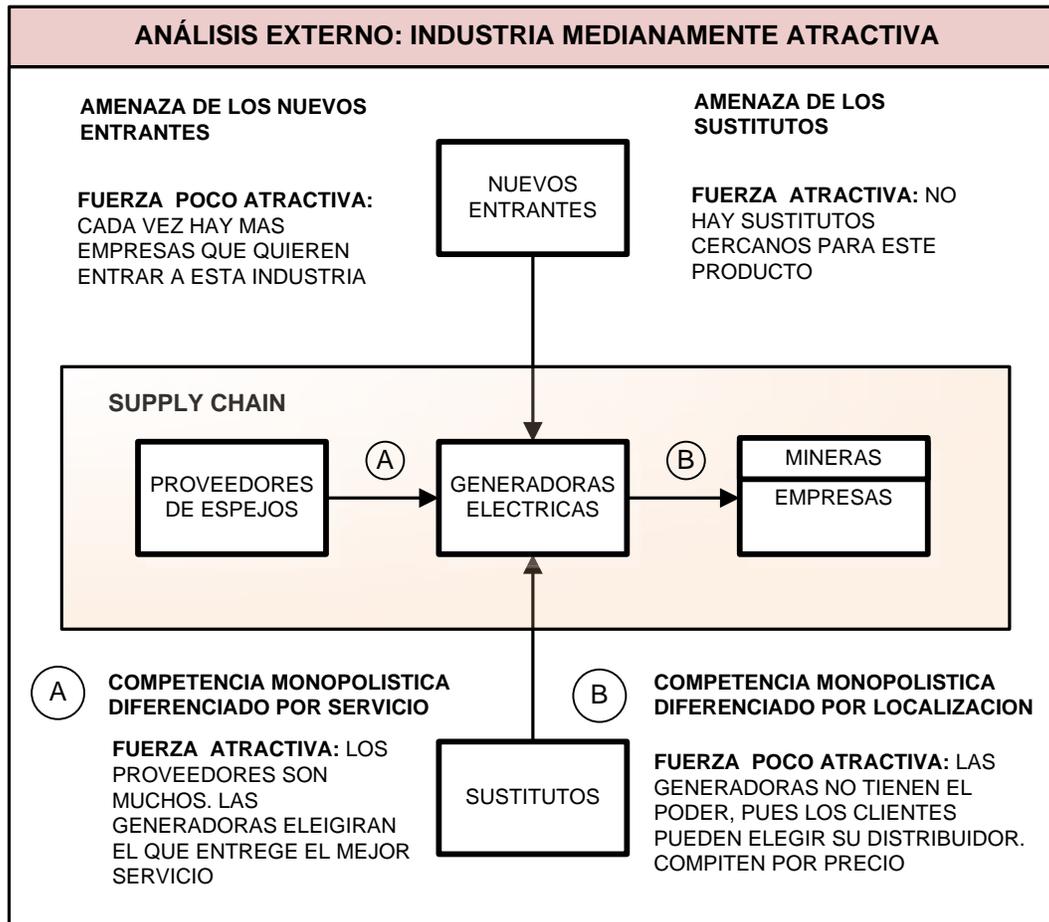
Recordemos que el costo marginal sin estrategia era de: 142,1¹⁵ centavos la libra

¹⁵ Costo marginal se obtuvo del anexo de examen de grado

Noviembre del 2009

8 ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA DE TECNOLOGÍA

8.1 Análisis externo



Noviembre del 2009

- **Amenaza**

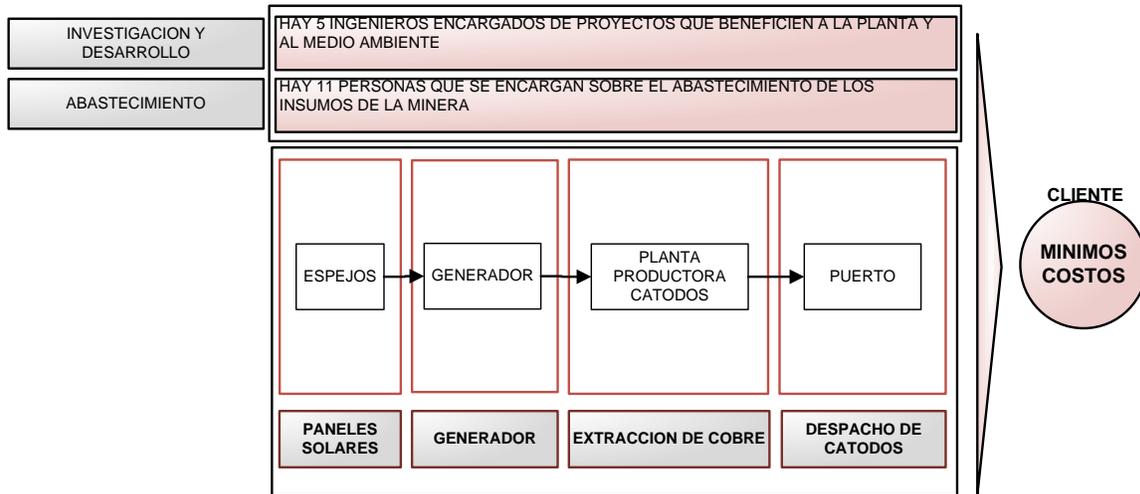
- Hay muchas empresas que están queriendo entrar a esta industria
- Los clientes pueden elegir a la empresa generadora que le entregue energía eléctrica en el menor costo.

- **Oportunidades**

- No hay sustitutos cercanos para este producto, además que el costo de cambio es muy elevado.
- Las empresas generadoras tienen la facultad de poder elegir al proveedor que le entregue el mejor servicio.

Noviembre del 2009

8.2 Análisis interno



- **Debilidades**

- No se conoce a la profundidad el funcionamiento de la planta termo solar.

- **Fortalezas**

- Estar en uno de los lugares con mayor radiación solar del mundo

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Por lo tanto implementando esta estrategia el costo marginal disminuirá de 133,4 a 131,1 centavos la libra. O sea pudimos reducir el costo marginal un 2,3%.

Posteriormente se mostrara como queda la cadena de valor de la empresa y sus respectivos costos.

Matriz nueva de costos:

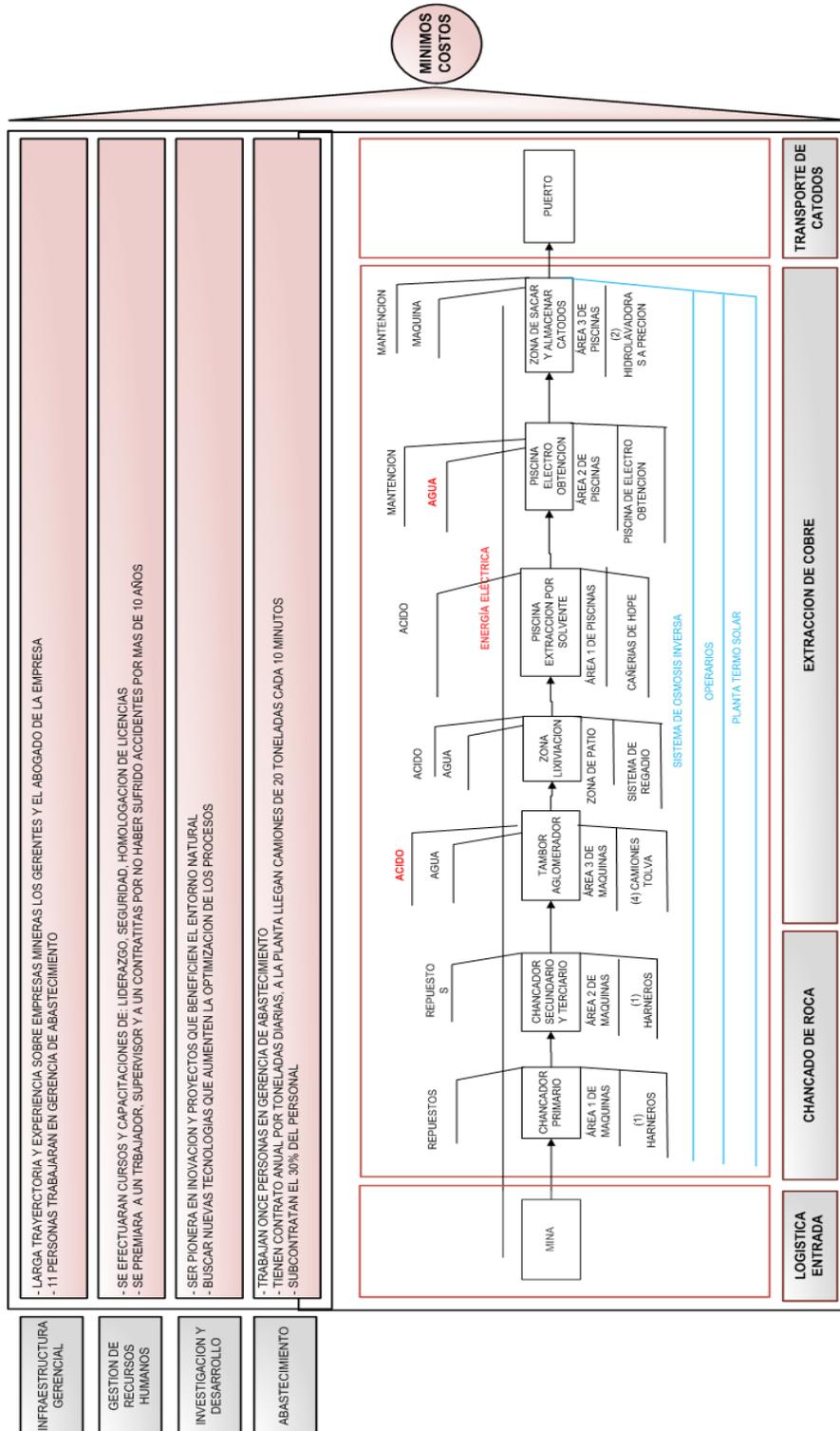
| % DEL COSTO | COSTOS VARIABLES | USD ANUAL | USD MENSUAL |
|--------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|
| 35% | materia prima | 6.982.908 | 581.909 |
| 31% | Energía Eléctrica | 6.472.080 | 539.340 |
| 6% | Mantenimiento | 1.163.820 | 96.985 |
| 3% | Repuestos | 581.916 | 48.493 |
| 8% | Contratistas | 1.551.756 | 129.313 |
| 11% | Acido | 2.133.672 | 177.806 |
| 7% | Agua | 1.357.788 | 113.149 |
| 100% | TOTAL | 20.243.940 | 1.686.995 |

Como podemos apreciar el costo de la energía eléctrica bajo de un 33% a un 31%. Esto se puede apreciar más aun en los costos marginales, ya que bajaron un 8%.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

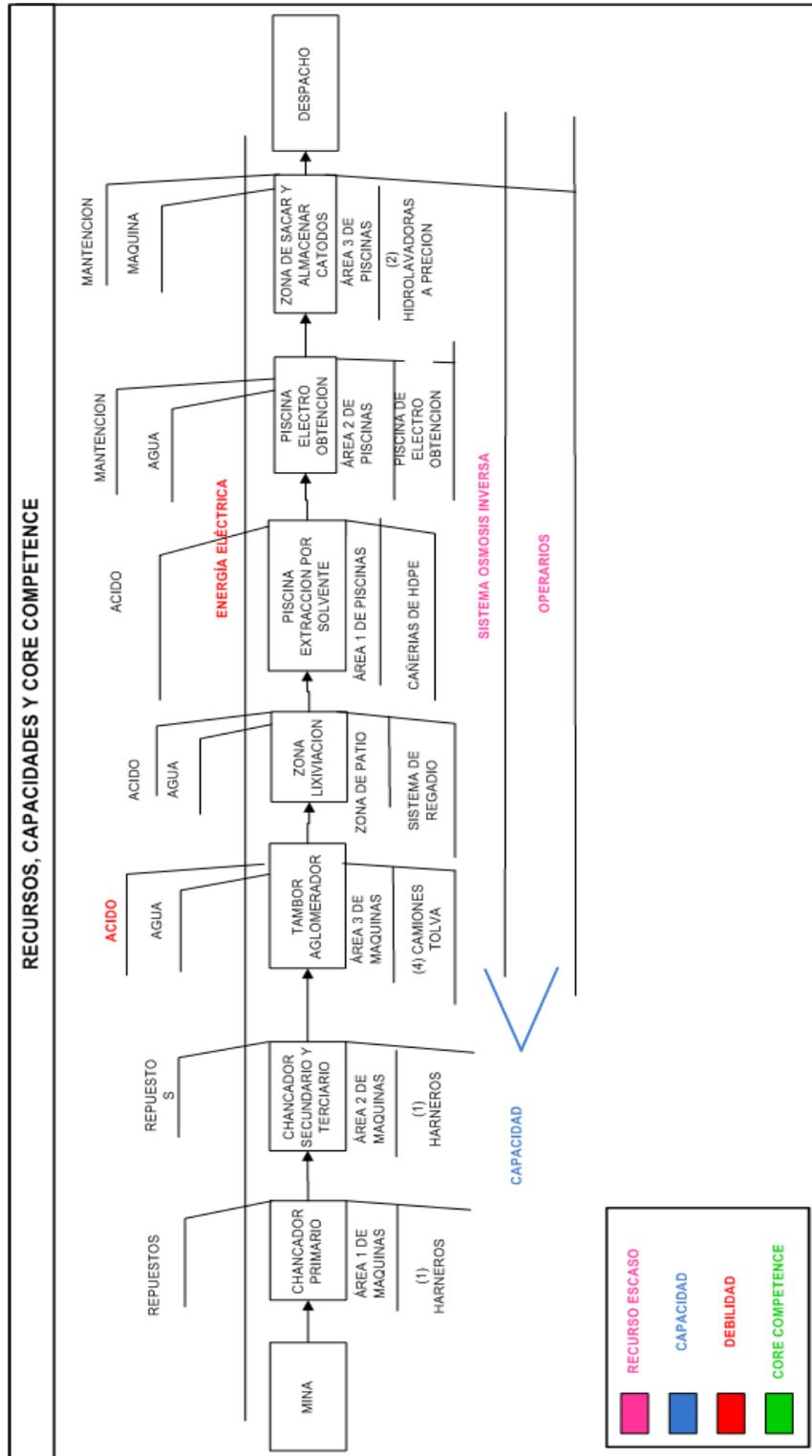
Noviembre del 2009

Nueva cadena de valor



Noviembre del 2009

Nueva matriz de recursos, capacidades y core competence



Noviembre del 2009

Recursos escasos: se agrego el recuso escaso del sistema eléctrico mediante una planta termo solar. Este es un recuso escaso porque la mina se encuentra en la IV región de chile, este lugares es el con mayor radiación solar del mundo (de la I a la IV región de chile es el lugar con mayor radiación solar en el mundo).

Capacidades: al ser una empresa que está en la etapa de desarrollo puede rediseñar el sistema de abastecimiento para poder entrar al mercado lo más competitiva posible.

Core competence: ser la empresa de pequeña y mediana minería productora con los costos marginales más bajos en la producción de cátodos de cobre. Ya que las pequeñas y mediana minería productoras de cátodos de cobre (mediante oxido y solvente). Los costos marginales de una pequeña y mediana minería que produce 7000 tn de cátodos de cobre van desde 135 cent/lb. Taltal después de la estrategia esta a 131 cent/lb.

Debilidades: antiguamente se tenía como debilidad la energía eléctrica y el acido. Hoy se tiene que el sistema de energía eléctrica es una capacidad para la empresa. Y el acido sigue siendo una debilidad para la empresa y para la industria.

“Como se agregaron capacidades y core competence se dice que la estrategia implementada dio resultado.”

Noviembre del 2009

9 EVALUACION ECONOMICA

Se evaluará económicamente el proyecto de implementar la planta termo solar para esta minera. Primero se tendrá que definir el plazo de evaluación del proyecto

Debido al alto precio del cobre, y además que el contrato para abastecerse de la materia prima tiene un plazo definido de 5 años, este proyecto se evaluara a 5 años, después de estos años se estudiara la factibilidad de seguir o no con este negocio.

Recordemos que la economía en el mundo pasaba por un momento crítico (alto precio del petróleo, bajo valor del dólar). Por lo tanto los valores tomados en esta tesis son los siguientes:

| | | |
|--------------------------------|----------|--------------------|
| Precio del Diesel | : 634 | pesos chilenos/lit |
| Valor del Dólar | : 520,14 | pesos chilenos |
| Precio del cobre promedio 2008 | : 265,51 | cent/lb |

El precio del cobre variara con una probabilidad aleatoria de que salga entre 125,2 cent/lb a 315,3 cent/lb. Estos precios fueron los extremos que se tuvieron en el año 2008.

El resto de los precios del diesel y del dólar lo mantendremos constante.

Como la Taltal todavía no se sabe bien con exactitud los costos variables que tendrá, se tuvo que averiguar con otras mineras como Codelco, collahuasi y Enami los costos variables según tonelada métrica fina de cobre. Lo mismo se hizo con los costos fijos.

Noviembre del 2009

9.1 Ingresos

Los ingresos de este proyecto son la venta de los cátodos de cobre. El precio del cobre variara según lo mencionado anteriormente.

| INGRESOS (USD) | | | | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| 24.283.304,9 | 34.806.070,3 | 36.951.095,6 | 37.099.493,6 | 37.247.891,5 |

9.2 Inversión Inicial

La inversión inicial que se debe tener en cuenta para poder implementar la planta termo solar es la siguiente:

| INVERSION INICIAL | |
|-----------------------|-------------|
| Planta | Costo (USD) |
| Paneles fotovoltaicos | 14.132.000 |

Noviembre del 2009

9.3 Depreciación

Es el cálculo de la disminución del valor de los activos durante su vida esperada, mediante un método de contabilidad aceptado, p. ej., asignar el precio del activo al número total de años en los que se utiliza.

Según la reglamentación del servicio de impuestos internos en la reglamentación exenta N° 43 del 26 de diciembre del 2002 establece lo siguiente:

| Maquina | Vida útil normal | Depreciación acelerada |
|---|-------------------------|-------------------------------|
| Equipos de generación y eléctricos utilizados en la generación. | 10 | 3 |

| DEPRECIACION | | | | | | | |
|---------------------|---------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Equipo | Valor Inicial | N° de Años | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Planta termo solar | 14.132.000 | 10 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 |
| TOTAL | | | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 |

Noviembre del 2009

9.4 Costos Variables

Los costos variables se determinan en función del volumen de producción. Para esta minera los costos variables son los siguientes.

| COSTOS VARIABLES | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|
| Porcentaje de los costos | Costos variables | US\$ anual | US\$ mensual |
| 34% | materia prima | 6.982.908 | 581.909 |
| 31% | Energía Eléctrica | 6.472.080 | 539.340 |
| 6% | Mantención | 1.163.820 | 96.985 |
| 3% | Repuestos | 581.916 | 48.493 |
| 8% | Contratistas | 1.551.756 | 129.313 |
| 10% | Acido | 2.133.672 | 177.806 |
| 7% | Agua | 1.357.788 | 113.149 |
| 100% | TOTAL | 20.243.940 | 1.715.515 |

9.5 Costos Fijos

Los costos fijos son los que no se ven afectados por variaciones en el volumen de producción y permanecen sensiblemente fijos durante un período de tiempo. Para esta minera los costos fijos son los siguientes.

| COSTOS FIJOS | | |
|------------------------------|------------------|------------------|
| ITEM | USD MENSUAL | USD ANUAL |
| Ingeniero proceso planta | 9.612,8 | 115.353,5 |
| Supervisor eléctrico | 5.190,9 | 62.290,9 |
| Químicos laboratorios | 18.456,6 | 221.478,8 |
| Jefe mantención | 2.883,8 | 34.606,1 |
| Jefe Supervisor de operación | 20.763,6 | 249.163,7 |
| Jefe de operación | 4.806,4 | 57.676,8 |
| Personal de bodega | 9.228,3 | 110.739,4 |
| Transformador 2 | 33.333,3 | 400.000,0 |
| Personal administrativo | 20.186,9 | 242.242,5 |
| Mantenimiento | 108.000,0 | 1.296.000,0 |
| TOTAL | 222.849,8 | 2.674.198 |

Noviembre del 2009

9.6 Capital de trabajo

Capital necesario para financiar el ciclo de producción o mercadeo, desde el desembolso inicial en preparativos o en anticipos para una compra, hasta recibir el beneficio de la venta del producto.

Para esta minera el costo de capital varia de 4.036.370 a 5.685.674 dólares.

9.7 Tasa de descuento

La tasa de descuento es la tasa mínima de rentabilidad que un inversionista exige a un proyecto para llevarlo a cabo. Mientras mayor sea la rentabilidad que se exige, menor será la probabilidad de que se ejecute el proyecto.

En este caso la tasa de descuento es de un 10%

9.8 Valor residual

Valor de un equipo industrial o de cualquier otro elemento patrimonial sujeto a depreciación al final de su vida útil o en cualquier momento anterior.

El valor residual de este proyecto varía de USD 1.843.064 a USD 267.887.568

Noviembre del 2009

9.9 Costo Marginal

Costo adicional que se incurre para suministrar o vender una unidad adicional de producto o servicio.

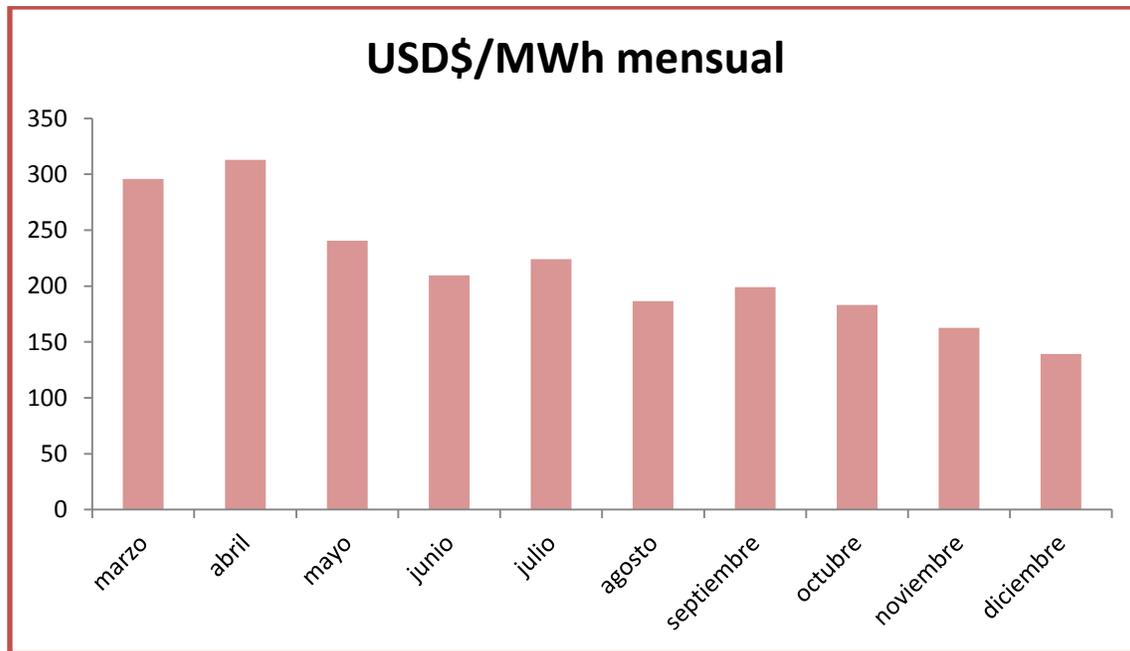
Como se pudo apreciar anteriormente el precio que nos cobra la empresa EMELAT S.A. depende del costo marginal que tenga esta por lo tanto vamos a analizar más detalladamente que ocurre con este valor.

El costo marginal que tiene el nudo diego de Almagro 220 V es el siguiente:

| Meses | Promedio USD\$/MWh |
|-----------------|--------------------|
| marzo | 295,77 |
| abril | 312,81 |
| mayo | 240,5 |
| junio | 209,42 |
| julio | 224,02 |
| agosto | 186,56 |
| septiembre | 199,06 |
| octubre | 183,19 |
| noviembre | 162,69 |
| diciembre | 139,22 |
| Promedio | 215,32 |

Noviembre del 2009

Esto se puede apreciar mejor en el siguiente grafico



Como sabemos que el precio de la energía activa varía según el costo marginal, se analizo hasta que punto era conveniente abastecerse de energía eléctrica, en comparación a invertir en una planta termo solar. De esto se llego al siguiente resultado:

Recordemos que cuando el precio de la energía activa es mayor a 66,7 US\$/MWh se aplica la formula

$$PE=CMg-8,4 \text{ US\$/MWh}$$

Por lo tanto cuando el costo marginal es mayor a 75,1 US\$, el valor de la energía activa es igual al costo marginal.

Realizando un análisis grafico se obtuvo que cuando el precio de la energía activa es mayor a 155,1 US\$/MWh, es conveniente en invertir la planta termo solar.

Como el valor de la energía activa está a 215,3 US\$/MWh, se invertirá en una planta termo solar.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Vamos a dejar todos los datos en una sola unidad esta será USD/KWh. La siguiente tabla nos muestra los promedios de los costos marginales de Diego de Almagro en los meses de Marzo a Julio.

| Meses | Promedio USD\$/MWh | Promedio USD\$/KWh |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| marzo | 295,77 | 0,296 |
| abril | 312,81 | 0,313 |
| mayo | 240,5 | 0,241 |
| junio | 209,42 | 0,209 |
| julio | 224,02 | 0,224 |
| agosto | 186,56 | 0,187 |
| septiembre | 199,06 | 0,199 |
| octubre | 183,19 | 0,183 |
| noviembre | 162,69 | 0,163 |
| diciembre | 139,22 | 0,139 |
| Promedio | 215,32 | 0,215 |

215,3 mils/KWh equivale a 0,2153 USD/KWh

Por lo tanto se puede apreciar que cuando el costo marginal de Diego de Almagro supere los 0,1554 USD/KWh, es conveniente invertir en la planta termo solar. Y el promedio del año 2008 fue de 0,215.

Noviembre del 2009

9.10 Flujo De Caja

| FLUJO DE CAJA (USD) | | | | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| AÑO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ingresos | | 24.817.906 | 35.572.332 | 37.764.581 | 37.916.246 | 38.067.911 |
| (Costos Variables) | | 18.822.909 | 21.296.612 | 21.810.250 | 21.843.855 | 21.877.460 |
| Margen Bruto | | 5.994.997 | 14.275.720 | 15.954.331 | 16.072.391 | 16.190.450 |
| (Costos Fijos) | | 2.311.296 | 2.372.347 | 2.419.794 | 2.423.827 | 2.427.860 |
| (Depreciacion) | | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 |
| EBIT | | 2.270.501 | 10.490.173 | 12.121.337 | 12.235.364 | 12.349.390 |
| (Impuestos) | | 385.985 | 1.783.329 | 2.060.627 | 2.080.012 | 2.099.396 |
| EBIAT | | 1.884.516 | 8.706.844 | 10.060.710 | 10.155.352 | 10.249.994 |
| Depreciacion | | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 | 1.413.200 |
| (Inversiones) | 14.132.000 | | | | | |
| (Caítal De Trabajo) | 4.036.370 | | | | | |
| Valor de desecho | | | | | | 119.501.214 |
| Flujo Caja | -18.168.370 | 3.297.716 | 10.120.044 | 11.473.910 | 11.568.552 | 131.164.409 |

| | |
|-------------|------------------|
| VAN | \$ 92.575.816,59 |
| TIR | 14,7% |
| TASA | 10% |

Este flujo de caja está evaluado con un precio del cobre de 214,4 cent/lb. Se tomo este precio ya que es aquí donde se concentra la mayor frecuencia.

Realizando un estudio el VAN esperado para este proyecto es de 92.575.817 este valor se obtuvo de una muestra de 1000 situaciones diferentes variado el valor del cobre entre 214,14 hasta 315,3 cent/lb.

Analizando para que valor del cobre el VAN = 0, se pudo determinar:

- Cuando el precio del cobre para que el VAN=0 tiene que ser de 151,09 cent/lb.

Noviembre del 2009

10 CONCLUSIONES

Para poder alcanzar los objetivos de esta tesis "Analizar económicamente un sistema de abastecimiento energético propio para una minera productora de cátodos SX-EW". Se tuvo que analizar lo siguiente:

En primer lugar se tuvo que analizar que estaba pasando energéticamente en Chile y cuál era su pronóstico para más adelante, se pudo apreciar que en Chile se construirían varias plantas energéticas hasta el año 2011 en el sistema interconectado central.

Posteriormente fue necesario estudiar cada una de las opciones que hay actualmente en el mundo para realizar una investigación exhaustiva de los pros y contras que existen en Chile y en especial en la región de Antofagasta para poder llegar a implementar una planta energética. Había que tener en cuenta que la minera tiene una misión de cuidar y mantener el medio ambiente, por estas razones y además de estar la región de Atacama en zona latente, se estudio el sistema de abastecimiento energético mediante una planta termo solar.

Luego se comparo económicamente el costo energético que tendría la planta con y sin el proyecto, y se analizo en profundidad el costo marginal actual que tiene EMELAT. El costo marginal afecta directamente al valor energético entregado por EMELAT a la minera. En esta tesis el valor del costo marginal es en promedio de 0,215 USD/KWh, y para que sea rentable colocar los paneles fotovoltaicos el costo marginal de EMELAT debe ser mayor a 0,155.

Por lo tanto se puede determinar que la minera Minera Taltal S.A. está en condiciones de implementar una planta termo solar y poder recuperar la inversión en 5 años. Este es el tiempo que se acaba el contrato con la empresa que le abastece de materia prima (mineral).

Como se puede apreciar el VAN > 0, por lo tanto el proyecto da resultado esperados por la empresa.

Noviembre del 2009

11 BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

Norma Chilena oficial de simbología eléctrica NCh0712-1972

La crisis energética y el mercado eléctrico, Colegio de ingenieros de Chile,
Noviembre 2008

Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales, 1988 – 2007, Cochilco

Mercado internacional del cobre año 2008, 2 enero 2009, Comisión Chilena del
Cobre

Perspectiva del mercado de ácido sulfúrico, 13 agosto 2008, Comisión Chilena del
Cobre

Informe semestral del mercado del cobre, segundo semestre de 2008, Comisión
Chilena del Cobre

Sitios Web

www.cochilco.cl

www.procobre.cl

www.codelco.cl

www.chilectra.cl

www.cne.cl

www.emel.cl

www.emelat.cl

www.cdec-sic.cl

www.circuloastronomico.cl

Noviembre del 2009

12 ANEXOS

Anexo 1: Cátodos de cobre



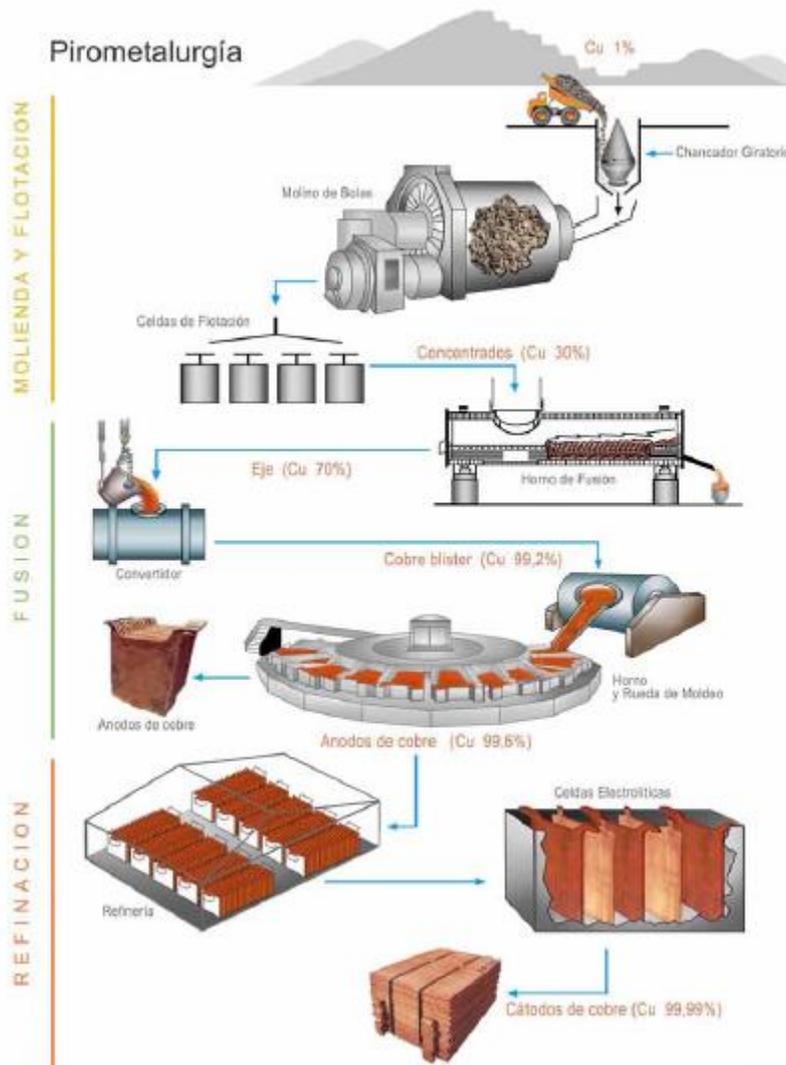
Noviembre del 2009

Anexo 2: Ánodos



Noviembre del 2009

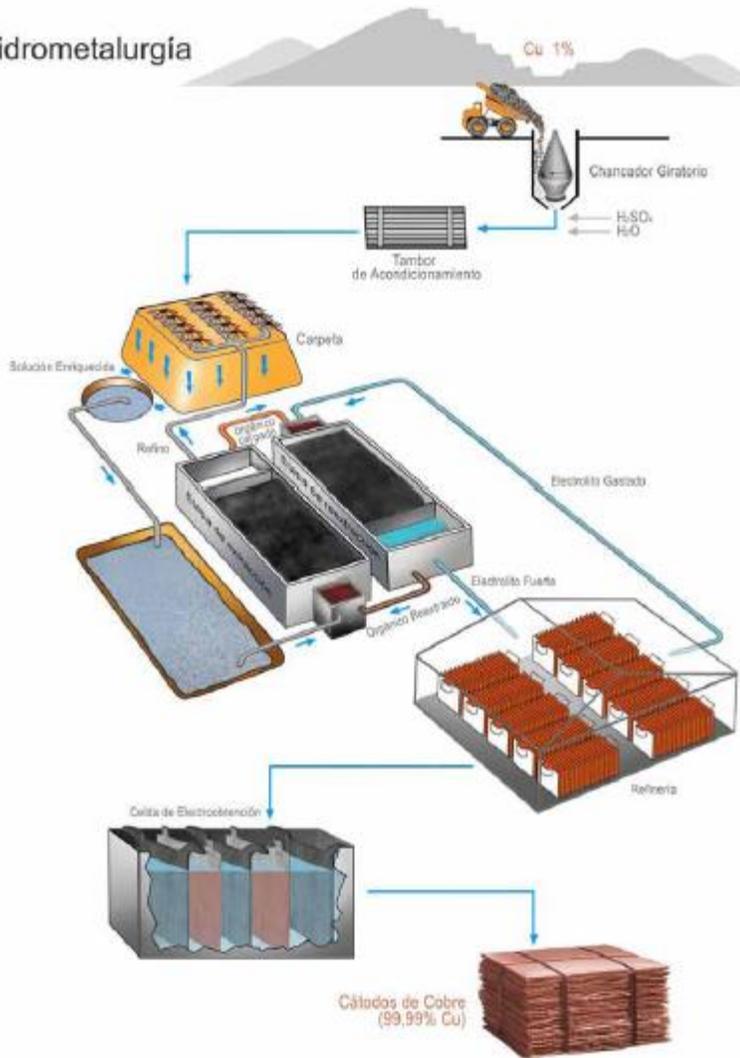
Anexo 3: Proceso Piro – Metalúrgico



Noviembre del 2009

Anexo 4: Proceso Hidro – Metalúrgico

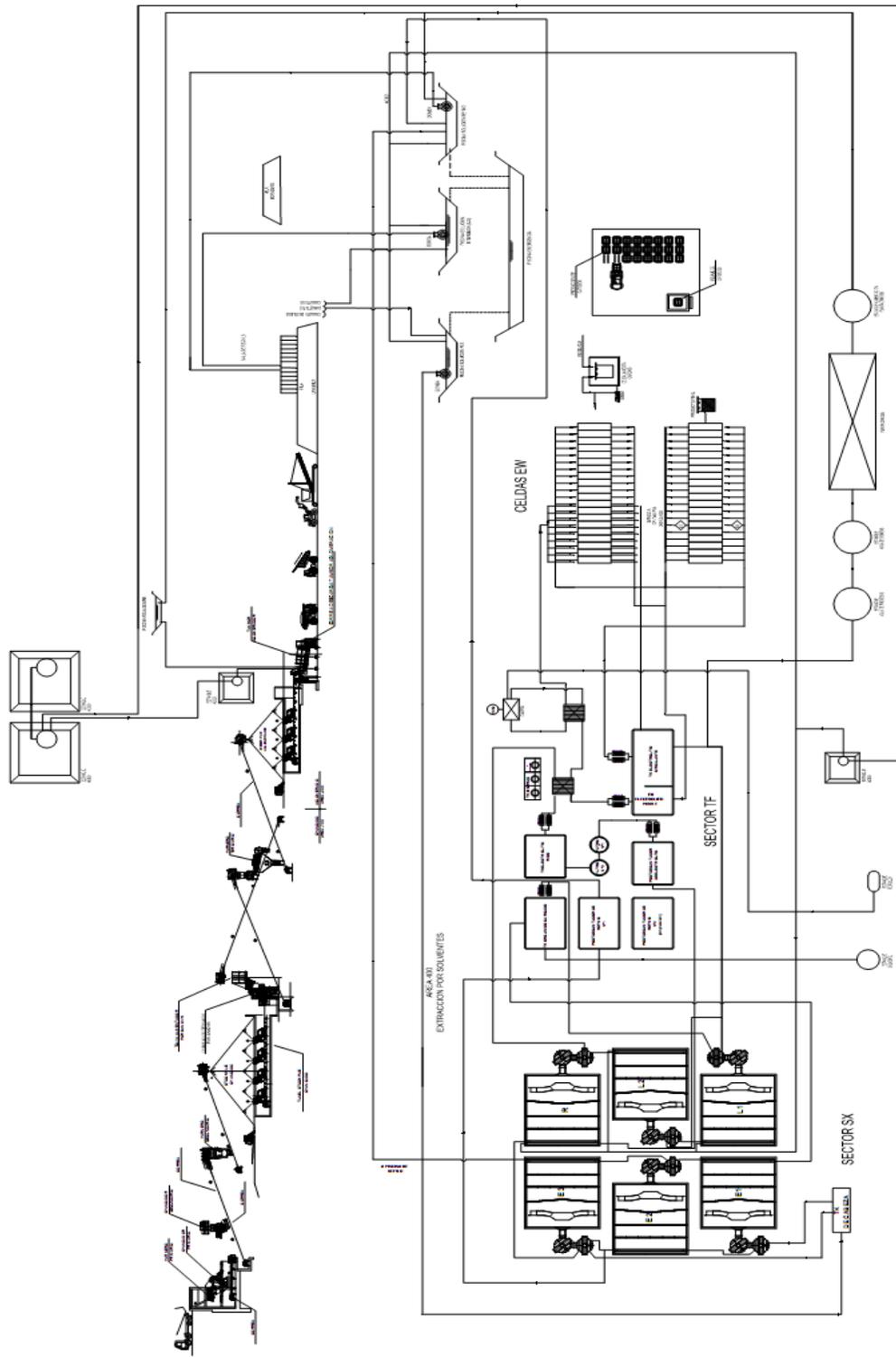
Hidrometalurgia



ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Anexo 5: Diagrama de flujo de la planta



ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Anexo 6: Producción mundial cobre refinado

TABLA / TABLE 60
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE COBRE REFINADO

Global Refined Copper Production
(Miles de TM en cobre fino) / (kMT Copper Content)

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| China | 1.211,3 | 1.174,0 | 1.371,1 | 1.523,3 | 1.632,5 | 1.836,3 | 2.198,7 | 2.600,4 | 2.998,9 | 3.496,9 |
| Chile | 2.334,9 | 2.666,4 | 2.668,3 | 2.882,2 | 2.850,1 | 2.901,9 | 2.836,7 | 2.824,0 | 2.811,3 | 2.936,5 |
| Japón / Japan | 1.277,4 | 1.341,5 | 1.437,4 | 1.425,7 | 1.401,1 | 1.430,4 | 1.380,1 | 1.395,3 | 1.532,1 | 1.576,8 |
| Estados Unidos / USA | 2.489,2 | 2.120,0 | 1.802,1 | 1.800,0 | 1.512,0 | 1.310,0 | 1.310,0 | 1.260,0 | 1.250,2 | 1.334,6 |
| Rusia / Russia | 655,9 | 736,6 | 824,0 | 887,9 | 861,2 | 854,7 | 909,1 | 967,5 | 959,2 | 962,4 |
| India | 134,0 | 208,1 | 259,1 | 325,1 | 373,7 | 391,0 | 419,2 | 517,6 | 626,8 | 718,6 |
| Alemania / Germany | 695,9 | 695,6 | 709,5 | 693,8 | 695,8 | 597,6 | 652,6 | 638,3 | 662,3 | 672,7 |
| Corea del Sur / South Korea | 368,8 | 450,5 | 470,5 | 476,3 | 499,1 | 510,0 | 496,0 | 526,6 | 575,5 | 584,0 |
| Polonia / Poland | 446,8 | 470,5 | 486,0 | 498,5 | 508,7 | 529,6 | 550,1 | 560,3 | 556,6 | 533,0 |
| Zambia | 306,0 | 258,9 | 226,2 | 307,9 | 347,2 | 360,1 | 409,5 | 445,6 | 497,2 | 522,0 |
| Canadá / Canada | 562,3 | 548,6 | 551,4 | 567,7 | 494,5 | 454,9 | 527,0 | 515,2 | 500,5 | 453,5 |
| Australia | 285,0 | 416,0 | 484,0 | 558,0 | 545,0 | 484,0 | 490,0 | 471,0 | 429,0 | 441,0 |
| Perú / Peru | 411,4 | 433,8 | 451,7 | 471,8 | 502,8 | 517,0 | 505,3 | 510,4 | 507,7 | 413,9 |
| Kazajstán / Kazakhstan | 324,8 | 361,9 | 394,7 | 421,8 | 453,0 | 432,4 | 445,8 | 418,9 | 429,7 | 394,5 |
| Bélgica / Belgium | 368,0 | 388,0 | 423,0 | 423,0 | 426,9 | 423,0 | 383,0 | 382,9 | 382,6 | 383,9 |
| México / Mexico | 447,0 | 399,1 | 399,1 | 440,1 | 354,1 | 309,1 | 361,1 | 386,8 | 350,5 | 330,2 |
| España / Spain | 304,3 | 304,6 | 315,8 | 280,4 | 322,4 | 293,0 | 228,2 | 267,3 | 255,4 | 271,7 |
| Brasil / Brazil | 167,2 | 193,0 | 184,6 | 212,2 | 184,8 | 173,4 | 208,0 | 199,0 | 219,7 | 225,4 |
| Indonesia | - | 90,8 | 158,4 | 212,5 | 192,4 | 223,3 | 210,5 | 262,9 | 217,6 | 221,4 |
| Irán / Iran | 118,5 | 132,0 | 147,0 | 148,5 | 147,3 | 133,5 | 155,7 | 180,0 | 201,0 | 217,3 |
| Suecia / Sweden | 125,4 | 114,0 | 133,1 | 216,2 | 224,4 | 214,2 | 235,6 | 223,5 | 229,2 | 213,9 |
| Filipinas / Philippines | 152,4 | 148,0 | 138,7 | 164,5 | 144,3 | 171,2 | 174,6 | 172,0 | 181,0 | 160,2 |
| Sudáfrica / South Africa | 123,1 | 116,4 | 106,4 | 107,0 | 92,0 | 90,1 | 81,4 | 97,1 | 102,1 | 115,7 |
| Uzbekistán / Uzbekistan | 65,0 | 72,0 | 75,0 | 97,3 | 80,0 | 82,0 | 84,9 | 115,0 | 115,0 | 115,0 |
| Finlandia / Finland | 123,0 | 114,7 | 114,0 | 115,5 | 126,0 | 135,7 | 132,4 | 132,1 | 138,0 | 109,8 |
| Turquía / Turkey | 92,0 | 60,4 | 64,1 | 58,4 | 41,0 | 36,9 | 63,8 | 94,9 | 105,8 | 103,0 |
| Austria | 72,0 | 83,0 | 78,7 | 68,6 | 64,9 | 65,1 | 74,2 | 72,3 | 72,6 | 81,4 |
| Bulgaria | 32,1 | 37,8 | 32,5 | 34,4 | 40,7 | 45,9 | 55,3 | 60,5 | 65,5 | 69,9 |
| Laos | - | - | - | - | - | - | - | 30,5 | 60,8 | 62,5 |
| Noruega / Norway | 31,7 | 33,3 | 27,0 | 26,7 | 30,5 | 35,9 | 35,6 | 38,7 | 39,7 | 34,2 |
| Yugoslavia | 94,4 | 49,9 | 45,6 | 32,4 | 35,9 | 14,0 | 36,0 | 31,3 | 41,4 | 31,2 |
| Tailandia / Thailand | - | - | - | - | - | - | 27,2 | 26,1 | 36,0 | 30,0 |
| Italia / Italy | 29,1 | 28,5 | 72,8 | 30,2 | 32,4 | 26,7 | 33,6 | 32,2 | 36,4 | 28,6 |
| Ucrania / Ukraine | - | - | - | - | 2,5 | 16,8 | 5,5 | 13,6 | 17,3 | 19,5 |
| Rumania / Romania | 21,0 | 21,0 | 13,8 | 18,5 | 11,5 | 16,7 | 24,4 | 20,7 | 20,5 | 18,9 |
| Omán / Oman | 24,4 | 17,1 | 24,3 | 21,7 | 24,0 | 17,0 | 17,1 | 24,5 | 20,7 | 16,9 |
| Argentina | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| Myanmar | 3,2 | 26,7 | 26,7 | 25,8 | 27,5 | 27,9 | 31,8 | 34,5 | 19,5 | 14,7 |
| Zimbabue | 10,0 | 14,5 | 14,4 | 5,3 | 5,4 | 5,0 | 5,8 | 6,0 | 6,7 | 6,0 |
| Egipto / Egypt | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| República Dem. Congo / Dem. Republic Congo | 35,0 | 29,0 | 29,0 | 29,0 | - | - | 0,2 | 2,5 | 3,2 | - |
| Mongolia | 2,3 | 1,5 | 0,6 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 2,7 | 2,5 | 2,6 | 3,0 |
| Chipre / Cyprus | 4,9 | 5,0 | 5,2 | 5,2 | 3,6 | 2,5 | 1,3 | - | 0,9 | 3,0 |
| Eslovaquia / Slovakia | 19,9 | - | - | 10,6 | 7,0 | 0,6 | - | - | - | - |
| Reino Unido / United Kingdom | 53,8 | 50,3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Francia / France | 45,4 | 1,8 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Albania | 1,2 | 0,3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OTROS / Other | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |
| TOTAL | 14.119,9 | 14.465,2 | 14.815,8 | 15.675,5 | 15.349,8 | 15.220,6 | 15.850,0 | 16.610,3 | 17.328,5 | 17.977,9 |

Fuente / Source: -World Metal Statistics March 2008 and Yearbook 2007.
- Comisión Chilena del Cobre: Cifras de Producción de Chile / Chile data: Chilean Copper Commission.

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS SX-EW

Noviembre del 2009

Anexo 7: producción mundial cobre SX-EW

TABLA / TABLE 62
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE COBRE SX-EW

Global SX-EW Copper Production
(Miles de TM en cobre fino) / (kMT Copper Content)

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Chile | 1.108,1 | 1.362,1 | 1.372,3 | 1.538,2 | 1.602,0 | 1.653,1 | 1.636,3 | 1.584,6 | 1.691,8 | 1.832,1 |
| Estados Unidos / USA | 608,7 | 586,0 | 556,0 | 628,0 | 601,0 | 591,0 | 584,2 | 555,0 | 530,2 | 509,8 |
| Perú / Peru | 101,8 | 114,9 | 127,3 | 131,1 | 156,5 | 171,2 | 167,0 | 165,5 | 173,9 | 172,1 |
| México / Mexico | 48,8 | 51,0 | 55,6 | 60,6 | 69,3 | 71,0 | 72,0 | 78,5 | 63,8 | 63,8 |
| Laos | - | - | - | - | - | - | - | 30,5 | 60,8 | 62,5 |
| Zambia | 71,8 | 60,2 | 50,0 | 50,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 |
| Australia | 54,0 | 83,1 | 97,1 | 98,4 | 77,1 | 67,4 | 60,0 | 50,9 | 52,6 | 41,6 |
| República Dem. Congo / Dem. Republic Congo | 9,6 | 9,6 | 6,8 | 4,8 | 4,8 | - | 41,5 | 49,5 | 51,1 | 29,3 |
| Myanmar | 3,2 | 26,7 | 26,7 | 25,8 | 27,5 | 27,9 | 31,4 | 34,5 | 19,5 | 14,7 |
| Irán / Iran | 10,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| Mongolia | 2,3 | 1,5 | 0,6 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 2,7 | 2,5 | 2,6 | 3,0 |
| Chipre / Cyprus | 4,9 | 5,0 | 5,2 | 5,2 | 3,6 | 2,5 | 1,3 | - | 0,9 | 3,0 |
| Zimbabwe | 2,0 | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Canadá / Canada | 1,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,5 |
| TOTAL | 2.026,9 | 2.312,7 | 2.309,6 | 2.555,5 | 2.615,4 | 2.657,5 | 2.668,4 | 2.623,4 | 2.719,2 | 2.805,5 |

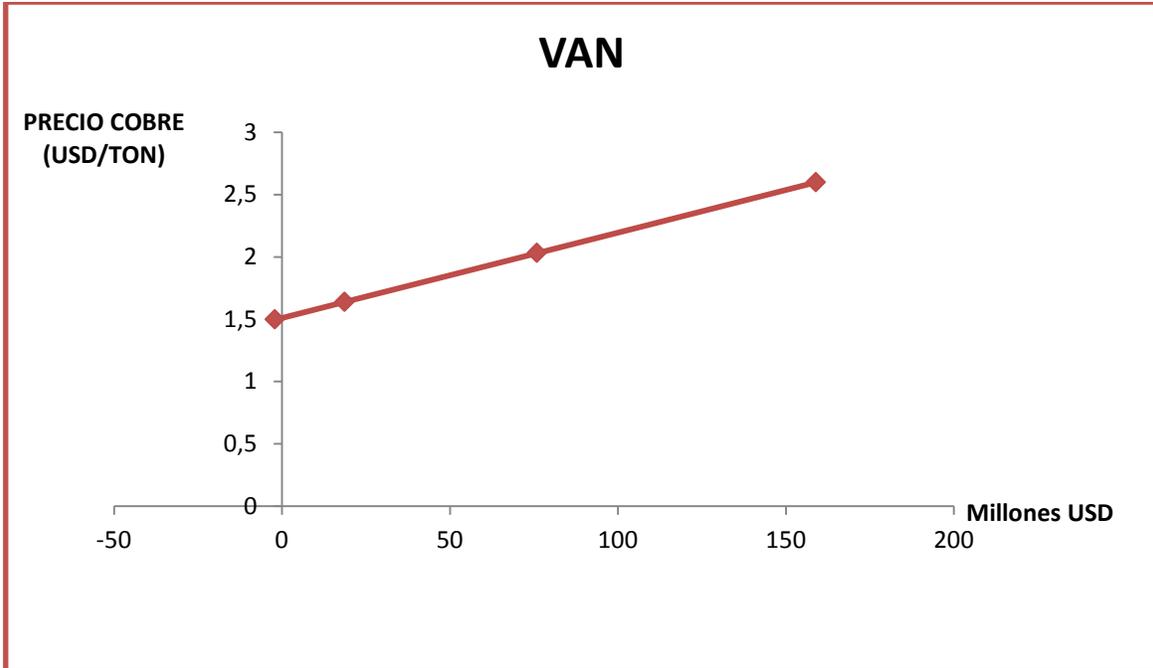
Noviembre del 2009

Anexo 8: Planta termo solar con una capacidad de 120 MW



Noviembre del 2009

Anexo 9: Grafico del comportamiento del VAN dependiendo el precio del cobre



ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS
SX-EW

Noviembre del 2009

| AÑO 2 | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Mes 13 | Mes 14 | Mes 15 | Mes 16 | Mes 17 | Mes 18 | Mes 19 | Mes 20 | Mes 21 | Mes 22 | Mes 23 | Mes 24 |
| 583,3 | 583,3 | 583,3 | 641,7 | 641,7 | 641,7 | 641,7 | 641,7 | 641,7 | 641,7 | 641,7 | 641,7 |
| 3.147.059,7 | 3.147.059,7 | 3.147.059,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 |
| 3.147.059,7 | 3.147.059,7 | 3.147.059,7 | 3.461.765,7 |
| 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 |
| 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 |
| 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 |
| 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 |
| 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 |
| 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 |
| 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 |
| 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 |
| 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 | 197.695,6 |
| 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 |
| 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 | 61.771,8 |
| 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 |
| 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 | 640.099,9 |
| 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 |
| 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 | 49.462,9 |
| 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 | 131.899,3 |
| 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 | 181.362,1 |
| 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 | 115.412,0 |
| 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 | 1.774.717,7 |
| 1.174.646,5 | 1.174.646,5 | 1.174.646,5 | 1.489.352,5 |
| 8.363.978,7 | 9.538.625,2 | 10.713.271,7 | 12.202.624,1 | 13.691.976,6 | 15.181.329,0 | 16.670.681,5 | 18.160.034,0 | 19.649.386,4 | 21.138.738,9 | 22.628.091,3 | 24.117.443,8 |

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS
SX-EW

Noviembre del 2009

| AÑO 3 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Mes 25 | Mes 26 | Mes 27 | Mes 28 | Mes 29 | Mes 30 | Mes 31 | Mes 32 | Mes 33 | Mes 34 | Mes 35 | Mes 36 |
| 641,7 | 641,7 | 641,7 | 673,8 | 673,8 | 673,8 | 673,8 | 673,8 | 673,8 | 673,8 | 673,8 | 673,8 |
| 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 |
| 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.461.765,7 | 3.634.854,0 |
| 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 |
| 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 |
| 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 |
| 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 |
| 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 |
| 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 |
| 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 |
| 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 |
| 201.649,5 |
| 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 |
| 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 |
| 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 |
| 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 | 672.104,9 |
| 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 |
| 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 |
| 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 |
| 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 |
| 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 |
| 1.817.520,8 |
| 1.442.595,4 | 1.442.595,4 | 1.442.595,4 | 1.615.683,7 |
| 25.560.039,1 | 27.002.634,5 | 28.445.229,9 | 30.060.913,6 | 31.676.597,3 | 33.292.280,9 | 34.907.964,6 | 36.523.648,3 | 38.139.331,9 | 39.755.015,6 | 41.370.699,3 | 42.986.382,9 |

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS
SX-EW

Noviembre del 2009

| AÑO 4 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Mes 37 | Mes 38 | Mes 39 | Mes 40 | Mes 41 | Mes 42 | Mes 43 | Mes 44 | Mes 45 | Mes 46 | Mes 47 | Mes 48 |
| 673,8 | 673,8 | 673,8 | 707,4 | 707,4 | 707,4 | 707,4 | 707,4 | 707,4 | 707,4 | 707,4 | 707,4 |
| 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 |
| 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.634.854,0 | 3.816.596,7 |
| 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 |
| 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 |
| 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 |
| 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 |
| 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 |
| 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 |
| 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 |
| 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 |
| 205.682,5 |
| 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 |
| 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 |
| 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 |
| 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 | 705.710,1 |
| 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 |
| 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 |
| 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 |
| 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 |
| 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 |
| 1.851.126,1 |
| 1.578.045,4 | 1.578.045,4 | 1.578.045,4 | 1.759.788,1 |
| 44.564.428,4 | 46.142.473,8 | 47.720.519,2 | 49.480.307,4 | 51.240.095,5 | 52.999.883,6 | 54.759.671,8 | 56.519.459,9 | 58.279.248,1 | 60.039.036,2 | 61.798.824,3 | 63.558.612,5 |

ANÁLISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPIA PARA UNA MINERA PRODUCTORA DE CÁTODOS
SX-EW

Noviembre del 2009

| AÑO 5 | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Mes 49 | Mes 50 | Mes 51 | Mes 52 | Mes 53 | Mes 54 | Mes 55 | Mes 56 | Mes 57 | Mes 58 | Mes 59 | Mes 60 |
| 707,4 | 707,4 | 707,4 | 742,8 | 742,8 | 742,8 | 742,8 | 742,8 | 742,8 | 742,8 | 742,8 | 742,8 |
| 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 | 4.007.426,5 |
| 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 3.816.596,7 | 4.007.426,5 |
| 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 | 9.612,8 |
| 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 | 5.190,9 |
| 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 | 2.883,8 |
| 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 | 20.763,6 |
| 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 | 4.806,4 |
| 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 | 9.228,3 |
| 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 | 33.333,3 |
| 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 | 108.000,0 |
| 209.796,1 |
| 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 | 6.921,2 |
| 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 | 63.007,3 |
| 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 | 48.448,5 |
| 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 | 740.995,6 |
| 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 | 539.340,0 |
| 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 | 50.452,1 |
| 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 | 134.537,2 |
| 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 | 184.989,4 |
| 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 | 117.720,2 |
| 1.886.411,6 |
| 1.720.389,0 | 1.720.389,0 | 1.720.389,0 | 1.911.218,8 |
| 65.279.001,4 | 66.999.390,4 | 68.719.779,4 | 70.630.998,2 | 72.542.217,0 | 74.453.435,8 | 76.364.654,6 | 78.275.873,4 | 80.187.092,3 | 82.098.311,1 | 84.009.529,9 | 85.920.748,7 |