

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
ESCUELA DE POSTGRADO**

“ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO EN VICEPRESIDENCIA DE PROCESOS.”

PAULINA JARAMILLO OSBEN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN EVALUADORA

**SR. JORGE TORRES, PROFESOR GUÍA
SR. LUIS ZAVIEZO, PROFESOR INTEGRANTE
SR. GUILLERMO CAVALLI, PROFESOR INVITADO
SR. CARLOS CAMPOS (Q.E.P.D.), PROFESOR INVITADO**

**ANTOFAGASTA
MAYO, 2006**

RESUMEN

Nuestra aspiración como Minera Escondida Ltda. es ser la empresa minera de cobre más exitosa y respetada del mundo. Nuestro propósito es crear valor a nuestros accionistas, comunidades, clientes y empleados a través de la producción de bajo costo y alta calidad de concentrados y cátodos de cobre.

Tomando la declaración antes mencionada, nuestro aporte al mejoramiento continuo de la compañía es lograr aumentar la productividad y reducir los costos unitarios asociados al manteniendo de equipos de la Vicepresidencia de Procesos en forma sustentable.

Con el nacimiento de la Vicepresidencia de Procesos en Minera Escondida Ltda. se crea la visión de una gran planta, que está conformada por dos plantas concentradoras (Los Colorados y Laguna Seca) y una planta de Oxido.

La estrategia de mantenimiento de la Vicepresidencia de Procesos involucra todos los equipos de las dos plantas concentradoras y la planta de oxido.

Uno de los fundamentos de la creación de la Vicepresidencia de Procesos fue generar sinergia entre las tres plantas y que compartieran entre ellas las mejores prácticas en ámbitos de ingeniería, mantención, metalurgia y operación permitiendo optimizar los procesos.

El presente estudio de caso analizará las alternativas de estrategia de mantenimiento mediante la cual se logre una mayor productividad y un menor costo unitario, manteniendo los índices actuales de confiabilidad y mantenibilidad en las plantas.

El objetivo del estudio de caso es, dentro del marco de la estrategia de mantenimiento de equipos definida, analizar la mejor estrategia de mantenimiento que permita a la Vicepresidencia de Procesos posicionarse en el primer cuartil de productividad (toneladas por hora hombre) y costo unitario de mantenimiento (US\$ por tonelada procesada) esto es 60 ton/hh y con un 2,2 US\$/ton, por lo tanto se analizaran las alternativas posibles de implementar para lograr una disminución de la mano de obra directa utilizada en el mantenimiento de los equipos que se utilizan en el procesamiento de mineral.

**A mi marido por embarcarse conmigo en
este desafío y a mi gran amigo Carlos por
todo su apoyo durante estos dos años**

INDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	6
1.1.- Antecedentes de la empresa.....	6
1.2.-Historia de Minera Escondida Ltda.	7
1.3.- Descripción del Mercado.....	9
1.4.- Descripción del Caso y Preguntas Claves	9
2.- OBJETIVO y RESULTADOS ESPERADOS DEL ESTUDIO DE CASO	12
2.1.- Objetivo del estudio de caso	12
2.2.- Resultados Esperados del Estudio	13
3.- MARCO CONCEPTUAL	14
3.1.- Posicionamiento Actual.....	14
3.2.- Tipos de Mantenimiento	16
3.3.- Marco del Estudio	18
3.4.- Estrategia actual de Mantenimiento	19
4- METODOLOGIA DEL ESTUDIO.....	20
4.1.- Etapa Definición	20
4.2.- Etapa Medición	23
4.3.- Etapa Análisis	24
4.4.- Etapa de Mejoramiento	29
4.5.- Etapa de Control	30
5.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	31
5.1.- Resultados esperados de la nueva estrategia	31
5.2.- Identificación de riesgos.....	31
6.- CONCLUSIONES	32
7.- BIBLIOGRAFIA	35
ANEXOS	36
ANEXO A: Organigrama Vicepresidencia de Procesos	37
ANEXO B: Modelos Estratégicos	39

LISTA DE DEFINICIÓN DE SÍMBOLOS

US\$: Dólar Americano

PIB: Producto interno bruto.

ton: toneladas.

tpd: toneladas por día.

GMN: Global Maintenance Networ, red global de mantenimiento.

HH: horas hombre.

Ton/hh: toneladas por hora hombre.

Time on tools: tiempo efectivo de trabajo.

KTDP: kilotoneladas por día.

PM: Mantenición programada menor.

SD: Shutdown, mantención programada mayor.

SAG: Semi Autogeno.

MEL: Minera Escondida Ltda..

CLC: Concentradora Los Colorados.

CLS: Concentradora Laguna Seca.

MTBF: tiempo medio entre falla.

MTTR: tiempo medio de reparación.

KPI: Indicadores claves de desempeño.

RUNTIME: tiempo efectivo de operación de los equipos, está dado por el producto entre disponibilidad y utilización del equipo.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes de la empresa

Minera Escondida es la mina de cobre de mayor producción en el mundo, ubicada a 3.100 metros sobre el nivel del mar en el desierto de Atacama, a 170 kilómetros de la ciudad de Antofagasta, Segunda Región, Chile. Produce concentrado de cobre mediante un proceso de flotación de mineral sulfurado y cátodos de cobre, utilizando un sistema de lixiviación de mineral oxidado. El mineral se extrae de la mina a rajo abierto.



Actualmente es la mayor inversión extranjera en Chile, aportando un total de 4.376 millones a diciembre de 2004. La inversión acumulada de Escondida, incluye los montos presupuestados para los proyectos Escondida Norte y lixiviación de Sulfuros (2004 – 2006) alcanza los US \$ 4.864 millones. En términos de impacto socioeconómico representa el 8,8 % de la producción mundial de cobre de mina y un 22,1 % de la producción de cobre fino de Chile.

La compañía aporta el 2,5 % del PIB de Chile y el 35% del PIB de la Segunda Región, considerando efectos directos e indirectos. Por otra parte, el empleo total generado por sus operaciones representa aproximadamente el 18% de la fuerza laboral de la Segunda Región.

1.2.-Historia de Minera Escondida Ltda.

EN 1979 Minera Utah de Chile Inc. y Gety Mining (Chile) Inc. acordaron ejecutar un programa de exploración minera en la zona norte de Chile. Ambas compañías convinieron en financiar la operación en partes iguales y establecieron Minera Utah de Chile Inc. como la empresa ejecutora. El 14 de marzo de 1981 la operación conjunta descubre un yacimiento de mineral de cobre comercialmente explotable, el que más tarde se transformaría en Minera Escondida.

Con fecha 17 de octubre de 1985 se modificaron los estatutos de la empresa, productora de la venta por Getty Mining (Chile) In. de sus derechos correspondientes a un 50% de la participación en el proyecto, la que fue cedida a Japan Escondida Corporación (JECO), RTZ Escondida Corporation y Minera Utah de Chile Inc. Posteriormente, con fecha 17 de marzo de 1988 minera Utah de Chile Inc., RTZ Escondida Holding Limited y JECO transfirieron sus derechos a BHP Escondida Inc. (previamente BHP – Utah escondida Inc.) Río Tinto Escondida Limited (previamente RTZ Escondida Limited) y JECO Corporation, respectivamente. Asimismo, mediante escritura pública de fecha 27 de julio de 1988, BHP Escondida Inc. cedió el 2,5 % de sus derechos a la Internacional Finance Corporation. Desde esa fecha, la estructura de la propiedad de Minera Escondida no ha tenido modificación.

La construcción de la Mina Escondida y la extracción de más de 180 millones de toneladas de material estéril comenzaron en agosto de 1988. Aproximadamente dos años más tarde, el 3 de noviembre de 1990, se procesó la primera partida de mineral en la planta concentradora, el primer embarque de concentrado se realizó el 31 de diciembre de 1990.

La mina fue inaugurada oficialmente el 14 de marzo de 1991 con capacidad para producir un promedio de 320.000 toneladas anuales de cobre fino contenido en concentrado. Inicialmente el total de la inversión en la construcción de la mina, equipos, planta, mineroducto y demás instalaciones fue de US \$ 836 millones.

La historia de la compañía se caracteriza por un crecimiento continuo, con siete expansiones durante sus quince años de operación, y dos nuevas ampliaciones en curso. Con ello, Minera Escondida ha elevado su capacidad original de producción

anual desde 320.000 toneladas de cobre fino a alrededor de 1.200.000 toneladas, no obstante la disminución de la ley de alimentación del mineral ocurrida en este periodo.

La capacidad de la planta concentradora (35.000 tpd), aumentó a 45.600 tpd. Con la construcción del proyecto de expansión fase 1, cuyo costo fue de US \$ 76 millones. La siguiente ampliación, denominada fase 2, extendió la capacidad de proceso a 54.600 tpd, e incluyó la construcción de una planta de lixiviación amoniaca que fue construida en noviembre de 1994, con una inversión total de US \$ 261 millones. Posteriormente, la fase 3, cuyo costo de construcción fue de 575 millones, finalizó en mayo de 1996, y dejó las instalaciones con una capacidad de 105.000 tpd, volumen que se elevó a 120.000 tpd con fase 3.5 finalizando en noviembre de 1998.

Simultáneamente el desarrollo de la fase 3.5 llevó a cabo el proyecto de suministro de agua desde Monturaqui. Ambos proyectos fueron concluidos en enero de 1999 con una inversión total de US \$ 269 millones. La planta de lixiviación amoniaca de Coloso, diseñada para producir 80.000 toneladas anuales de cátodos de cobre, fue cerrada definitivamente en junio de 1998. En tanto que en diciembre de ese mismo año terminó la construcción de una operación de lixiviación de pilas de óxido y una planta de extracción por solventes y electro-obtención, ubicada en la faena de Escondida, con capacidad para producir 125.000 toneladas anuales de cátodos de cobre y una inversión de 452 millones.

En el transcurso de los siguientes doce meses se realizó una optimización de la operación de esta nueva planta elevando su producción a niveles de 140.000 toneladas anuales de cátodos de cobre. Una expansión de esta misma planta, con un costo de adicional de US \$ 7,1 millones, aumentó su producción a 150.000 toneladas anuales de cátodos de cobre, en marzo de 2001. En septiembre de 2002, luego de una inversión de US \$ 1.000 millones, concluyó la construcción de la expansión fase 4, destinada a aumentar la capacidad total de proceso de Escondida a 230.000 tpd de mineral entre la concentradora de Los Colorados y la nueva concentradora Laguna Seca.

Hoy se encuentra en construcción dos nuevos proyectos: Escondida norte, un nuevo rajo que proveerá de mineral a las plantas, y lixiviación de sulfuros, que producirá cátodos de cobre por un periodo superior a los 25 años.

1.3.- Descripción del Mercado

El mercado en estudio corresponde al universo de estrategias de mantenimiento desarrolladas por compañías de la gran minería tanto nacionales como internacionales.

Entre las mineras nacionales se ha considerado a Minera Doña Inés de Collahuasi, Codelco Norte, Codelco Andina, Codelco Teniente, Minera Los Pelambres y Minera los Bronces.

Nuestro referente internacional será Copperton Mining, minera perteneciente a BhpBilliton ubicada en Salt Lake City USA, que procesa 142.000 ton/día similar producción que cada planta de Minera Escondida, además nos permitirá realizar comparación respecto a las prácticas globales de mantenimiento (GMN) utilizadas por Bhpbilliton en sus faenas mundiales.

1.4.- Descripción del Caso y Preguntas Claves

Con el nacimiento de la Vicepresidencia de Procesos (organigrama en Anexo A) se crea la visión de una gran planta, que está conformada por dos plantas concentradoras (Los Colorados y Laguna Seca) y una planta de Oxido.

El objetivo principal entre las plantas es compartir entre ellas las mejores prácticas en ámbitos de ingeniería, mantención, metalurgia y operación en la búsqueda de las sinergias que nos permitan optimizar los procesos.

La estrategia de mantenimiento pretende mejorar dos parámetros importantes en la optimización del proceso de mantenimiento, estos son, productividad y costo unitario de mantenimiento. Parámetros que nos permitirán compararnos con el mercado definido anteriormente.

Productividad: está definida como toneladas de mineral procesado por hora hombre utilizada (ton/hh), los tonelajes procesados están directamente relacionados a la disponibilidad que entreguen los equipos y las horas hombres son las utilizadas para el procesamiento del mineral.

Costo Unitario: El costo unitario está definido como los dólares necesarios para procesar una tonelada de mineral (US\$/ton), el costo unitario total está conformado por el costo unitario operacional más el costo unitario de mantenimiento.

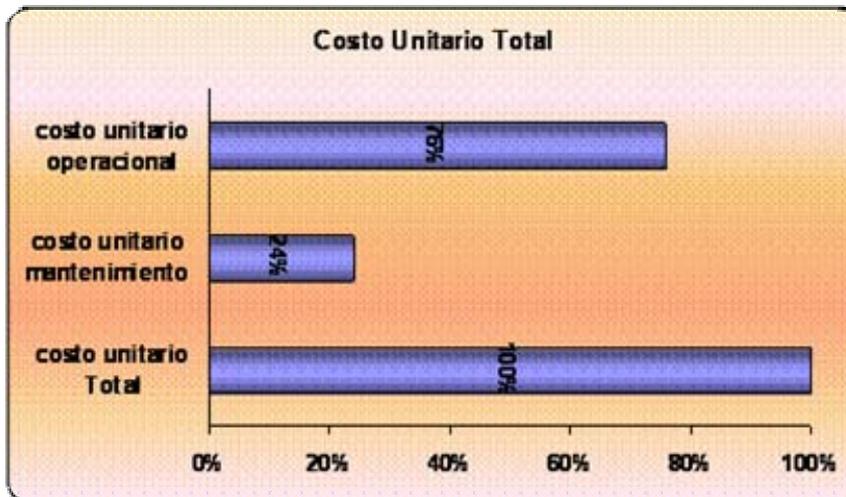


Gráfico N°1: Composición del Costo Unitario Total

Como se muestra en el gráfico N°1, el costo unitario de mantenimiento representa el 24% del costo unitario total.

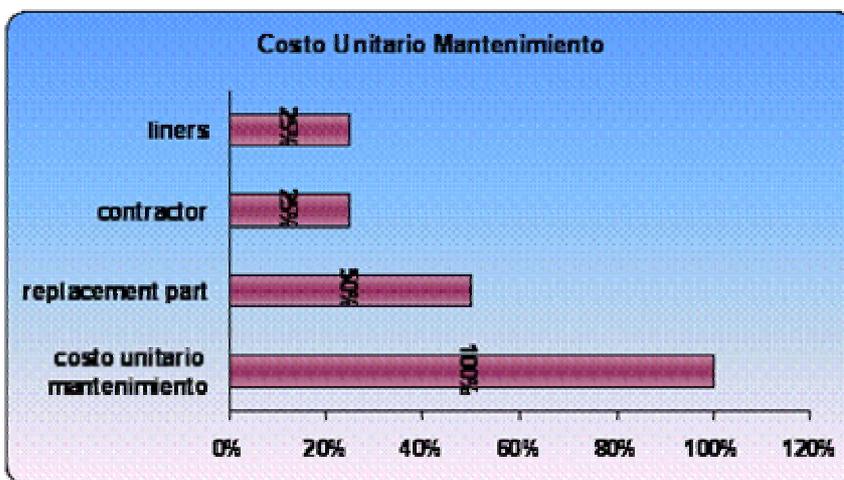


Gráfico N°2: Composición del Costo Unitario Mantenimiento

Como se observa en Gráfico N°2, el costo unitario de mantenimiento está conformado por tres grandes elementos de gastos, estos son: replacement part (repuestos), contractors (contratistas) y liners (revestimientos o corazas). En una proporción de 50% repuestos, 25% contratistas y 25% revestimientos.

En resumen, la estrategia de mantenimiento está orientada a dar la mayor disponibilidad posible de los equipos considerados por línea de molino SAG, es decir, considerando el mantenimiento de los molinos SAG y también de los molinos de Bolas asociados a cada línea SAG, sin ir en desmedro de la confiabilidad de ellos, y al uso óptimo y eficiente de la mano de obra directa asociada al mantenimiento que se requiere para procesar una tonelada de mineral.

Las preguntas claves son:

- ¿Cuáles son los costos unitarios de producción y niveles de productividad de nuestros competidores?
- ¿Cuáles son las estrategias utilizadas por las compañías mineras de la competencia?
- ¿Cuál es el tipo de mantenimiento utilizado actualmente por nuestra Vicepresidencia?
- ¿Cuáles son las alternativas para aumentar productividad y reducir costo unitario de mantenimiento?

2.- OBJETIVO y RESULTADOS ESPERADOS DEL ESTUDIO DE CASO

Uno de los cinco objetivos estratégicos del plan quinquenal de la Vicepresidencia de Procesos es mejorar en costos, productividad y calidad. Los KPI o indicadores claves de desempeño son productividad y costo unitario total, la meta al año fiscal 2011 es alcanzar un posicionamiento en el primer cuartil de la industria en productividad y costo unitario total, esto es lograr una productividad de 60 ton/hh y un costo unitario total de 2,2 US\$/ton. Debemos recordar que el costo unitario de mantenimiento representa el 24% del costo unitario total.

2.1.- Objetivo del estudio de caso

El objetivo, dentro del marco de la estrategia de mantenimiento de los equipos establecida como del tipo planificada, es analizar la mejor estrategia que permita lograr el posicionamiento en el primer cuartil de productividad (toneladas por hora hombre) y costo unitario de mantenimiento (US\$ por tonelada procesada) asociados al procesamiento de mineral, es decir, analizar las alternativas posibles de implementar para lograr un aumento de procesamiento de mineral y/o una disminución de la mano de obra directa utilizada en el mantenimiento de los equipos que se utilizan en el procesamiento de mineral.

Debido a las políticas de seguridad y confidencialidad tanto de Minera Escondida Ltda. como de BHPBilliton, en este estudio de caso no será posible entregar valores reales asociados a la operación y mantención de las plantas de la Vicepresidencia de Procesos, sin embargo se entregaran comparaciones en términos porcentuales.

La disminución de mano de obra directa, esto incluye a personal de Minera Escondida Ltda. y personal contratista permanente, se enfoca en el marco de aumento de la eficiencia de la mano de obra, es decir, el aumento de Time on Tools de los mantenedores directos.

2.2.- Resultados Esperados del Estudio

Lo que se espera que el estudio entregue es:

- Implantar en la Vicepresidencia de Procesos el concepto de “Una Gran Planta”.
- Asegurar criterios comunes de mantenimiento bajo los estándares de GMN para ambas plantas.
- Proponer una estrategia de mantenimiento que nos permita cumplir la meta fijada para el año fiscal 2007 de reducir un 10% el costo unitario de mantenimiento y aumentar un 17% la productividad respecto al año fiscal 2006.

3.- MARCO CONCEPTUAL

3.1.- Posicionamiento Actual

Producción Mercado Nacional

La producción de Kilotón por día, referente a mineral tratado, de Minera Escondida se ubica durante el año fiscal 2006 en 223 KTPD, como muestra el gráfico N°3 Minera Escondida está ubicada en una posición de liderazgo respecto a los competidores nacionales.

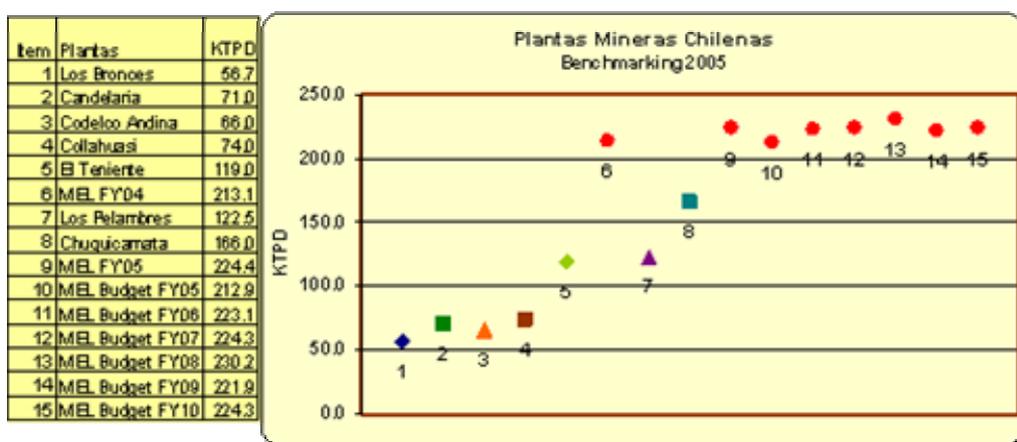


Gráfico N°3: Producción referente a mineral tratado por día

Ahora, si observamos el Gráfico N°4 la producción de cobre en toneladas por día, nuevamente podemos observar la posición de liderazgo de Minera Escondida. Se proyecta que para el año fiscal 2009 y 2010 la ley de mineral debiera bajar, por este motivo se refleja una disminución en la producción de cobre y no se observa en el Gráfico N°3 una reducción en mineral tratado.

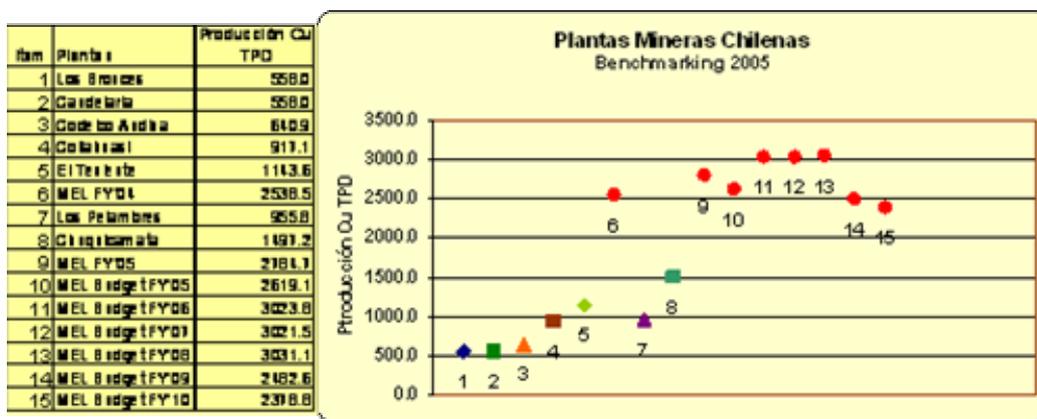


Gráfico N°4: Producción de Cobre en toneladas por día

Costo unitario v/s Productividad Mercado Internacional

Como se observa en el Gráfico N°5 actualmente Minera Escondida se posiciona en el último cuartil de productividad y costo unitario respecto al mercado internacional.

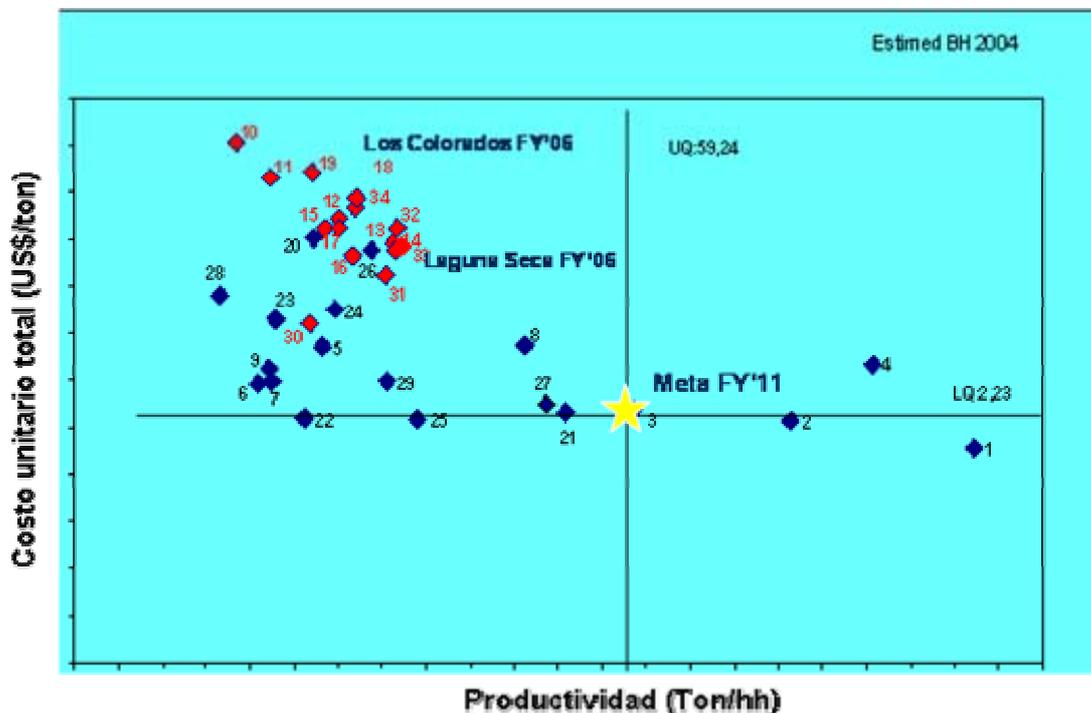


Gráfico N°5: Benchmarking costo unitario v/s productividad

La meta para el año fiscal 2011 es posicionarse en el 1° cuartil con una productividad de 60 ton/hh y un costo unitario de 2,2 US\$/ton. Para lograr esto existe un plan quinquenal que fija las metas año a año.

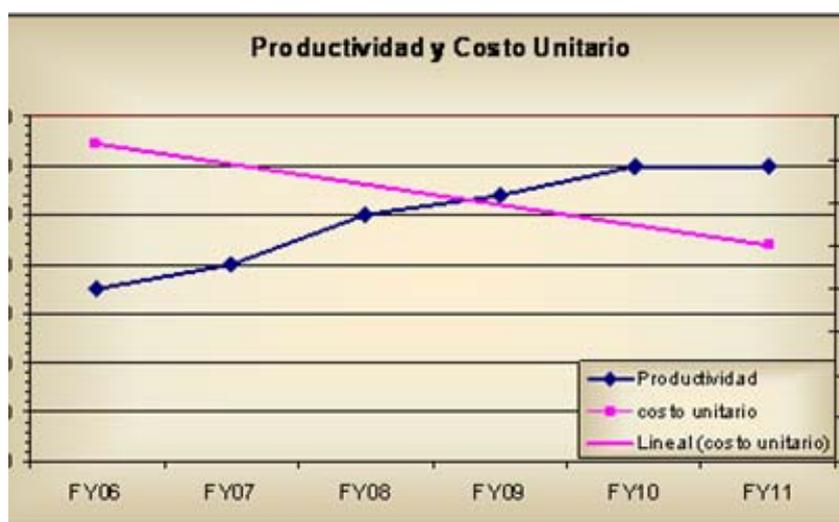


Gráfico N°6: Metas de costo unitario v/s productividad del plan quinquenal

En el Gráfico N°6 se observan las metas de los indicadores de productividad y costo unitario para los próximos cinco años fiscales, estas metas se han comprometido en el plan quinquenal de la Vicepresidencia de Procesos.

Nos concentraremos principalmente en el año fiscal 2007 donde se buscará alcanzar un aumento de productividad de un 17%, y una reducción de un 10% en el costo unitario de mantenimiento, teniendo la consideración de un comportamiento estable de las actuales condiciones de mercado, esto es, sin considerar los factores externos que puedan ocurrir.

3.2.- Tipos de Mantenimiento

La literatura sobre los tipos de mantenimiento nos indica que existen cuatro tipos, estos son Mantenimiento Reactivo, Mantenimiento Planificado, Mantenimiento de Precisión o Predictivo y Mantenimiento Proactivo. (Figura N°1)



Figura N°1: Camino al mantenimiento de clase mundial

Definiciones de cada uno de los tipos de mantenimiento:

- Reactivo: el trabajo de mantenimiento no es planificado y no es predecible, predominan mediciones de resultado y un limitado uso de mediciones de proceso para control. El foco del mejoramiento es lograr el control.
- Planificado: el trabajo de mantenimiento es mayormente planificado y son basados en una frecuencia de tiempo.
- Predictivo: trabajos de mantenimiento basados en la condición del equipo, es planificado y programado. Se utilizan mediciones de proceso y se llevan tendencias de fallas.
- Proactivo: está caracterizado por estar enfocado en la eliminación de la causa raíz de los requerimientos de mantenimiento o búsqueda de extensión de vida del equipo. El trabajo de mantenimiento es planificado, programado y se valora si es evitable.

De acuerdo a la última evaluación de GMN, las plantas concentradoras están posicionadas en una estrategia de mantención conocida como planificada, lo que significa que somos capaces de detectar proactivamente las pérdidas y que existe un trabajo correctivo planificado. Respecto al horizonte de planificación de trabajos de mantenimiento este es de una semana a un mes.

Si bien es cierto que esta estrategia permite garantizar un porcentaje bajo de imprevistos (<10%), es decir, una mayor confiabilidad, no siempre esta es la estrategia más económica.

Estudios recientes demuestran que tipos de mantenimiento tales como mantención basada en condición o correr hasta morir (run to die) son sin lugar a dudas estrategias más rentables dado que extienden al extremo la vida útil del equipo. Menores intervenciones en equipos permiten el uso óptimo de la mano de obra disponible aumentando con ello la productividad.

Nuestro enfoque estará orientado a definir la estrategia óptima en términos de disponibilidad de equipos para un mayor runtime.

3.3.- Marco del Estudio

Aplicaremos una de las herramientas utilizadas en la metodología Seis Sigma para definir que está dentro del estudio y que está fuera. Esta herramienta nos permite identificar las variables que están dentro del control del mantenimiento de la Vicepresidencia y que son factores externos los cuales no serán considerados como debilidades internas.

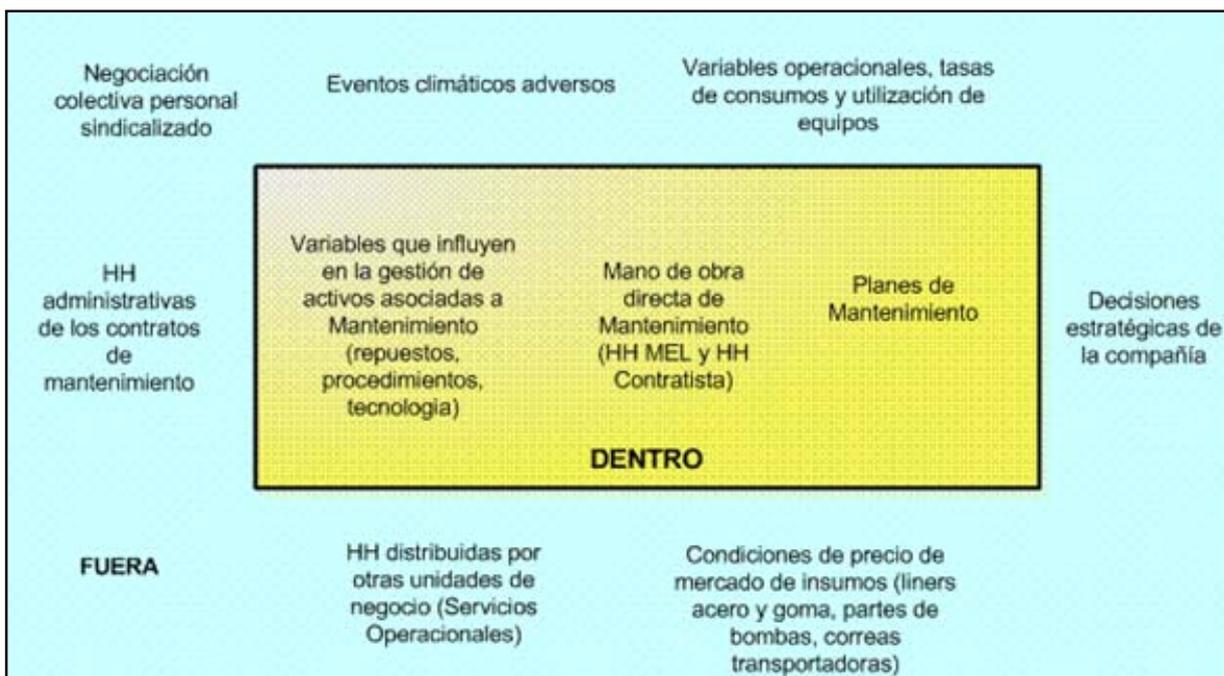


Figura N°2: Definición de alcances del estudio

La figura N°2 nos indica que las variables a considerar dentro del estudio son la mano de obra directa de mantenimiento, esto considera personal MEL y personal contratista, los planes de mantenimiento y las variables que influyen en la gestión de activos asociados a mantenimiento como repuestos, procedimientos, tecnología, etc.

Lo que está fuera del marco de este estudio son los eventos climáticos adversos, las variables operacionales, tasas de consumos y la utilización de equipos, decisiones estratégicas de la compañía, las HH administrativas de los contratos de mantenimiento, la negociación colectiva del personal sindicalizado, las HH distribuidas por otras unidades de negocio y las condiciones de precio de insumos en el mercado.

3.4.- Estrategia actual de Mantenimiento

Debiéramos comenzar por preguntarnos ¿qué es una estrategia de mantenimiento? o ¿qué involucra una estrategia de mantenimiento?

Desde el punto de vista de la Gerencia de Mantenimiento Procesos la estrategia comienza con la definición del plan anual de mantenciones, dividida en mantenciones mayores y plan de 52 semanas. En ambos planes se definen las frecuencias de mantención, las actividades asociadas y la duración de cada una de ellas.

Estrategia actual de mantenimiento de un Molino SAG

La estrategia de mantenimiento considera 3 mantenciones mayores o Shutdown en el año con una duración promedio de 80 horas. Además se consideran mantenciones programadas menores o PM 9 veces en el año con una duración promedio de 10 horas cada una de ellas.

La frecuencia entre Shutdown es de 4 meses y entre PM de 30 días.

Para el cálculo de disponibilidad del molino se consideran además 5 horas por mes asociada a imprevistos, con esto datos obtenemos que en el año el equipo no está disponible durante 390 horas por mantenciones programadas e imprevistas.

La disponibilidad anual estimada para este equipo es de 95,7 %.

La figura N°3 muestra en forma didáctica la planificación anual de las mantenciones de un molino SAG.

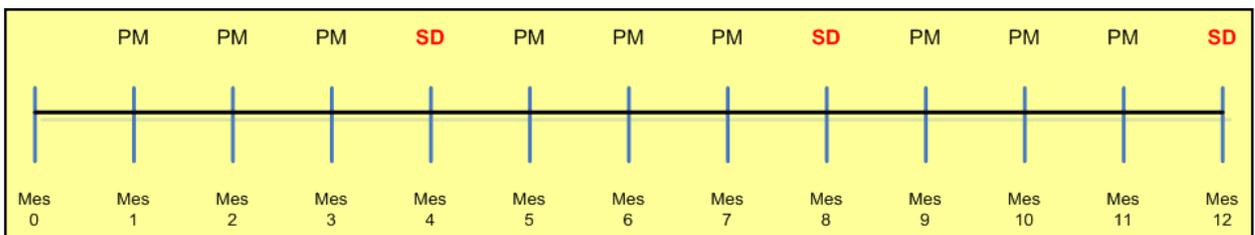


Figura N°3: Calendario de mantenciones anuales a Molino SAG

Se consideran los doce meses del año, como se menciona anteriormente la frecuencia de Shutdown está dada por el cambio de revestimientos de los molinos. La Superintendencia de Revestimientos ha realizado pruebas de nuevos materiales y diseños logrando en los mejores casos una duración de 6 meses de los revestimientos sin poner en riesgo la integridad y confiabilidad del molino.

4- METODOLOGIA DEL ESTUDIO

Para desarrollar el estudio de caso en forma estructurada y clara se utilizarán las herramientas de la metodología Seis Sigma, ésto es desarrollar el ciclo DMAIC que consta de cinco etapas que son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

4.1.- Etapa Definición

En esta etapa es donde se identifican los requerimientos del cliente, lo que también se conoce como “la voz del cliente”, que en nuestro estudio de caso es lograr posicionar a la Vicepresidencia de Procesos en el primer cuartil de productividad y costo unitario el año fiscal 2011, es decir lograr ser una empresa de clase mundial.

La estrategia de mantenimiento se relaciona directamente con los parámetros de productividad y costo unitario, ya que la productividad está definida como toneladas de mineral procesado por hora hombre utilizada (ton/hh). Estas horas hombres utilizadas consideran las necesarias para operar los equipos como las utilizadas en trabajos de mantenimiento.

Además costo unitario se define como los dólares necesarios para procesar una tonelada de mineral (US\$/ton), en el gasto están incluidos todos los pagos asociados a operaciones como a mantención.

Análisis FODA

Es importante en esta etapa de definición realizar un análisis FODA para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la posición actual de la vicepresidencia de procesos.

Esta es una herramienta muy útil para ver los pasos y acciones futuras de nuestra Vicepresidencia. El análisis deriva su nombre de las iniciales F: fortaleza, O: oportunidad, D: debilidad y A: amenazas, que representan a su vez una forma de modelar la situación de la Vicepresidencia y su entorno. Este análisis nos sirve para definir la estrategia de la Vicepresidencia para posicionarse en el primer cuartil de productividad

y costo unitario, definir la estrategia implica definir el rumbo que deben tomar las actividades de mantenimiento.

Los dos factores internos del mantenimiento de la Vicepresidencia son las fortalezas y debilidades. Por fortaleza se entiende lo que estamos haciendo bien y podemos utilizar con éxito, por debilidad se entiende lo opuesto, son aspectos en los debemos mejorar.

Los factores externos al mantenimiento y que pertenecen al entorno son las oportunidades y amenazas. Por oportunidad se entiende acontecimientos o realidades del medio ambiente que son propicios para que el mantenimiento de la Vicepresidencia mejore, por amenazas se entiende lo contrario, es decir, elementos del entorno que pueden entorpecer el mejoramiento del mantenimiento de la Vicepresidencia.

A continuación en la figura N° 4 se muestra el resultado del análisis.

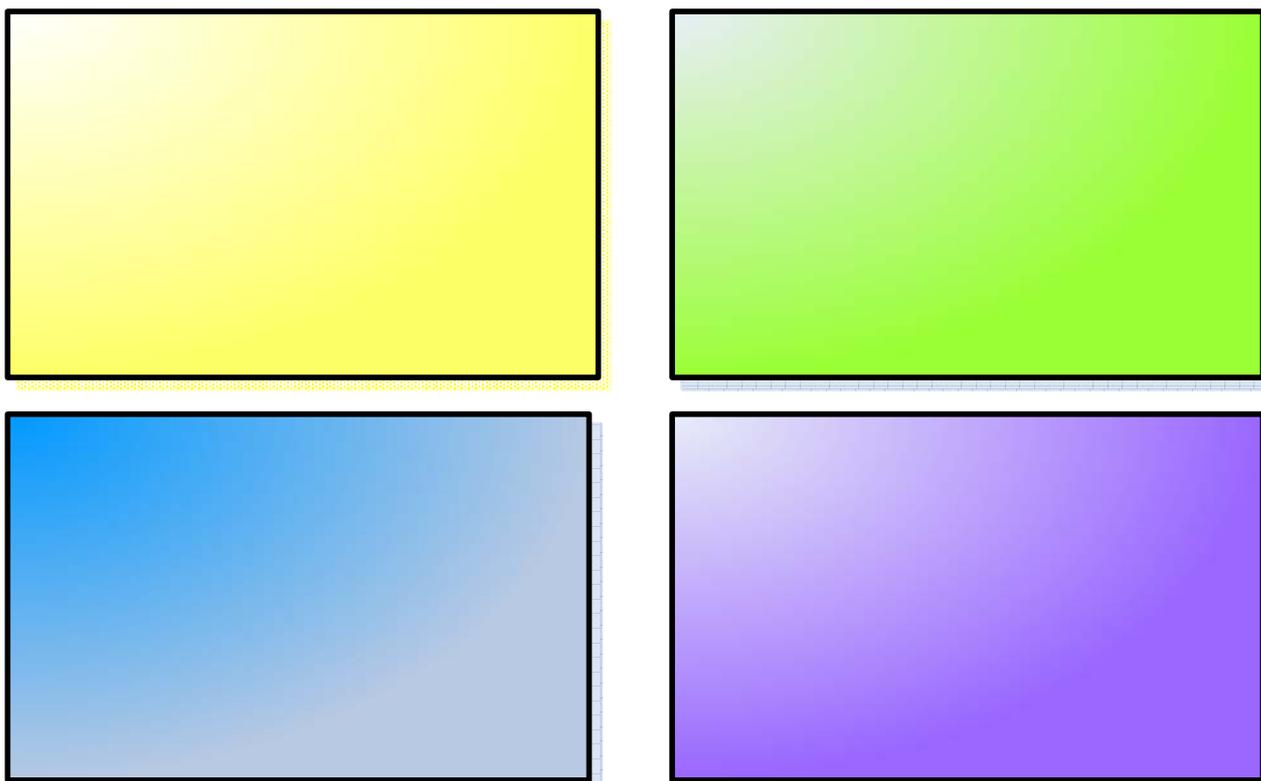


Figura N°4: Análisis FODA del mantenimiento de la Vicepresidencia de Procesos

Factores Internos:

- Como fortalezas se identifica la tecnología de punta utilizada en los trabajos de mantenimiento, la metodología de mejoramiento institucionalizada en la compañía que es Seis Sigma, el personal calificado, el know how (conocimiento, experiencia) de nuestra gente y el apoyo de la red de mantenimiento global de bhpbilliton que aporta mejores prácticas de mantenimiento.
- Como debilidades se identifica la ubicación geográfica de Minera Escondida y el sistema de turno 4x4 del personal de la compañía, la burocracia del sistema de control de acceso a personal contratista, los contratos de mantenimiento que utilizan personal de alta rotación y la calidad del personal contratista eventual que asiste a nuestras mantenciones.

Factores Externos:

- Como oportunidades se identifica reducir las imputaciones de HH de personal administrativo de los contratos de mantenimiento que no son directas, sin embargo tiene un costo, reducir las HH distribuidas por otras unidades de negocio como servicios operacionales, desarrollar contratos en forma inteligente de nuestros suministros estratégicos para aislar las fluctuaciones del mercado y apoyar en la utilización, por parte de operaciones, de los equipos en puntos óptimos para evitar desgastes acelerados de los componentes.
- Como amenazas se identifica la posible ocurrencia de eventos climáticos adversos durante el año, la próxima negociación colectiva del personal sindicalizado en julio del 2006, las decisiones estratégicas de la compañía y posibles aumentos imprevistos de los precios de insumos estratégicos para la operación de los equipos.

4.2.- Etapa Medición

Para lograr realizar un posterior mejoramiento de la situación actual, es necesario fijar una línea comparativa o también llamada "línea base". En nuestro estudio de caso la línea base serán las horas de detención de equipo por concepto de mantenimiento, las horas hombres directas utilizadas en mantenimiento y el costo unitario de mantenimiento. Las HH directas de mantenimiento consideran los trabajadores propios de la compañía y los contratistas que trabajan directamente en las plantas, que es el personal considerado como permanente.

Las dotaciones de mantenimiento actuales son las utilizadas para cumplir con el plan anual de mantenimiento, que está dividido en mantenciones mayores y plan de 52 semanas. En ambos planes se definen las frecuencias de mantención, las actividades asociadas y la duración de cada una de ellas.

Las mantenciones mayores es el plan definido principalmente por los cambios de revestimientos de los molinos SAG y Bolas (4 Molinos SAG y 10 Molinos Bolas).

El plan de 52 semanas considera las mantenciones anuales de los equipos que no están incluidos en las mantenciones mayores, por ejemplo bombas, celdas de flotación, espesadores, compresores, etc.

En el plan anual de mantenimiento se determinan los recursos necesarios para cumplir con los planes, tales como horas hombres, repuestos, materiales e insumos.

Cuando se determinan las dotaciones requeridas para dar cumplimiento con el plan anual y se analiza la mano de obra interna disponible, se está en condiciones de determinar el requerimiento de mano de obra externa necesario.

Con este análisis se definen las actividades que serán asignadas a los contratistas para el cumplimiento del plan anual mencionado.

4.3.- Etapa Análisis

La etapa de análisis considera realizar comparaciones con otras empresas mineras de cobre que sean comparables en tamaño y procesamiento de mineral a Minera Escondida Ltda.

Se define como benchmarking nacional a: Codelco Norte, Codelco Teniente, Codelco Andina, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Minera Los Pelambres y Minera Los Bronces.

Se define como benchmarking internacional a Copperton Mining, perteneciente a BhpBilliton ubicada en SALT Lake City, USA.

Benchmarking nacional

En Noviembre del 2005 se desarrolla en Santiago un Taller de Benchmarking Nacional de Molienda SAG donde las grandes compañías mineras de cobre presentan sus índices claves de gestión relacionados con la molienda SAG.

Las compañías que participaron en este evento son: Codelco Norte, Codelco Teniente, Codelco Andina, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Minera Los Pelambres, Minera Los bronces y Minera Escondida.

Dado que no todas las empresas presentaron sus dotaciones equivalentes anuales, no es posible realizar una comparación de productividad entre las distintas compañías, sin embargo se puede hacer un análisis del costo unitario de mantenimiento.

Principales hallazgos

- Los referentes en costo unitario para MEL serán: minera los Pelambres, Collahuasi y Codelco Norte.
- Empresas como Minera Los Pelambres, Codelco Andina y Los Bronces detienen sus equipos cada 3 meses.
- Existen datos que deben ser confirmados, particularmente los relacionados con Codelco Norte y Collahuasi, ya que Codelco Norte no tiene una clara separación entre costos de molienda SAG y convencional, y Collahuasi no consideró una falla grave (30 días molino SAG detenido) en su cálculo de disponibilidad.

- Si se comparan los gastos de molienda de las principales plantas, el gasto no es muy diferente si se pondera por el volumen de producción, sin embargo los costos unitarios declarados son muy inferiores a los de MEL, lo cual nos hace pensar que la forma en que se mide es diferente.
- Las dotaciones son variadas, sin embargo son altas por lo general durante una parada mayor, esto es, entre 200 y 400 personas, excepto el caso de Collahuasi que es de sólo 80 personas. Este caso en particular se debe a la flexibilidad que presenta su línea productiva.

Benchmarking internacional

En lo relativo al benchmarking internacional nuestro referente en productividad y costo unitario de mantenimiento será Copperton Mining, minera perteneciente a BhpBilliton ubicada en Salt Lake City, USA, que procesa 142.000 ton/día similar producción que cada planta de Minera Escondida, por lo tanto la comparación se realizará entre CLC, CLS y Copperton.

Se pudo realizar el análisis de productividad con Copperton Mining ya que presenta las dotaciones distribuidas y clasificadas en forma similar a Minera Escondida.

Si comparamos la productividad interna, que considera trabajadores propios y contratistas que trabajan directamente en la planta, Copperton presenta una productividad interna de 41 puntos porcentuales superiores a Minera Escondida en promedio y el costo unitario de mantenimiento es inferior en 12 centavos de dólar.

Principales hallazgos

- Personal de Mantenimiento planta trabaja en turno de lunes a viernes.
- El cambio de revestimiento de molino SAG se realiza cada 28 semanas, es decir, aproximadamente dos veces por año.
- El cambio de revestimientos de molino de Bolas se realiza cada 52 semanas, es la misma frecuencia que actualmente se tiene en Minera Escondida.
- Los PM tienen una frecuencia de 14 semanas (cada tres meses), la frecuencia de PM en Minera Escondida es de 30 días.

De los benchmarking realizados se han detectado ciertas oportunidades de mejoramiento que pueden ser implementadas en Minera Escondida Ltda., estas oportunidades se enfocan en aumento de productividad y reducción de costo unitario de mantenimiento.

Las alternativas para aumento productividad son: aumentar el mineral procesado y/o reducir HH asociadas al mantenimiento

Las alternativas para reducir costo unitario son: reducir los gastos asociados al mantenimiento y/o aumentar el mineral procesado.

Alternativas para aumento de mineral procesado

(Enfoque en Productividad y Costo Unitario).

El área de mantenimiento es la única variable que controla y que impacta directamente en la productividad es en la disponibilidad de los equipos, por esta razón las alternativas analizadas están enfocadas en un aumento de disponibilidad.

La disponibilidad se calcula de la siguiente manera:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo Disponible}{Tiempo Requerido}$$

Donde:

Tiempo Requerido = Tiempo Cronológico – Tiempo Espera.

Tiempo Espera: considera detenciones por suministro de mineral, suministro de agua, causas externas a las plantas.

Tiempo Disponible = Tiempo Requerido – Tiempo Detenido.

Tiempo Detenido: considera detenciones por mantenimiento programado (TMP) y tiempo detención por imprevistos o detenciones no programadas (TI)

Por lo tanto, la manera obvia de aumentar la disponibilidad es reduciendo el tiempo detenido, se proponen dos alternativas

- Reducir la frecuencia de detenciones programadas, es decir, lograr realizar dos mantenciones de cambio de revestimiento por molino SAG durante un año y además de realizar detenciones menores cada 45 días en una primera etapa y luego cada 60 días (dos meses).
- Aumentar confiabilidad de los equipos, la forma de aumentar la confiabilidad de los equipos es reduciendo las detenciones imprevistas, es decir, lograr un mantenimiento predictivo o basado en la condición de los equipos.

Alternativas para reducir HH asociadas al mantenimiento

(Enfoque en Productividad)

- Aumentando time on tools de la mano de obra directa (MEL + Contratistas), la idea es identificar aquellas actividades que no aportan valor al mantenimiento y que son susceptibles de ser eliminadas. Los estándares mundiales indica que un time on tools de 60% es el óptimo.
- Optimizar procesos de inducción y charlas de seguridad realizadas antes de mantenciones mayores. Para un PM se imputan el 200% de las HH real utilizadas en la ejecución del trabajo debido al tiempo requerido para charlas de inducción (un día antes del PM), haciendo a los PM poco eficientes respecto de los Shutdown. Uno de nuestros grandes desafíos es el de reducir los tiempos de inducción de personal que asiste a las mantenciones mayores ya que una de las principales razones por las que se requiere este largo tiempo es que el personal que asiste a las mantenciones es personal eventual, por lo tanto el mejoramiento en este punto pasa por privilegiar contratos con personal permanente, de esta manera el personal que asiste a las mantenciones será mayoritariamente el mismo y no se requerirán de largas inducciones.
- Disminuir la frecuencia de mantenciones mayores (SD + PM). Se estima que el mayor impacto para producir una reducción de HH asociadas al mantenimiento se logra disminuyendo el número total de mantenciones mayores en cada planta,

sin poner en riesgo la integridad y confiabilidad de los equipos. Con una frecuencia de PM de 45 días y una frecuencia de SD de 6 meses se estima una reducción de un 30% de HH anual, principalmente HH contratistas que participan en las mantenciones mayores.

Alternativas para reducir gasto asociadas al mantenimiento

(Enfoque en Costo Unitario)

- Extendiendo vida útil de los equipos, la vida útil de un equipo depende de varios factores: Calidad de los componentes, estrategias de mantención, estrategia de operación, comportamiento del proceso. Si nos concentramos en aquellos relacionados con el mantenimiento debemos analizar las estrategias de mantenimiento y la calidad de los componentes. Considerando que el mayor gasto asociado a mantenimiento es “Replacement Part” que representa un 50% del gasto total, es de importancia determinar la vida útil de los componentes de mayor rotación, esto es repuestos de bombas, polines, palmetas de harnero y trommel. La frecuencia de las mantenciones mayores debieran estar determinadas por el cambio de revestimiento de molinos (liners), sin embargo existen detenciones adicionales determinadas por el desgaste de componentes menores, esto es palmetas, polines, poleas. El objetivo será identificar la frecuencia de cambio de los componentes menores a fin de buscar la forma de aumentar la vida útil de estos componentes.
- Lograr economías de escala en negociaciones corporativas, se pueden buscar beneficios económicos al hacer contratos por mayor volumen e incluso más allá considerar a otras faenas mineras de bhpbilliton.

4.4.- Etapa de Mejoramiento

La que considera nuestra propuesta de mejoramiento es:

- Aumento disponibilidad de equipos al disminuir la frecuencia de mantenencias mayores (SD + PM),
- Extensión vida útil de los componentes.
- Optimizar procesos de inducción y charlas de seguridad realizadas antes de mantenencias mayores.

En forma didáctica se muestra la estrategia de mantenimiento propuesta en la figura N° 5.

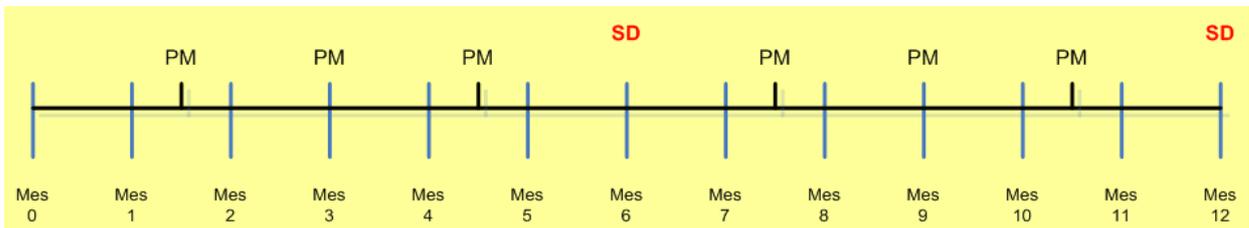


Figura N°5: Estrategia de Mantenimiento propuesta

La propuesta es llevar los PM a 45 días y los Shutdown a 6 meses, considerando las mismas horas de imprevistos por mes se lograría una disponibilidad año de 1,2 puntos porcentuales mayores a la actual y 110 horas disponibles a producción.

Considerando un tonelaje procesado por hora de 5.000 tph, una ley de 1,6, una recuperación de 85% y a 3 US\$ por libra, se obtiene un beneficio por mayor tonelaje tratado de 50 millones de dólares.

¿Por qué llevar a 6 meses los SD? se comenta con anterioridad que la línea crítica o quién manda la frecuencia de mantenimiento es el cambio de revestimiento de los molinos SAG, el área de revestimientos de la Gerencia de Mantenimiento ha invertido en buscar el diseño que logre optimizar la vida útil de las corazas para las condiciones de mineral actuales, los resultados nos demuestran que una frecuencia de cambio cada 6 meses no pone en riesgo la confiabilidad de los demás equipos aguas arriba y aguas abajo como son las correas, harneros, chancado, ya que la búsqueda de mejoramiento del comportamiento de ellos nos da una confiabilidad de 3 meses, pudiendo ser remplazados durante un PM por no requiere tiempos superiores a las 6 horas.

4.5.- Etapa de Control

Esta etapa es la encargada de corroborar los beneficios propuestos en la etapa de mejoramiento una vez que se han implementado todas las mejoras propuestas.

Los indicadores que se recomiendan para el control de la nueva estrategia de mantenimiento propuesta son:

- MTBF, tiempo medio entre fallas.
- MTTR, tiempo medio de reparación.
- Disponibilidad de Molino SAG.
- Frecuencia de mantenimiento de PM y de Shutdown
- Gasto mensual de componentes con mayor rotación.
- Indicadores propios de planificación como son % de HH comprometidas en el programa semanal de mantenimiento, % de cumplimiento de las actividades de mantención desarrolladas por la empresa colaboradora, % de HH utilizadas en el plan de mantenimiento, % de HH no programadas, % de HH notificadas en ordenes de trabajo y control del pago mensual que involucra al personal permanente y al personal eventual que se requiere para mantenciones.

5.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados propuestos consideran la implementación en un 100% de las condiciones antes mencionadas en la propuesta de estrategia de mantenimiento y que las condiciones de mercado permanecen constantes.

5.1.- Resultados esperados de la nueva estrategia

Los resultados que se obtendrían al utilizar esta nueva estrategia de mantenimiento son:

- Aumento de producción en 110 horas por año.
- Reducción en HH contratista entre un 30% a 40%.
- Reducción de gastos asociados a mantenimiento entre un 20% a un 30%.
- Lo más importante es que se logra cumplir con la meta del año fiscal 2007 en productividad y costo unitario de mantenimiento, esto es lograr un aumento del 17% de la productividad total y una reducción del 10% del costo unitario de mantenimiento.

5.2.- Identificación de riesgos

Hasta ahora se ha hablado de la parte bonita del estudio, sin embargo esto no es gratis y obviamente existen riesgos asociados, los cuales hemos identificado:

- Disminuir la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos involucrados en la línea SAG, esto es el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación.

Como controlar este riesgo:

- Invertir en sistemas redundantes o stand by de equipos críticos.
- Fortalecer por sobre todas las cosas la migración de mantención planificada a mantención predictiva invirtiendo en monitoreo de condiciones.

6.- CONCLUSIONES

El modelo estratégico de la vicepresidencia de procesos (Anexo B) tiene como uno de los objetivos estratégicos la gestión de costos. Los impulsores estratégicos para este objetivo son administración de costos y gestión de cambio. Donde en la administración de costo destacamos el enfoque de Six Sigma para la reducción de costos y en gestión de contratistas destacamos la optimización de contratos a largo plazo.

En el modelo estratégico de las plantas (Anexo B) también se comparte como objetivo estratégico la gestión de costos, donde los impulsores claves son disciplina y eficiencia. En eficiencia destacamos minimizar las HH contratistas por tarea.

En el modelo estratégico de la gerencia de mantenimiento (Anexo B) procesos también existe un objetivo estratégico relacionado a la gestión de costos, que es eficiencia operacional donde uno de sus impulsores estratégicos es la gestión de contratistas siendo clave generar contratos comunes para la vicepresidencia de procesos y utilizar un sistema de control de productividad y costos.

El alineamiento de la gerencia de plantas concentradoras y la gerencia de mantenimiento de procesos con las estrategias de la vicepresidencia refuerza la importancia de este estudio de caso y también la importancia de lograr una mayor productividad a un menor costo unitario.

Las conclusiones de este estudio de caso, es que se puede generar un cambio a partir del trabajo con proveedores que presentan materiales con nueva tecnología aplicada para extender la vida útil de componentes.

Se debe revisar estándares de mantenimiento y adecuarlos para que la instalación de las nuevas alternativas de repuestos que logren alcanzar la vida útil proyectada por diseño.

El monitoreo y el análisis de datos entre y durante la detención entrega un gran valor para generar información relevante para planificar y programar el nuevo calendario de paradas.

Todos los mejoramientos propuestos además deben ser acompañados de la disciplina de mantenimiento y la visión a futuro de llegar a una mantención por condición de los equipos, con esto la literatura indica que los costos de mantención se reducirán entre un 10 a 15% en comparación al tipo de mantención actual que es mantenimiento planificado.

Los resultados a que se pretenden lograr, están enfocados en lograr la meta de llegar al primer cuartil de productividad y costo unitario, ya que el reducir número de mantenciones tipo PM y Shutdown enfoca tanto a aumentar la productividad dando mayor disponibilidad y menor HH, y además a reducir el costo unitario reduciendo el gasto en componentes y aumentando el tonelaje tratado al entregar una mayor disponibilidad de planta.

Como aprendizaje se tiene que al abrir cada equipo en sus componentes críticos con mayor rotación y sus ocurrencias de falla dan un mejor enfoque y permite identificar las oportunidades de mejora que tiene cada equipo.

En la medida que este análisis y su mejoramiento se lleve a cabo en conjunto se logrará el propósito común de alcanzar en una primera instancia los 45 días entre PM.

Lograr los 45 días entre PM es el primer paso, nuestro siguiente desafío es lograr la estabilidad de mantener detenciones cada 45 días, en un futuro el siguiente paso es analizar una extensión de tiempo entre detenciones en 60 días.

Los resultados que se obtendrían al utilizar la nueva estrategia de mantenimiento serán:

- Aumento de producción en 110 horas.
- Reducción en HH contratista en un 40%.
- Reducción de gastos asociados a mantenimiento en un 30%.
- Y lo más importante cumplir con la meta del FY07 en productividad y costo unitario de mantenimiento, esto es lograr 40 ton/hh y un costo unitario de mantenimiento de 79 cUS\$/ton

Como reflexión final se puede decir que el desarrollo de este estudio de caso es el primer paso formal del área de mantenimiento de la vicepresidencia de procesos para lograr el objetivo de un aumento de la disponibilidad de los equipos de la línea crítica del molino SAG y por consecuencia lograr un aumento de productividad.

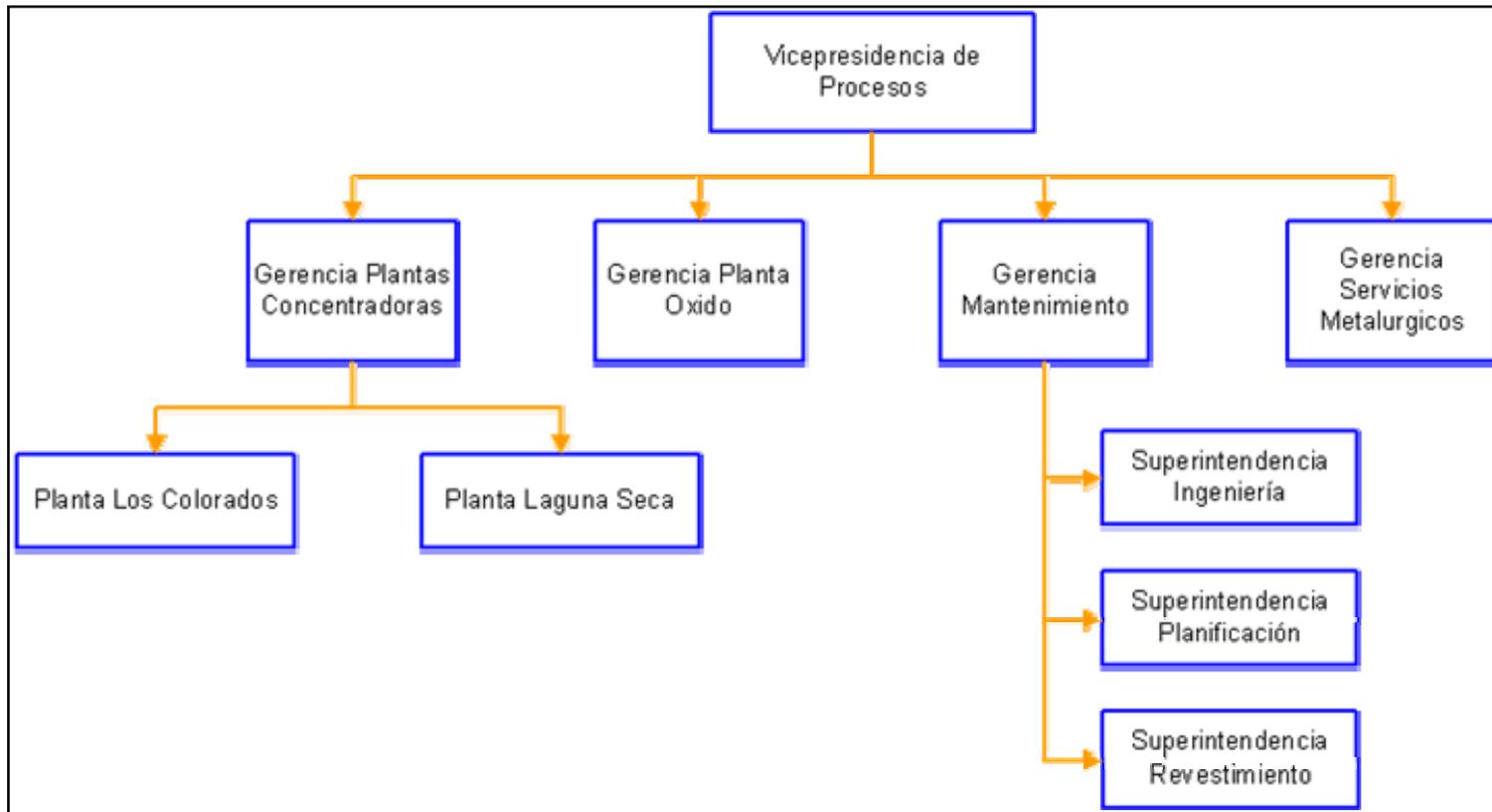
7.- BIBLIOGRAFIA

- Six Sigma Consultants, Manuales de entrenamiento Black Belt de Minera Escondida Ltda.
- Red Global de Mantenimiento, Bhpbilliton, Consejos de Mejoramiento Global.
- Goldratt , Eliyahu M.; Cox, Jeff, “ La Meta un proceso de mejora continua”.
- Kaplan,Robert S.; Norton, David P., “Cuadro de Mando Integral”.
- White, Robert, “Manual del Outsourcing”.
- Magíster en gestión y Dirección de Empresas, Universidad de Chile, “¿Qué es un estudio de caso?”
- Reuniones de trabajo con personal de mantenimiento.
- Furlaneto; Baldin; Robersi; Turco, “Administración de la Mantención”.

ANEXOS

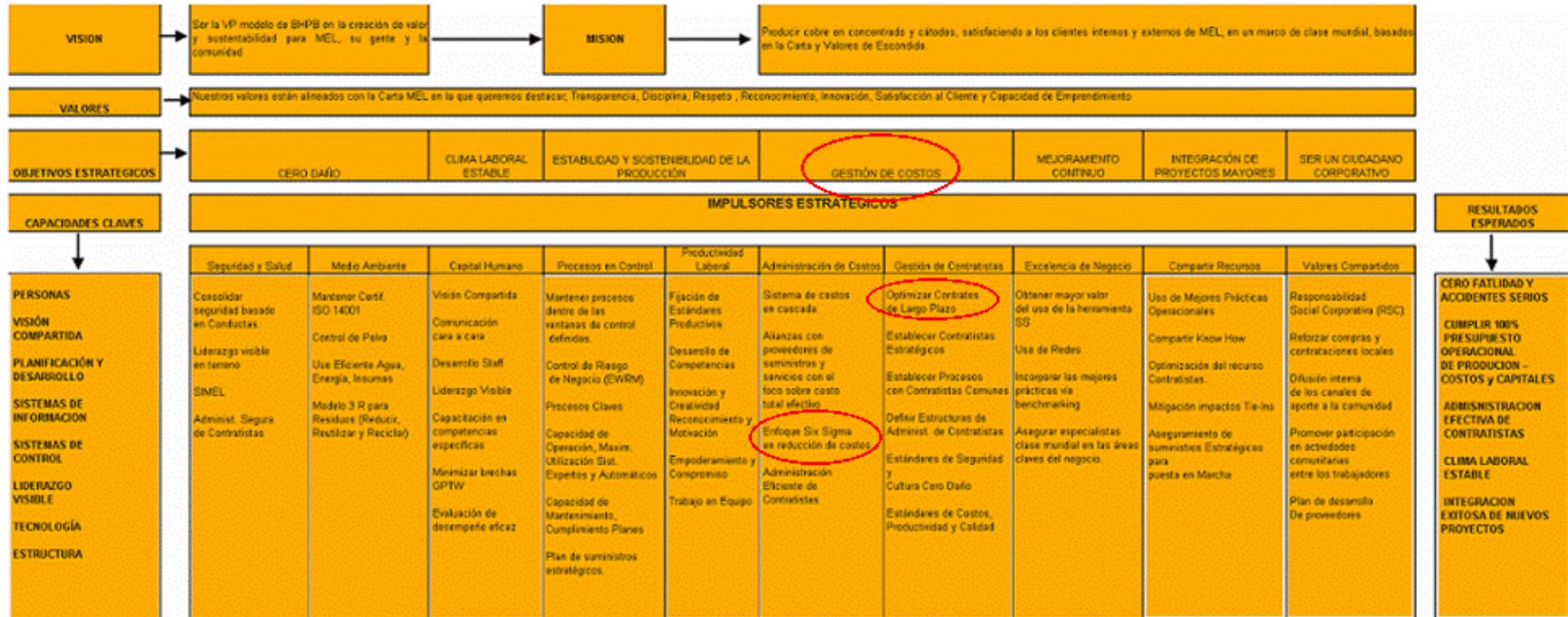
ANEXO A: Organigrama Vicepresidencia de Procesos

Organigrama Vicepresidencia de Procesos.

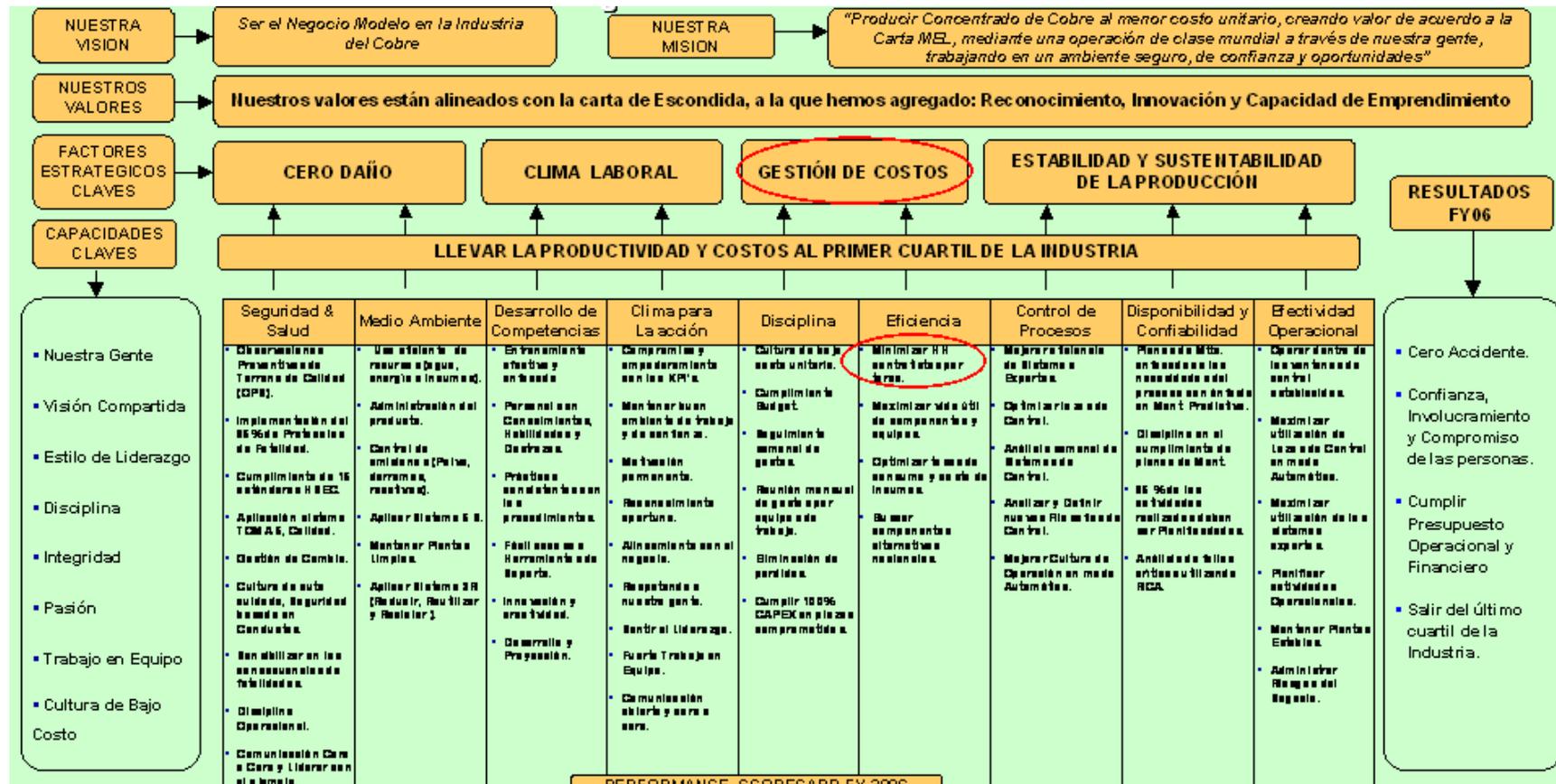


ANEXO B: Modelos Estratégicos

Modelo Estratégico Vicepresidencia de Procesos



Modelo Estratégico Plantas Concentradoras



Modelo Estratégico Gerencia Mantenimiento Procesos

