



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

**EVALUACIÓN ESTRATÉGICA, TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN PLAN
ESTRATÉGICO PARA LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO EN CODELCO
DIVISIÓN ANDINA**

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

CARLOS ARIEL CASANOVA TOLEDO

**PROFESOR GUÍA:
RICARDO ALONSO FLORES BARRERA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ANTONIO AGUSTÍN HOLGADO SAN MARTÍN
LORETO MAGDALENA MORALES LÓPEZ**

**SANTIAGO DE CHILE
2021**

RESUMEN

EVALUACIÓN ESTRATÉGICA, TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO EN CODELCO DIVISIÓN ANDINA

El trabajo realizado tuvo como objeto de estudio la “Evaluación estratégica, técnica y económica de un plan estratégico para la gerencia de mantenimiento en Codelco División Andina”, que permita aumentar al menos en 4,6% la disponibilidad sistémica de la planta concentradora, y obtener ingresos anuales adicionales por 52 MM US\$ alcanzados en un plazo de 3 años.

El mantenimiento en división andina está en proceso de transformación, debido a cambios estructurales, nueva política corporativa de mantenimiento y restricciones presupuestarias. Por ello, se requiere alta disponibilidad para sostener los planes productivos y objetivos de la gerencia

El diagnóstico realizado concluye con oportunidades en la gestión del mantenimiento, con deficiencias en el uso de recursos y la asignación de estos, variaciones presupuestarias en mantenimientos mayores y planes de mantenimiento desactualizados, los cuales impactan en una disponibilidad sistémica de la planta concentradora de 4,6% por debajo del promedio de la industria minera nacional.

Se generaron dos líneas de trabajo, primero, crear una estrategia que permita sostener los procesos operativos y de gestión de la recién creada Gerencia de Mantenimiento, con un flujo de procesos de valor a través de un mapa estratégico, y un cuadro de gestión de indicadores para controlar la estrategia, y segundo, se diseñó un plan que permita levantar condiciones vulnerables en los activos, para devolver la función.

La estrategia consideró procesos y estructura organizacional que permitan gestionar la estrategia de mantenimiento de los activos, presupuesto, repuestos y componentes reparables, estrategia y mejoramiento. Por otro lado, se diseñó un plan para aumentar la disponibilidad sistémica de la planta, que considera la intervención en mantenimiento mayor de los activos con mayores pérdidas en el periodo 2017-2019, para eliminar modos de fallas y vulnerabilidades fuera de control.

La evaluación económica consideró un flujo de treinta y seis meses, con tasa de descuento del 8,5%. El proyecto considera una inversión y gastos de 10,9 MM US\$, y además 26,4 MM US\$ menos en ingresos en el periodo evaluado, producto de mantenimientos mayores. De ejecutarse correctamente y sin inconvenientes el proyecto, se obtendría un VAN de 2,4 MM US\$ y una TIR del 10%. El análisis de sensibilidad permite tener un resguardo de indisponibilidad del 11%.

Dado los resultados de la evaluación económica, es factible estratégica, técnica y económicamente el estudio realizado, cumpliendo la condición de satisfacción, alcanzando los MMUS\$ 52 de ingresos al tercer año de evaluación lo cual representa un 5 % de los ingresos totales anuales, con un 4,6% disponibilidad.

DEDICATORIA

A Dios, SOLI DEO GLORIA

“Porque por él fueron creadas todas las cosas que están en los cielos, y que están en la tierra, visibles e invisibles; sean tronos, sean dominios, sean principados, sean potestades; todo fue creado por él y para él”

Colosenses 1:16

A mi amada Karincita, por su amor, comprensión y siempre palabra de apoyo

A mis hermosos hijos José y Leonor, por su amor y cariño

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	1
2	Objetivos.....	2
2.1	Objetivo General.....	2
2.2	Objetivos Específicos	2
3	Resultados esperados	8
4	Alcance	8
5	Descripción de la organización.....	9
6	Marco conceptual	10
6.1	Modelo de Gestión de Mantenimiento	4
6.2	Sistema Operativo de Mantenimiento, comúnmente llamado Ciclo de trabajo	5
6.3	Estrategias operativas de Mantenimiento	6
6.3.1	Mantenimiento Correctivo.....	6
6.3.2	Mantenimiento Preventivo	6
6.3.3	Mantenimiento Predictivo	7
6.3.4	Mantenimiento Productivo	7
6.4	Principales roles en Mantenimiento	7
7	Diagnóstico situación actual.....	14
7.1	Análisis desempeño actual sistema operativo de mantenimiento.....	8
7.1.1	Disponibilidad Sistémica Planta.....	8
7.1.2	Cumplimiento Plan Matriz (PM).....	10
7.1.3	Cumplimiento Programa de Mantenimiento	11
7.1.4	Sistema Operativo de Mantenimiento	12
7.2	Análisis desempeño de activos críticos	12
7.3	Análisis resultados actual plan de mantenimiento.....	18
7.4	Análisis de costos de mantenimiento	19
7.5	Análisis de estructura organizacional y personal de mantenimiento.....	21
7.6	Análisis principales contratos de mantenimiento	24
7.6.1	Contrato Servicio Integral de Mantenimiento	24
7.6.2	Contrato Servicio Cambio de Revestimientos.....	24
7.6.3	Contrato Servicio Cambio y reparaciones cintas.....	24
7.7	Análisis benchmarking de principales KPI's de mantenimiento.....	24
7.8	Evaluación externa, entorno y seguridad.....	25

8 FODA por segmento.....	31
8.1 FODA	26
8.2 Resumen diagnóstico.....	27
9 Estrategia	33
9.1 MISION	28
9.2 VISION.....	28
9.3 VALORES.....	28
9.4 Oportunidades descubiertas en diagnostico.....	28
9.5 Plan de recuperación y estandarización de disponibilidad activos Gerencia de Plantas	29
9.6 Estrategia de Gerencia de Mantenimiento.....	30
9.6.1 Mapa estratégico.....	30
9.6.2 Cuadro de gestión de mantenimiento	32
9.6.3 Lean en procesos de mantenimiento.....	34
9.6.4 Sistema Operativo	36
9.6.5 Ciclo de Confirmaciones de Procesos	37
9.6.6 Requerimientos organizacionales	37
9.6.7 Impacto del plan	40
10 Evaluación económica.....	46
10.1 Flujo de caja	41
10.2 Análisis de sensibilidad	44
11 Conclusiones y recomendaciones	50
12 Bibliografía.....	51
13 Anexos.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Autores de modelos de gestión de mantenimiento	4
Tabla 2. Indicadores de mantenimiento por superintendencia	8
Tabla 3. Disponibilidad Planta y líneas.	9
Tabla 4. Cumplimiento programa mantenimiento y PM periodo 2017-2019	11
Tabla 5. Comparación participación de costos mantenimiento gerencia de plantas y división. ...	21
Tabla 6. Comparación indicadores benchmark v/s indicadores locales.	25
Tabla 7. FODA diagnóstico.....	27
Tabla 8. Cuadro de gestión integral gerencia de mantenimiento	32
Tabla 9. DdD gerencia de mantenimiento según nivel en la organización	35
Tabla 10. Etapas sistema operativo de mantenimiento.....	36
Tabla 11. Plan de confirmaciones de procesos (CdP) y confirmaciones de rol (CdR)	37
Tabla 12. Número de personas de gerencia según rol	38
Tabla 13. Personal gerencia de mantenimiento según área de trabajo	39
Tabla 14. Impacto en negocio y costos de actividades del plan; O: Oportunidad – D: Debilidad	40
Tabla 15. Valores considerados para cálculo de ingresos	42
Tabla 16. Ingresos por aumento disponibilidad sistémica planta.....	42
Tabla 17. Disminución de ingresos por detención de activos	42
Tabla 18. Costo de energía por aumento utilización activos.....	42
Tabla 19. Especialista ejecutor de mantenimiento mayor según activo	43
Tabla 20. Costo contratos de personal externo por ejecución mantenimiento mayor	43
Tabla 21. Costo componentes para mantenimiento mayor.....	43
Tabla 22. Costo por aumento dotación gerencia de mantenimiento.....	44
Tabla 23. Costo contrato asesoría estrategia de mantenimiento.....	44
Tabla 24. Costo capacitación activos críticos.....	44
Tabla 25. Resultado flujo de caja plan	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Gráfico 1. Disponibilidad real v/s disponibilidad programada	9
Gráfico 2. Disponibilidad Planta y líneas	9
Gráfico 3. Disponibilidad - Cumplimiento PM - Cumplimiento Programa	10
Gráfico 4. Mantenimiento Planificado v/s Correctivo.....	11
Gráfico 5. OEE Molienda Línea Don Luis.....	13
Gráfico 6. OEE Molienda Línea Convencional	14
Gráfico 7. Pareto Perdidas Horas Equipos Críticos.....	15
Gráfico 8. Pareto Fallas Equipos Críticos Planta	15
Gráfico 9. Causas frecuentes de pérdidas en análisis equipos.....	16
Gráfico 10. Pérdidas en Mantenimiento Planificado.....	16
Gráfico 11. Pérdidas en Mantenimiento Correctivo	17
Gráfico 12. Vulnerabilidades en Planta Concentradora	17
Gráfico 13. Vulnerabilidades por Planta	18
Gráfico 14. Promedio Indisponibilidad Programada / Mantenimiento Planificado Corto Plazo ..	18
Gráfico 15. % Indisponibilidad Programada / % Mantenimiento Planificado	19
Gráfico 16. Presupuesto v/s costo real de mantenimiento.....	20
Gráfico 17. Participación de cuentas mayores en presupuesto de mantenimiento.....	20
Gráfico 18. Costos Mantenimiento 2017 – 2019.....	21
Gráfico 19. Distribución de personal según rol.....	22
Gráfico 20. Distribución de personal según superintendencia	22
Gráfico 21. Distribución de personal por rol organizacional	23
Gráfico 22. Distribución de personal ROL B según sindicato	23
Gráfico 23. Mapa Estratégico Gerencia de Mantenimiento	31
Gráfico 24. Diseño de estructura organizacional Gerencia de mantenimiento	38
Gráfico 25. Matriz de clasificación de actividades plan.....	41
Ilustración 1. Distribución nacional de Operaciones de Codelco.....	3
Ilustración 2. Ciclo de trabajo de Mantenimiento	5

INTRODUCCIÓN

En esta tesis se estudió la “Evaluación estratégica, técnica y económica de un plan estratégico para la gerencia de mantenimiento en Codelco División Andina”.

En la industria minera uno de pilares más importantes para mantener la continuidad del negocio es el Mantenimiento, es por ello, que en División Andina se ha dado la relevancia necesaria, creando la Gerencia de Mantenimiento, la cual debe hacer gestión sobre los activos de la división. Antes de esto, las superintendencias de mantenimiento y sus unidades de negocio, presupuesto y equipo de trabajo dependían directamente de la Gerencia de Plantas, quien además es responsable de la operación de las líneas productivas.

Para que el negocio sea sostenible en el tiempo, el mantenimiento debe ser implementado en forma estratégica, abordando las aristas más relevantes en este sector, entendiendo cual es la situación actual de la minería, la corporación y particularmente la División Andina. Este trabajo, busca ser la base de implementación estratégica de la Gerencia de Mantenimiento de División Andina, comprendiendo los conceptos más básico y fundamentales de esta ciencia, “devolver la función de diseño de los equipos”.

Para establecer la estrategia, se realizó un diagnóstico que permitió conocer la situación actual en términos de costos, procesos y equipo humano de la gerencia, para poder levantar la visión, misión y objetivos que sostendrán la estrategia de esta dirección. Además se realizó un benchmarking de la industria para establecer brechas y oportunidades de mejoramiento, con el fin de entregar un plan que aborde las mejores prácticas en términos de procesos de gestión de mantenimiento.

Por otro lado, se generó la propuesta de un plan, que permita aumentar la disponibilidad sistémica de la planta concentradora, por lo cual se realizó un estudio de las mayores pérdidas que afectan a la disponibilidad y continuidad de marcha de los principales activos. Lo anterior, al igual que la estrategia, sometido a una evaluación económica, que indica su factibilidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad estratégica, técnica y económica de un Plan Estratégico para la Gerencia de Mantenimiento en Codelco División Andina, que permita aumentar en al menos 4,6 puntos la disponibilidad Sistémica de la planta Concentradora, equivalente a US\$ 52 millones anuales de tratamiento de mineral, medido al término de un plazo de 3 años.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento
- Identificar y evaluar oportunidades y brechas existentes
- Identificar los riesgos potenciales que afectan la Gerencia
- Diseñar Estrategia de Gerencia de Mantenimiento
 - Sistema Operativo de Mantenimiento
 - Sistema de Gestión de Mantenimiento
- Definir requerimientos organizacionales para sostener la estrategia.
- Identificar oportunidades para aumentar al menos 4,6 puntos la disponibilidad sistémica promedio anual planta concentradora, equivalente a 52 millones de dólares por aumento de tratamiento de mineral en molienda, en un plazo de 3 años de operación de la nueva estrategia.
- Definir plan para aumentar disponibilidad de al menos 4,6 puntos la disponibilidad planta.
- Realizar evaluación de factibilidad económica de nueva estrategia para gerencia de mantenimiento, y del plan de aumento disponibilidad planta.

RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados de este trabajo son:

- Plan de implementación para aumentar la disponibilidad sistémica de la planta concentradora en al menos 4,6%.
- Generar Estrategia de Gerencia de Mantenimiento.
- Evaluación económica de plan de implementación y nueva estrategia, a través de indicador de costo de mantenimiento por tonelada de tratamiento mineral, actual versus proyectado.

ALCANCE

Este trabajo tiene como principal objetivo establecer un plan estratégico para la gerencia de mantenimiento, el cual considera diseño para soportar la gestión y operativización de los procesos del ciclo de mantenimiento en los equipos de la Gerencia de Plantas, considerando, plantas de flotación de mineral, plantas de molienda, plantas de chancado fino y plantas de chancado grueso. Sin embargo, será la base de implementación para en un desarrollo futuro considerar los activos pertenecientes a las Gerencias de Recursos Hídricos y Minas.

Para desarrollar la etapa inicial llamada diagnóstico, se analizará información y resultados de la compañía de los años 2017, 2018 y 2019, considerando las fuentes de información oficiales para la compañía, SAP y RMES Suite.

DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

Este trabajo se desarrollará en Corporación Nacional del Cobre, más conocida como CODELCO. Empresa estatal, reconocida como la principal productora de cobre en el mundo, quien a su vez le pertenecen las mayores reservas de este mineral en el mundo siendo estas un 6 % aproximadamente.

El negocio¹ de CODELCO es explorar, desarrollar y explotar recursos mineros, para procesarlos y producir cobre refinado y subproductos, para luego comercializarlos a clientes en todo el mundo.

Este negocio es operado por Codelco a través de ocho divisiones mineras: Chuquicamata, Ministro Hales, Radomiro Tomic, Gabriela Mistral, Salvador, Andina, El Teniente y la fundición y refinería Ventanas. Donde la estrategia corporativa es coordinada desde casa matriz ubicada en la ciudad de Santiago, por un directorio formado por nueve integrantes y el presidente ejecutivo de la empresa.

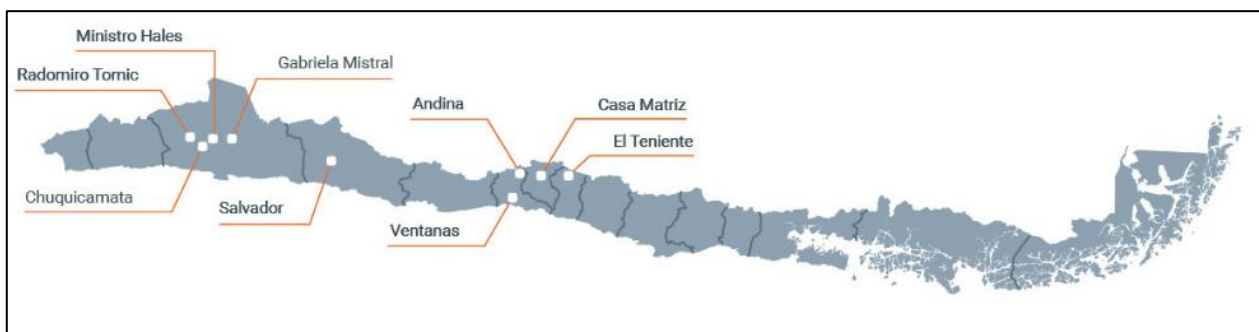


Ilustración 1. Distribución nacional de Operaciones de Codelco
Fuente: www.codelco.cl (CODELCO, 2020)

CODELCO Andina, es una de las divisiones operadas por Codelco, está ubicada en la ciudad de los Andes, Región de Valparaíso a más de 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, cuenta con

más de 1600 trabajadores propios, con operaciones de minería subterránea y a rajo abierto desde el año 1970.

MARCO CONCEPTUAL

El mantenimiento fundamentalmente es ejecutar acciones que permitan devolver y/o restaurar funciones en un activo para su desempeño de diseño, con la finalidad de conservar y valorizar estos activos que constituyen patrimonio de una compañía.

En la evolución de la actividad industrial se puede observar que el mantenimiento no es un área aislada del negocio, sino que una fuente importante de oportunidades de optimización de este, y a su vez un porcentaje relevante del costo del producto final.

En forma sistémica, podemos encontrar 3 aristas relevantes del mantenimiento, las cuales son:

- I. Modelo de Gestión de Mantenimiento
- II. Sistema Operativo de Mantenimiento, comúnmente llamado Ciclo de trabajo
- III. Estrategias operativas de Mantenimiento

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Dada la importancia de administrar de forma eficiente los activos de una compañía, desde hace más de 30 años se han propuesto diversos modelos de gestión de mantenimiento, los cuales han evolucionado en conjunto con las técnicas de mejoramiento continuo.

Año	Autor Modelos Gestión Mantenimiento
1990	Pintelon, L. & Van Wassenhove
1997	Riis, J. , Luxhoj, J. & Thorsteinsson
1998	Wireman, T.
2000	Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon Capmpbell, J.
2001	Hassanain, M.A., Froese, T.M. & Vanier, D.J.
2001	Campbell, J.D. & Jardine, A.K.S.
2002	Tsang, A.
2002	Waeyenbergh, G. & Pintelon, L.
2001	Murthy, D.N.P., Atrens, A. & Eccleston, J.A.
2004	Cholasuke, C, Bhardwa, R. & Antony, J.
2005	Abudayyeh, O., Khan, T., Yehia, S. & Randolph, D.
2006	Pramod, V.R., Devadasan, S.R., Muthu, S., Jagathyraj, V.P. & Dhakshina Moorthy, G.
2006	Kelly, A.
2007	Tam, A., Price, J. & Beveridge, A.
2007	Söderholm, P., Holmgren, M. & Klefsjö, B.
2007	Crespo Marquez A.
2010	López, M., Gómez, J.F., González, V., Crespo A.

Tabla 1. Autores de modelos de gestión de mantenimiento
Fuente: (Arata, *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*, 2005)

Los modelos de gestión tienen como objetivo velar por la eficiencia de los procesos, con focos importantes en los costos y control de los indicadores claves de este, direccionando los recursos,

administrando la estrategia y buscando oportunidades en el ciclo de trabajo y las estrategias operativas.

SISTEMA OPERATIVO DE MANTENIMIENTO, COMÚNMENTE LLAMADO CICLO DE TRABAJO

Como todo negocio, el mantenimiento debe administrar la gestión y operación de este, los modelos principalmente explican cómo gestionar de una manera eficiente los recursos del mantenimiento para llevar al desempeño esperado de los activos de una compañía, no obstante, también debe hacerse responsable de como operar la estrategia, integrando procesos que interactúen no sólo con los actores del mantenimiento, sino que también con stakeholder's relevantes en este negocio, como son áreas de clientes (Operaciones), y áreas proveedores (Administración, servicios, abastecimiento, empresas externas, recursos humanos, etc.). Por lo anterior, el mantenimiento no sólo ha evolucionado en términos de gestión, sino que también de forma operativa, a través de ciclos de trabajo, que modelan la interacción entre los actores claves de este negocio. El diagrama de la Ilustración 2, muestra un ejemplo de cómo se administra un conjunto de actividades de mantenimiento, desde la identificación de los trabajos a realizar, los procesos de planificación y la ejecución de este. La combinación de los distintos procesos de mantenimiento permite concretar con la ejecución de la actividad, una identificación de vulnerabilidad, falla u necesidad de atención de un activo, para mantener o devolver la función para la que este fue diseñado.

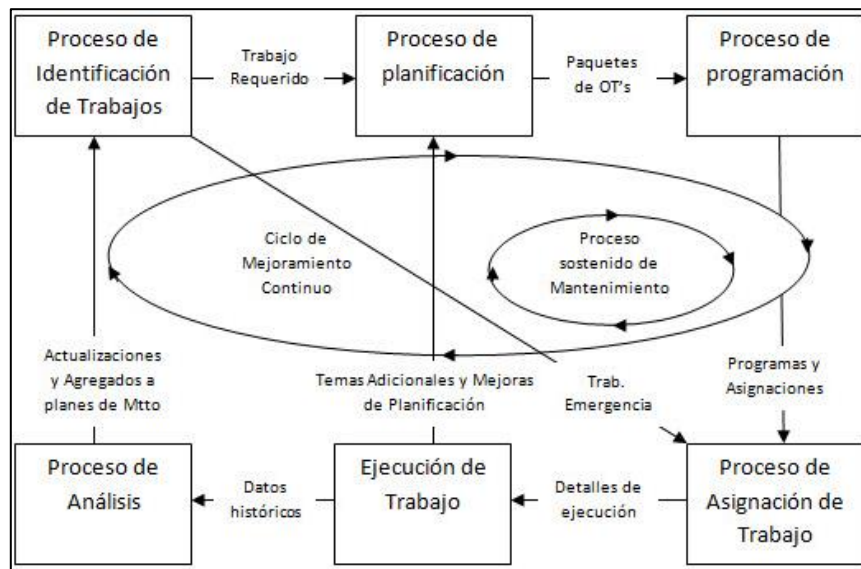


Ilustración 2. Ciclo de trabajo de Mantenimiento
Fuente: (Arata, *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*, 2005)

ESTRATEGIAS OPERATIVAS DE MANTENIMIENTO

Para ser cada vez más competitivos, las empresas se han visto en la obligación de flexibilizar sus sistemas productivos, con el fin de responder de mejor manera a mercados exigentes y cambiantes. Lo cual, ha llevado a la implementación de nuevas técnicas para gestionar sus operaciones, con el fin de aumentar la productividad de todas sus actividades, tanto productivas como de mantenimiento.

Para definir cuál es la mejor estrategia de mantenimiento, es importante conocer el proceso productivo, la configuración sistémica de los equipos, layout de planta, distancias, costos de materiales, repuestos, etc. Son muchas las variables que afectan la decisión de utilizar una u otra estrategia, además, de cómo se comporta el equipo, y los modos de falla que pudiesen afectar a este en el tiempo.

Un análisis importante a considerar en este tema, es el análisis de ciclo de vida de un activo, el cual permite evaluar de la mejor manera, la compra, mantenimiento y/o renovación de un activo, lo cual involucra un análisis económico de todo el horizonte de vida de cada proyecto, el cual puede ser evaluado en forma unitaria, o como sistema.

Estas estrategias no son eternas en el tiempo, sino que pueden cambiar en un equipo, dependiendo de su utilización, estado de conservación y además de su disposición en un sistema, además están condicionadas a su desempeño medido en distintos indicadores de mantenimiento, como son la disponibilidad, tiempos medios de falla y reparación, confiabilidad, costos de ineficiencia y otros.

Las estrategias de mantenimiento más utilizadas son:

Mantenimiento Correctivo

Este tipo de estrategia involucra intervención de sustitución y/o reparación de elementos condicionados por una falla. Generalmente no requiere de procesos importantes de planificación, cuando predomina este tipo de política, generalmente los inventarios son muy bajos, pero, los costos de ineficiencia son muy altos, particularmente por prolongación de tiempos de reparación y por baja disponibilidad de repuestos (Arata, Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales, 2009).

Mantenimiento Preventivo

Este tipo de estrategia tiene como objetivo reducir la probabilidad de ocurrencia de una falla, para evitar detenciones no planificadas en un proceso productivo. Este tipo de estrategia requiere de análisis de modos de fallas y elementos críticos (MAFEC), análisis de ciclo de vida de costos (LCC) y conocimiento de tiempos medios de reparación (MTTR).

Este tipo de estrategia tiene como principales ventajas la oportunidad de planificar la actividades de intervención, por lo cual, conlleva el conocimiento de los recursos a utilizar, y los tiempos medios de utilización para la actividad. Se reducen los costos de falla imprevista, se minimizan los

tiempos de intervención, con ello aumenta la disponibilidad, y mantiene condiciones de seguridad más apropiadas para quienes operan los activos.

La definición de criticidad de los activos, es un elemento clave al momento de decidir si la estrategia óptima es correctiva o preventiva.

Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento es muy parecido al preventivo de edad constante, pero este no se ejecuta a frecuencia establecida, sino que, a la evidencia de un síntoma u visualización de anomalía en el equipo. Este tipo de mantenimiento promueve la maximización de utilización del equipo sin intervención, disminuyendo los costos como principal ventaja, pero sujeto a una falla anticipada en el caso que la planificación no llegue a tiempo una vez detectado el síntoma. Para poder atender de manera correcta este tipo de política, se debe acompañar con inspecciones constantes de los equipos, la cual puede ser visual o a través de alguna técnica u ensayo.

Mantenimiento Productivo

Esta política es una herramienta preventiva, pero, además con una componente importante de mejoramiento, donde a través del desempeño del equipo motiva las modificaciones sistémicas de los equipos, con estrategias optimizadas y combinadas según modo de falla, la cual por definición no involucra la materialización de inversiones de capital.

Para poder adoptar la mejor política u estrategia, se requiere el conocimiento de los costos globales de intervención, tales como costos directos, indirectos y de ineficiencia. A su vez las tasas de fallas de los activos que indicaran la frecuencia con la que un equipo pierde su función o disminuye su desempeño real respecto de su nominal de diseño.

PRINCIPALES ROLES EN MANTENIMIENTO

Para el correcto funcionamiento del ciclo de mantenimiento, el cumplimiento y operativización de los procesos, es necesario conocer los principales roles que ejecutan las actividades desde la identificación de actividades hasta la ejecución y análisis de la misma. Los roles más relevantes son:

Ingeniería de Confiabilidad (Arata, Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento, 2005), área encargada de crear y actualizar el plan de mantenimiento óptimo para mantener la performance de los activos de responsabilidad, mantener alta disponibilidad de los equipos, a un bajo costo en el ciclo de vida del activo. Desarrollar estándares, y analizar las oportunidades de mejora a través del seguimiento de indicadores claves de mantenimiento.

Planificación de Mantenimiento, responsables de la asignación de recursos para el plan de mantenimiento, mantener una efectiva administración de repuestos, reparables y materiales. Encargado de planificar y programar las actividades en el ciclo de trabajo.

Ejecución de Mantenimiento, área a cargo de la ejecución de las actividades planificadas y no planificadas de mantenimiento, realizando trabajos de calidad de acuerdo a los procedimientos y estándares de mantenimiento de los equipos.

DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS DESEMPEÑO ACTUAL SISTEMA OPERATIVO DE MANTENIMIENTO

El sistema operativo, es un modelo basado en el ciclo de trabajo de mantenimiento, el cual contiene 6 procesos relevantes desde la identificación de actividades hasta el proceso de análisis. La últimas variaciones como por ejemplo 2015, identificó todas las actividades que se deben realizar en las distintas unidades de mantenimiento, y en el año 2018 (SOMA), se realiza un cambio particularmente con una operativización del modelo establecido, el cual busca definir de mejor manera los límites de trabajo de las áreas y entregar mayor claridad de los roles y funciones. Con un enfoque más amplio en el mantenimiento, gestionar los activos, involucrando de una forma más integral los tres principales actores en el mantenimiento, Ejecución, planificación y Confiabilidad.

Para evaluar cómo ha operado el SOMA es importante revisar algunos indicadores que muestran el desempeño de las acciones en conjuntas de todo el ciclo de trabajo, los cuales son dependientes de las superintendencias.

Área	Confiabilidad	Planificación	Ejecución
	Disponibilidad	Disponibilidad	Disponibilidad
KPI	Cumplimiento PM	% Trabajo Planificado	Cumplimiento PM
	% trabajo Imprevisto	-	Cumplimiento Programa
	MTBF	-	MTTR

Tabla 2. Indicadores de mantenimiento por superintendencia
Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad Sistémica Planta

La disponibilidad Programada, es el resultado de la programación de producción esperada. En un año de trabajo, se planifican las detenciones mayores y rutinarias.

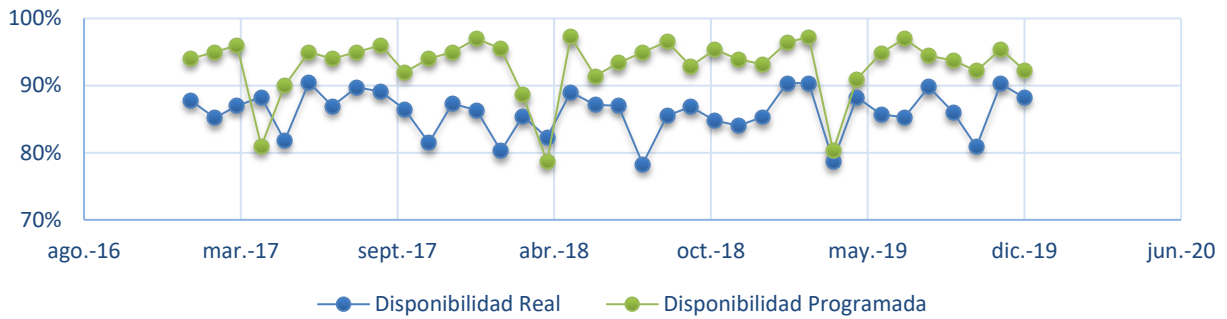


Gráfico 1. Disponibilidad real v/s disponibilidad programada
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico 1, los 3 puntos con menor disponibilidad programada, corresponden a las mantenciones mayores, con detención total de planta, las cuales pueden variar entre 100 a 130 hrs. en algunos casos dependiendo de las actividades que se requiera en las plantas. La disponibilidad promedio real en el periodo observado es de 86%.

En general, durante todo el periodo revisado, se observa una diferencia promedio de 7 puntos porcentuales de disponibilidad.

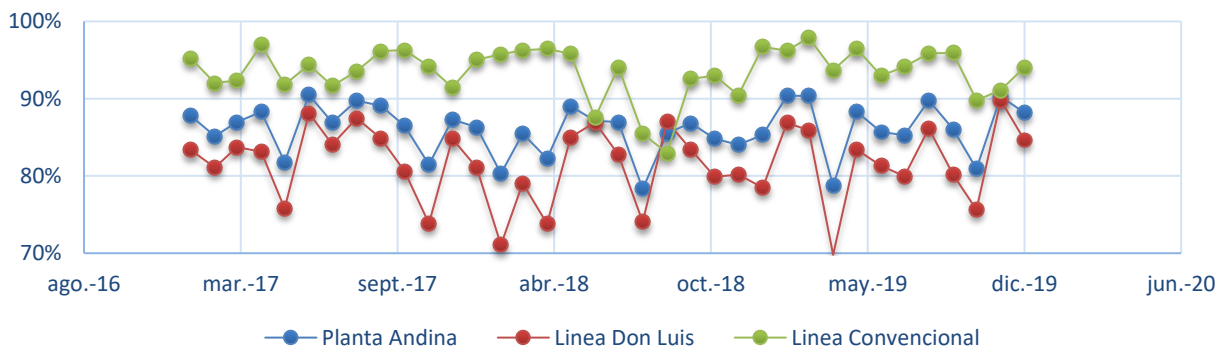


Gráfico 2. Disponibilidad Planta y líneas
Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad	2017	2018	2019
Sistémica Planta Completa	87%	85%	87%
Línea Don Luis	83%	80%	82%
Línea Convencional	94%	92%	94%

Tabla 3. Disponibilidad Planta y líneas.
Fuente: Elaboración propia

Dado que la disponibilidad real medida es sistémica, se debe observar las disponibilidades por las líneas que la componen. Como muestra el gráfico 2, la disponibilidad de la línea convencional es mayor en todo el periodo que la línea Don Luis, esto debido a que las pérdidas asociadas a

detenciones de equipo, impactan menos en la línea, dado que se componen de mayor cantidad de secciones en el área de molienda, y a su vez en chancado, con ello, las pérdidas que pueda generar un equipo, impactan menos en el cálculo de la disponibilidad sistémica de la línea. Además, la distribución de tratamiento de mineral hace que pondere en mayor medida en la disponibilidad sistémica, la disponibilidad de la línea Don Luis, debido a que tiene un mayor volumen de tratamiento de mineral por hora, equivalente a un 60% aproximado del total planta.

Cumplimiento Plan Matriz (PM)

El plan matriz, son todas las actividades de mantenimiento que aseguran mantener la función de un activo. Este plan, está compuesto por distintas actividades que disminuyen la probabilidad de falla en un subsistema del activo, y con ello, evitando que se presente un modo de falla, que cause la indisponibilidad de este.

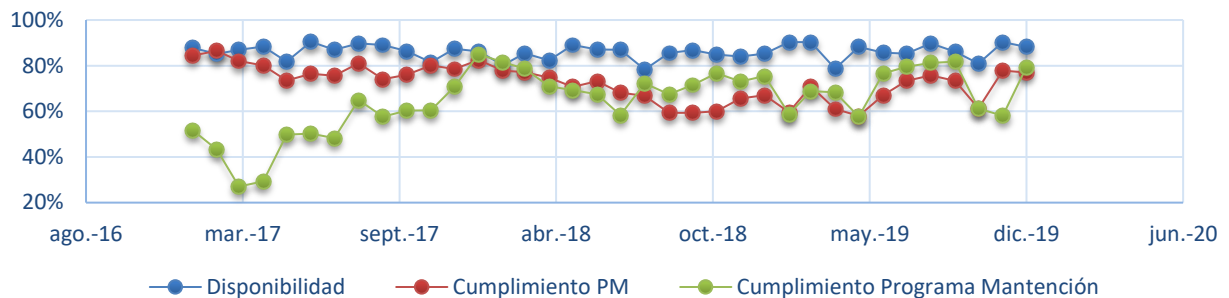


Gráfico 3. Disponibilidad - Cumplimiento PM - Cumplimiento Programa
Fuente: Elaboración propia

El cumplimiento del PM ha bajado desde el primer a último año observado, con disminución notable de su cumplimiento, lo cual tras analizar cada año en particular se debe a diferentes factores, años 2017 y 2018 se presentan un alto número de actividades no programadas como imprevistos, mayor cantidad de trabajos mayores, los cuales son obstáculo por tiempo y recurso destinado a realizar las actividades, además de la baja adherencia en la notificación de actividades. Y con un bajo cumplimiento de un plan matriz, el cual deja vulnerable los equipos, dado que no se ejecutan actividades que tienen por objetivo disminuir la probabilidad de presentarse un modo de falla.

La relación (promedio periodos 2017 - 2019) entre mantenimiento planificado y correctivo es 1:3. Los promedios anuales en términos de porcentaje se pueden observar en el gráfico 4.

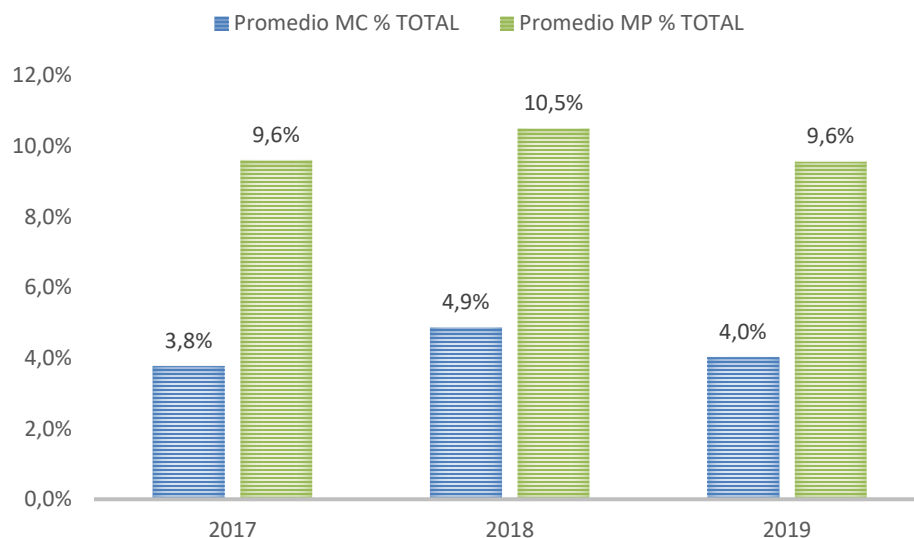


Gráfico 4. Mantenimiento Planificado v/s Correctivo
Fuente: Elaboración propia

Además de la relación que existe entre ambos tipos de detenciones, se puede observar la diferencia porcentual entre la indisponibilidad programada de la planificación anual, respecto al tiempo planificado real, el cual en promedio es de un 3%.

Cumplimiento Programa de Mantenimiento

El Programa de mantenimiento, incluye todas las actividades previstas de Plan Matriz (PM) en el tiempo programado, y además actividades correctivas que son levantadas a través de un aviso de avería en SAP, y actividades de preparativos para mantenimientos futuros. Estas actividades obedecen a un proceso, el cual define su programación al tener todos los recursos asociados para su correcta ejecución para el día programado.

En la tabla 4, se puede observar el porcentaje de cumplimiento del programa entre los años 2017 a 2019, el cual tuvo una evolución importante, dado que la adherencia al programa en el año 2017 tuvo muchas bajas, particularmente por falta de notificación correcta de actividades y por no ejecución de las actividades correctivas programadas de resultado de las inspecciones.

% Cumplimiento	2017	2018	2019
Programa Mantenimiento	51%	73%	71%
Plan Matriz	79%	70%	69%

Tabla 4. Cumplimiento programa mantenimiento y PM periodo 2017-2019
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado el alto número de actividades no programadas (NP), impedía realizar actividades planificadas, dado que se debían destinar recursos para resolver estos imprevistos, por sobre lo planificado, para mantener la continuidad operacional, con ello, realizando quiebres de plan, mermando el trabajo planificado. Sin embargo, al priorizar las actividades se privilegiaban el plan matriz, donde se puede observar un cumplimiento por sobre al 70%.

Sistema Operativo de Mantenimiento

El desempeño en los últimos 3 años ha sido variable, considerando que no se ha alcanzado estabilidad en los compromisos establecidos de los programas de mantenimiento, entendiéndose que el plan matriz no supera un cumplimiento del 80% esperado, y el programa de mantenimiento no ejecuta el 30% de lo programado. Este sistema operativo está con el respaldo del área corporativa de la compañía, bajo la nueva política corporativa de mantenimiento, cuya política apalanca los procesos corporativos documentados para la operativización del sistema operativo.

ANÁLISIS DESEMPEÑO DE ACTIVOS CRÍTICOS

En la Gerencia de Plantas se mantiene identificado un total de 21 activos considerados como críticos, estos debido a su posición dentro de la configuración planta, la capacidad de mineral procesado y principalmente el impacto frente a una detención programada y especialmente no programada.

Para comenzar el análisis, es importante conocer el resultado global de operatividad y eficiencia de la planta concentradora.

En el análisis global en el período 2017-2019, se puede observar principalmente dos elementos importantes, Tiempo disponible y el tiempo de uso, los cuales nos llevan a los indicadores de disponibilidad y utilización. Es importante destacar que se visualiza de mejor manera las pérdidas realizando un análisis desde molienda hacia chancado, para poder detectar que afectó a la continuidad de marcha de los molinos.

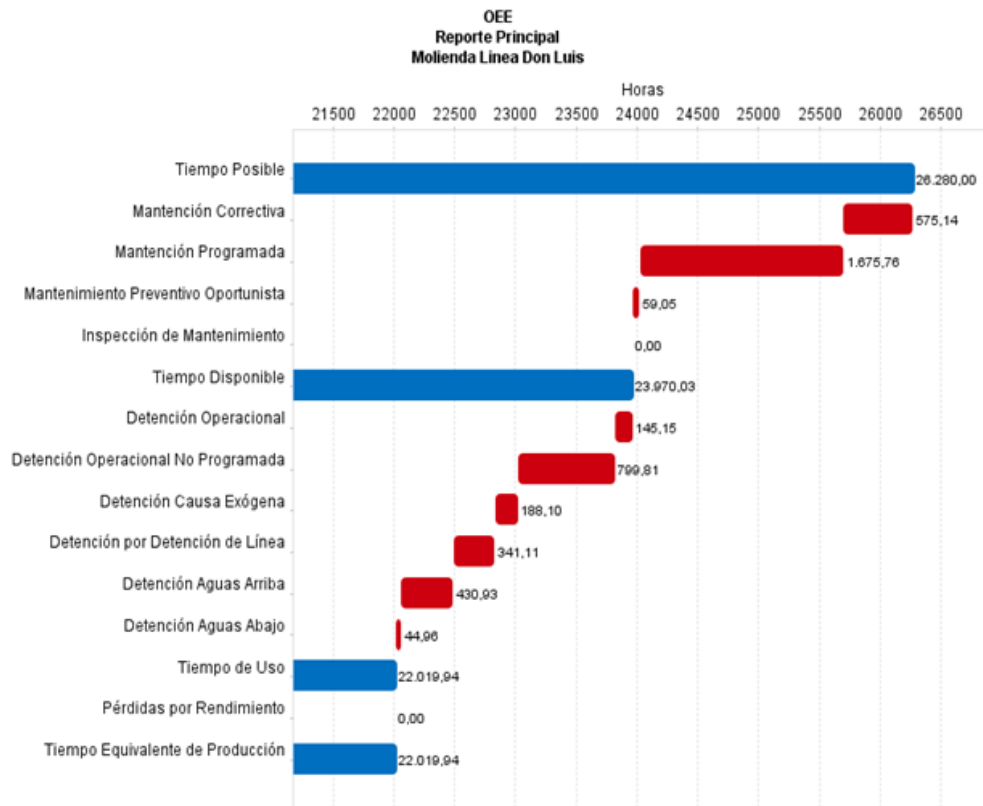


Gráfico 5. OEE Molienda Línea Don Luis
Fuente: Elaboración propia – RMES Suite

En el gráfico 5 se puede apreciar que el OEE principalmente se ve afectado por Mantenimiento Correctivo y planificado, generando una Disponibilidad de 87%. Por otro lado, desde la utilización, esta se ve afectada en mayor medida por detenciones operacionales no programadas y detenciones aguas arriba en la línea, los cuales son detenciones principalmente en las plantas de chancado de la línea Don Luis.

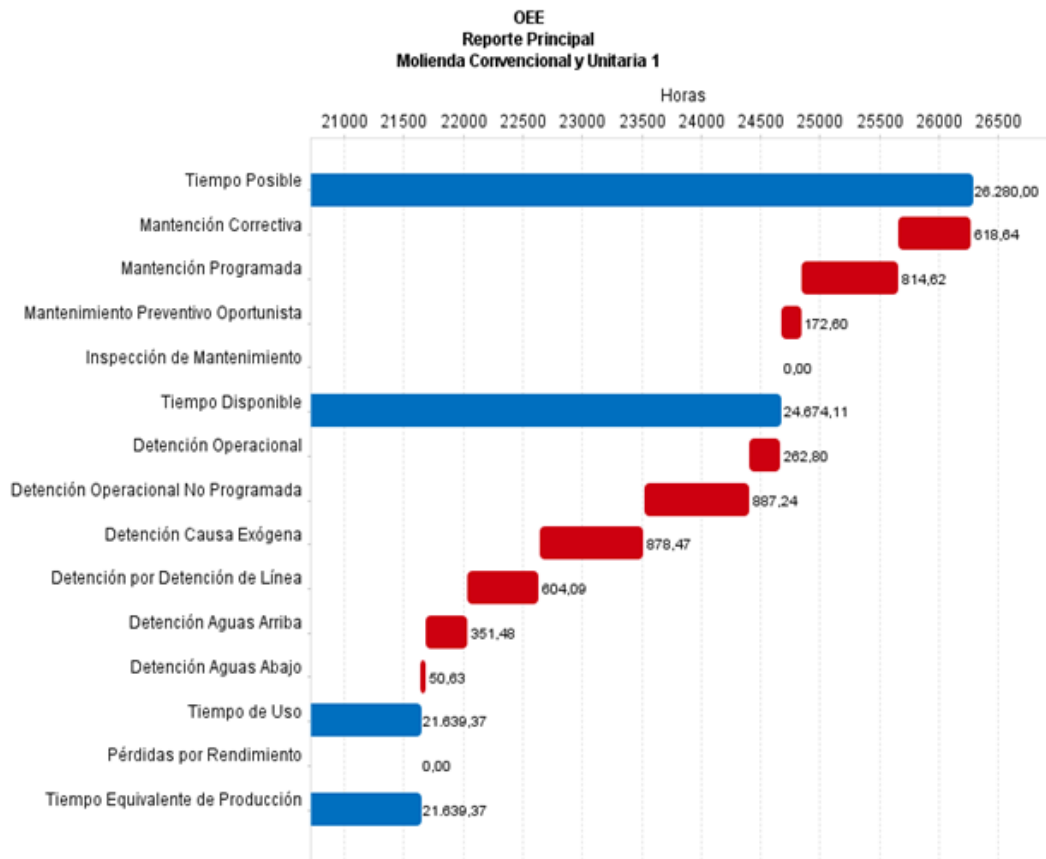


Gráfico 6. OEE Molienda Línea Convencional
Fuente: Elaboración propia – RMES Suite

En el gráfico 6. Se puede apreciar que el OEE de la Molienda convencional se ve principalmente afectado por el Mantenimiento Correctivo y planificado, con ello manteniendo una disponibilidad del 93,8%. Además la utilización se ve mermada por detenciones operacionales no programadas, detenciones por causas exógenas y detenciones por detención de la línea aguas arriba.

Tal como se ve en los gráficos de OEE, las detenciones por mantenimiento programado y correctivo afectan en al menos 13 y 6 puntos de disponibilidad para las líneas Don Luis y Convencional respectivamente.

Factores importantes en esta baja de disponibilidad son los impactos que generan los equipos críticos en estas líneas, por lo cual se centrará el análisis en las pérdidas ocasionadas por estos equipos.

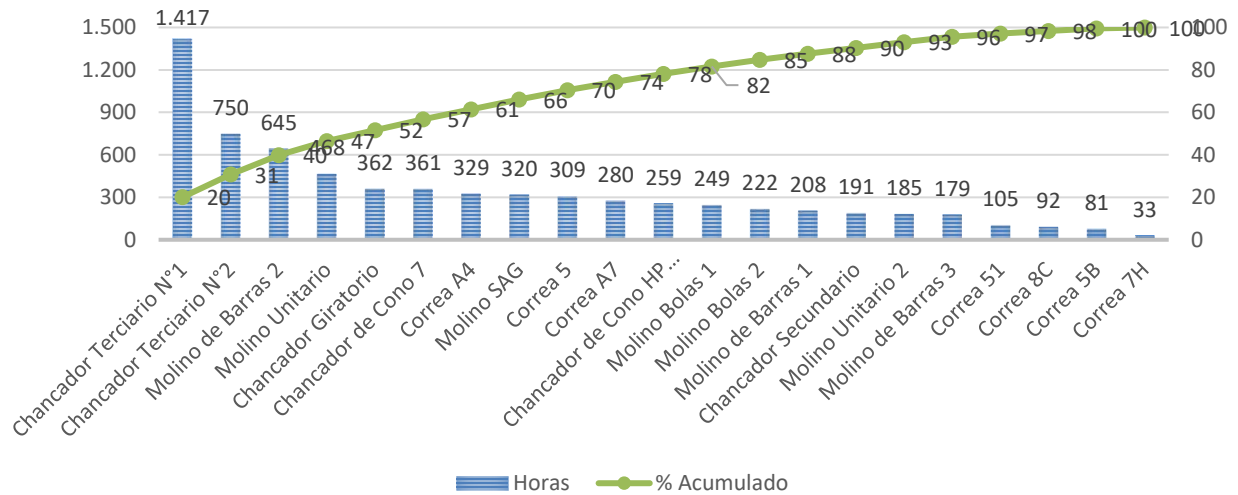


Gráfico 7. Pareto Pérdidas Horas Equipos Críticos
Fuente: Elaboración propia – RMES Suite

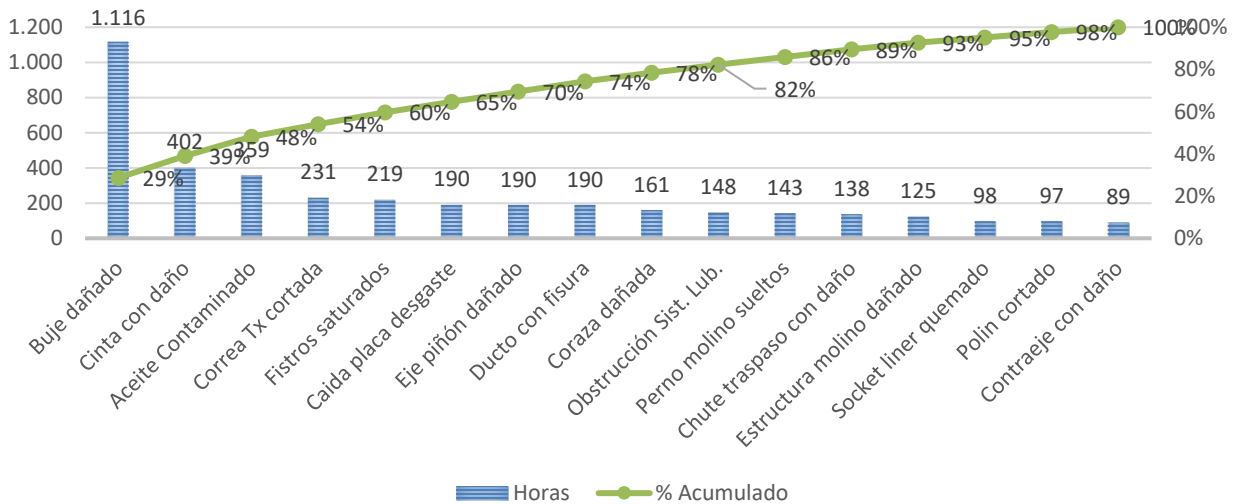


Gráfico 8. Pareto Fallas Equipos Críticos Planta
Fuente: Elaboración propia – RMES - Suite

Como se aprecia en el gráfico 8 (Anexo 1). Las principales detenciones correctivas de los equipos críticos son por Mantenimiento Mecánico, seguido por Mantenimiento de Lubricación. Las cuales se presentan de la siguiente manera:

Para poder identificar las causas directas que afectan a estos equipos, se utiliza metodología Lean a través de la resolución de problemas, con el análisis de los factores más relevantes que ocasionaron las múltiples detenciones imprevistas (Anexo 3).

De los análisis realizados, se puede observar que se repiten causas en los diferentes análisis a los equipos.

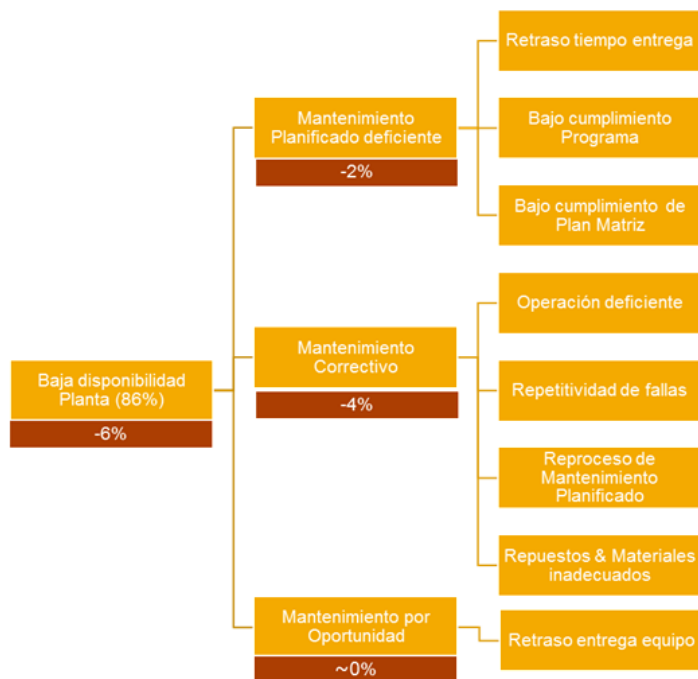


Gráfico 9. Causas frecuentes de pérdidas en análisis equipos
Fuente: Elaboración propia

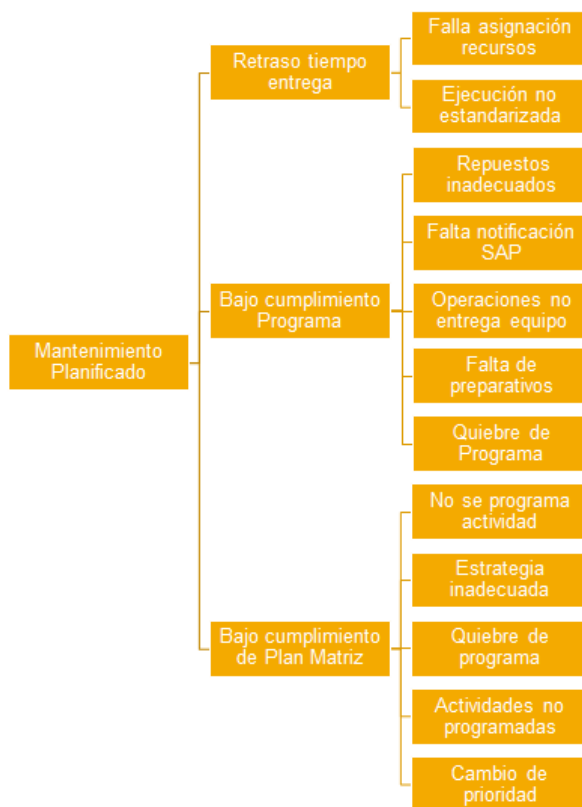


Gráfico 10. Pérdidas en Mantenimiento Planificado
Fuente: Elaboración propia



Gráfico 11. Pérdidas en Mantenimiento Correctivo
Fuente: Elaboración propia

Las vulnerabilidades son levantadas por los integrantes de cada especialidad en su planta respectiva, al cual se le asocia un Plan de Acción posterior a realizar un análisis causa raíz.

El seguimiento es deficiente, no se concretan los planes de acción en los plazos definidos.

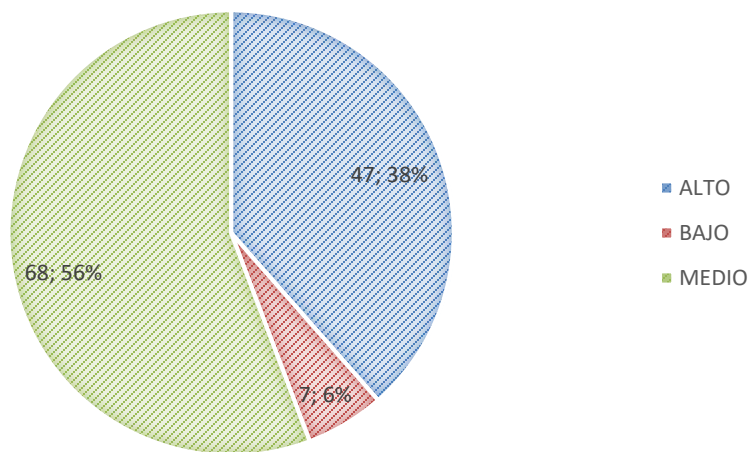


Gráfico 12. Vulnerabilidades en Planta Concentradora
Fuente: Elaboración propia

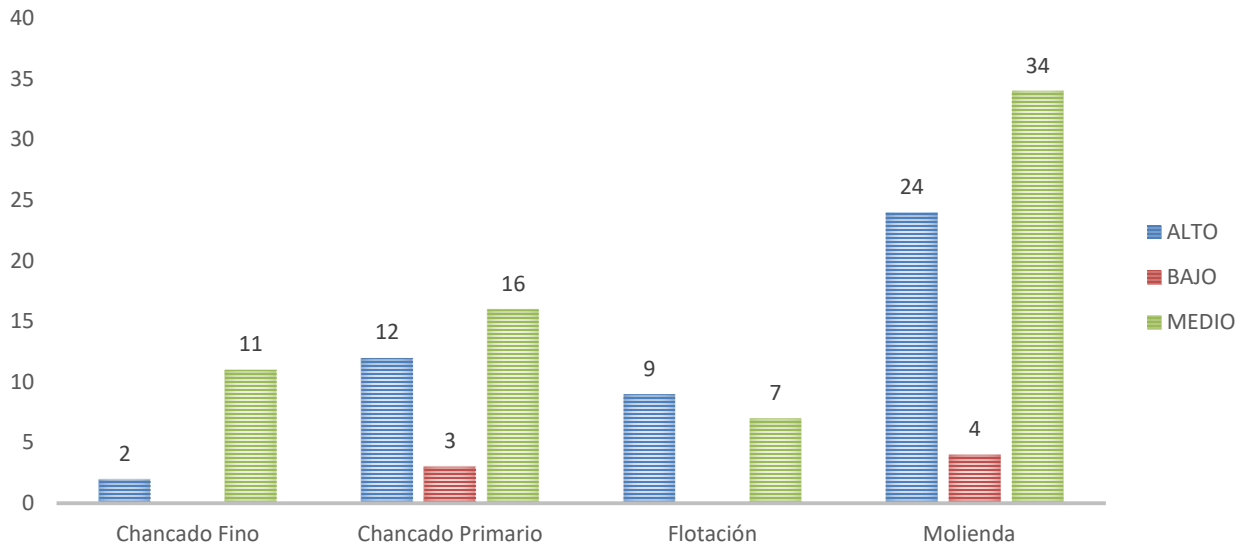


Gráfico 13. Vulnerabilidades por Planta
Fuente: Elaboración propia

El mayor número de vulnerabilidades que comprometen la continuidad operacional, se concentran principalmente en el área de molienda (ver gráfico 13), área de procesos que debe mantener la mayor disponibilidad, dado que está al término de la línea productiva donde se mide la disponibilidad sistémica planta. De estas vulnerabilidades se han realizado planes de acción de los cuales se mantienen el 45% de los planes sin ejecutar, donde existen fallas reiteradas, por lo tanto sin no están realizadas las acciones, el riesgo se mantiene. Además se observa que en distintos planes de acción se mantiene más de un responsable, diluyendo la responsabilidad de la acción.

ANÁLISIS RESULTADOS ACTUAL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para realizar un análisis del plan de mantenimiento, es importante considerar resultados en disponibilidad, relación de mantenimiento correctivo y planificado, y el estado de los activos.

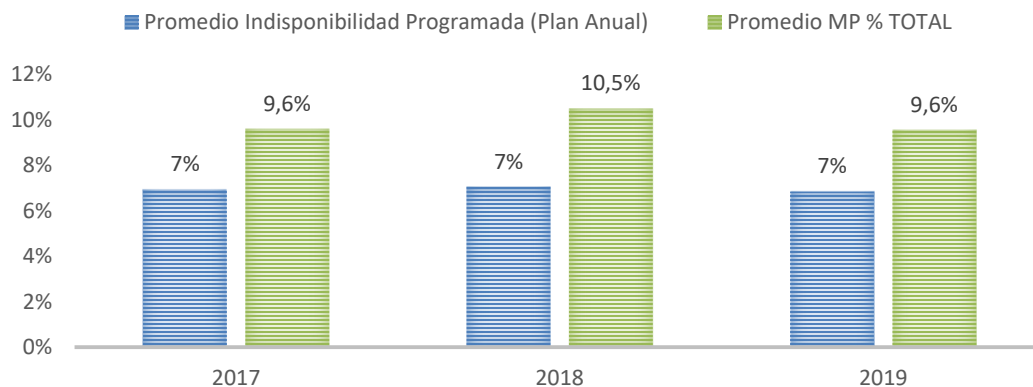


Gráfico 14. Promedio Indisponibilidad Programada / Mantenimiento Planificado Corto Plazo
Fuente: Elaboración propia

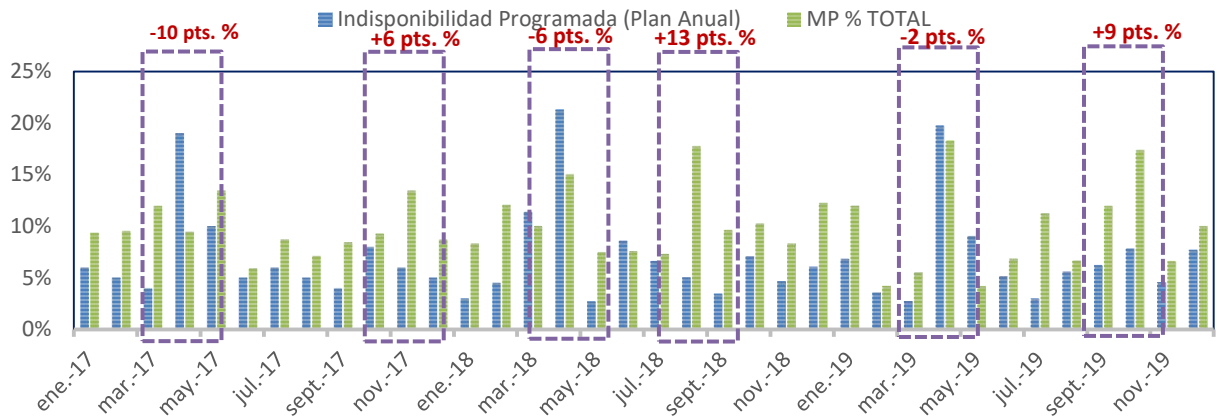


Gráfico 15. % Indisponibilidad Programada / % Mantenimiento Planificado
Fuente: Elaboración propia

Las desviaciones más relevantes se encuentran en los meses de abril y entreseptiembre a octubre, esto debido a la planificación de los mantenimientos mayores.

En el gráfico 14, se puede observar que en el periodo analizado se mantiene una diferencia de 3 pts. Porcentuales de disponibilidad programada de corto plazo por sobre la programada anualmente según planificación de producción.

En el gráfico 15, se observa que ocurre un efecto contrario en uso de horas disponibles de mantenimiento, entre el mantenimiento rutinario y el mantenimiento mayor (Meses de abril en cada año). En el mantenimiento mayor no se utiliza el total de horas programadas, y en el mantenimiento rutinario, se utiliza más horas disponibles de lo programado.

El plan de mantenimiento actual no cubre todos los elementos necesarios para obtener la disponibilidad requerida por la planta para cumplir el plan productivo, considerando que a esta indisponibilidad se debe sumar las horas por mantenimiento correctivo (promedio 4,3%). La explicación a esta brecha es que no se cuenta con HH necesarias para cubrir las actividades de mantenimiento consideradas y los activos requieren de más horas a lo planificado. La estrategia de detención no es la adecuada, dado que no se utiliza todas las horas disponibles en el mantenimiento mayor, mostrando que no está alineada la estrategia de mantenimiento rutinario con mantenimiento de largo plazo, además el cumplimiento del plan de mantenimiento está por debajo del estándar (80%).

ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento liderado por sus tres superintendencias, tiene un presupuesto el cual se elabora a mediados del año anterior a ser otorgado. El presupuesto para el año 2018 y 2019, tuvieron una rebaja de un 4% y 8% respectivamente, en relación al presupuesto aprobado para el año 2017. Lo anterior es de suma relevancia, considerando que los planes de mantenimiento no se están cumpliendo en el periodo analizado y los activos mantienen condiciones vulnerables.

En cuanto al comportamiento del gasto real para el periodo 2017 - 2019, se obtuvo un 2,3% por debajo del valor presupuestado, ver Gráfico 16. El gasto de mantenimiento en la gerencia de

plantas, representa un 11,2% en promedio del costo de operación divisional del periodo 2017 a 2019.

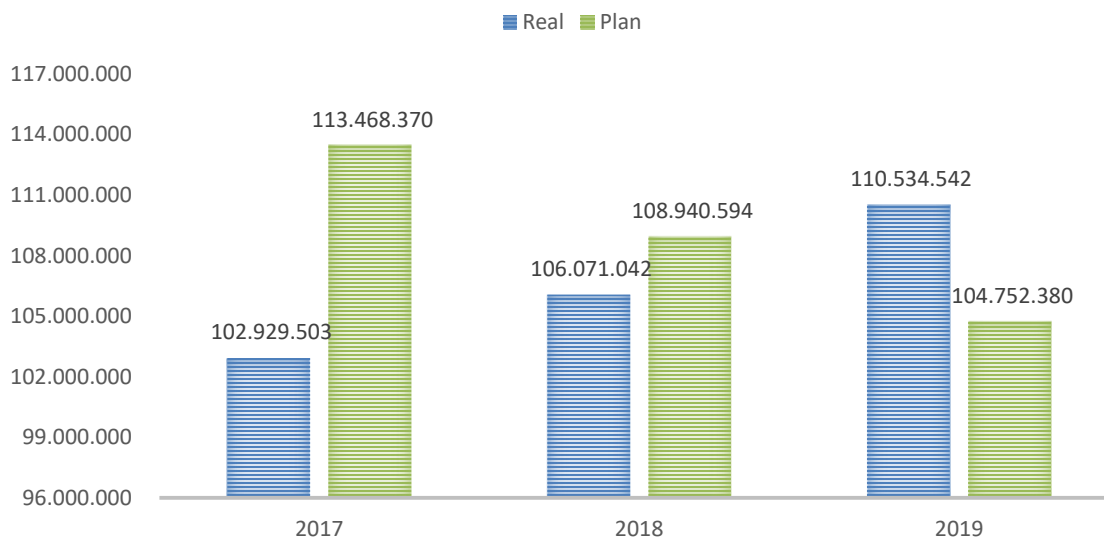


Gráfico 16. Presupuesto v/s costo real de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

Las cuentas que tienen mayor participación en el gasto de mantenimiento son la cuenta de materiales y repuestos con un 40% de participación, y a su vez la cuenta de servicio terceros, donde se mantienen 3 contratos importantes de servicios de mantenimiento, alcanzando un 43% del gasto total como se muestra en el gráfico 17.

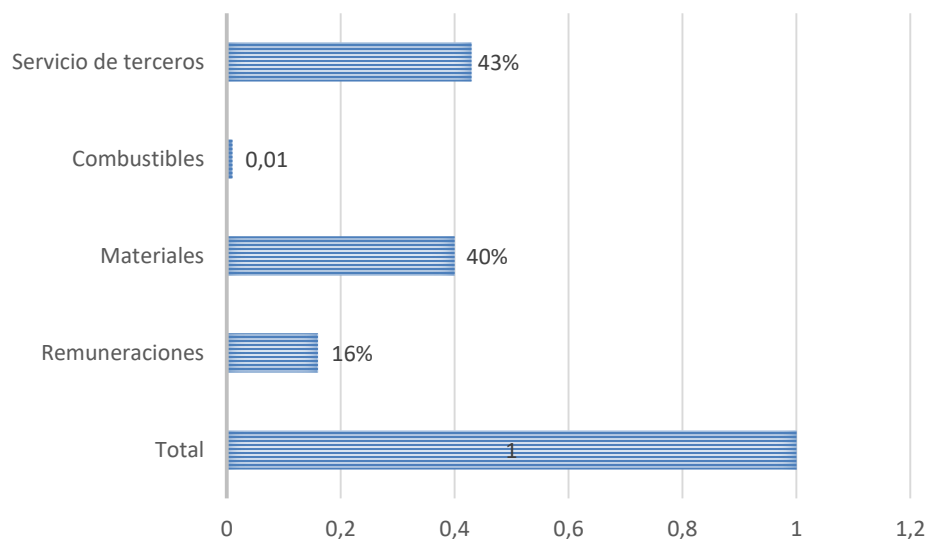


Gráfico 17. Participación de cuentas mayores en presupuesto de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

A pesar de que el gasto acumulado en el periodo es inferior al presupuestado, existen múltiples variaciones en forma mensual, esto debido a cambios de mantenimientos mensuales, transfiriendo el consumo de repuestos y servicios de terceros, cuenta donde se visualizan las mayores desviaciones.

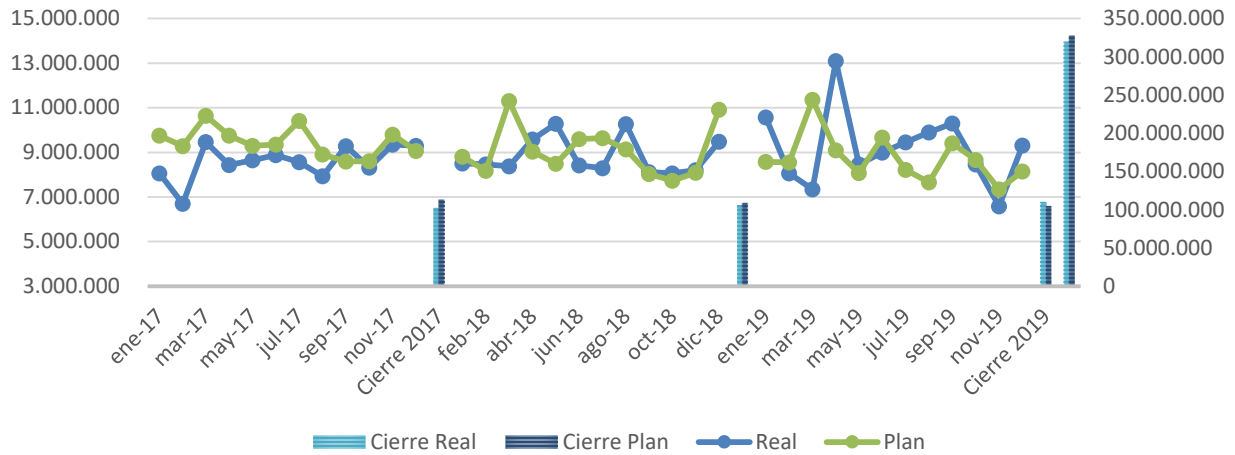


Gráfico 18. Costos Mantenimiento 2017 – 2019
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

El costo de mantenimiento para la gerencia de plantas, representa en promedio un 11% del costo total de operación de la división, siendo este un factor importante al evaluar la estrategia una vez realizado el diseño.

El costo del mantenimiento en la gerencia de plantas representa en promedio un 9,7% del costo total de la división andina.

	2017	2018	2019
Costo Mantenimiento	102.929.503	106.071.042	110.534.542
Costo División	1.126.396.000	1.130.494.000	1.031.420.000
% Participación	9%	9%	11%
EBITDA	433.218.000	207.349.000	48.347.000

Tabla 5. Comparación participación de costos mantenimiento gerencia de plantas y división.
Fuente: Elaboración propia, información división - (Corporación Nacional del Cobre, 2019)

En cuanto al aporte al resultado del negocio, en los años 2017 y 2018, el costo de mantenimiento fue menor al presupuestado, impactando en forma positiva en 10,5 y 2,9 MMUS\$ respectivamente. Contrariamente en el año 2019, dado que se generó un sobre costo en mantenimiento, este impacto negativamente en el resultado del EBITDA en 5.7 MMUS\$.

ANÁLISIS DE ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO

La estructura organizacional de mantenimiento dividida por tres superintendencias dependientes de la Gerencia de Plantas, la cual también tiene la responsabilidad de dirigir la operación (Anexo 2). El personal que opera en el mantenimiento y en la División Andina está compuesto por tres estamentos:

ROLE : Ejecutivos

ROL A : Supervisores con y sin personal a cargo, superintendentes y directores.
 ROL B : Mantenedores, analistas y supervisores de primera línea.

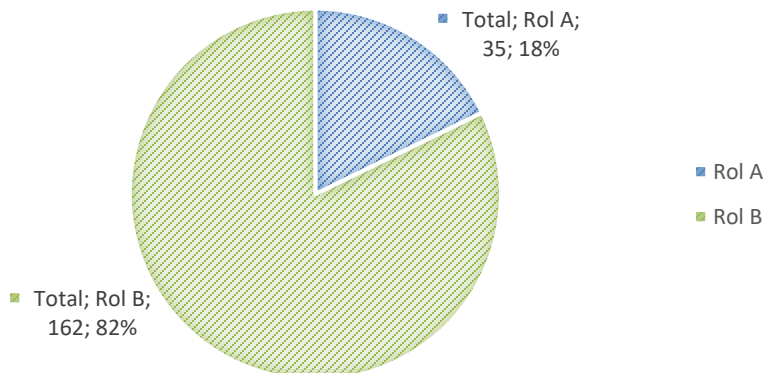


Gráfico 19. Distribución de personal según rol
 Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP – Maestro de personal

La distribución del personal está como indica el gráfico 19, 162 personas en el ROL B, y 35 personas en el ROL A. Los cuales se distribuyen de acuerdo a los cargos en sus respectivas unidades organizacionales.

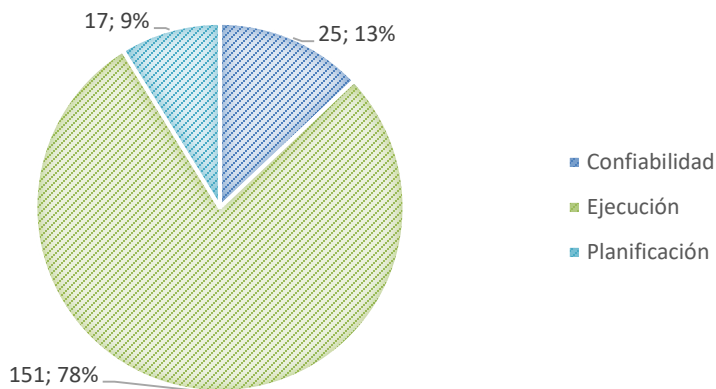


Gráfico 20. Distribución de personal según superintendencia
 Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP – Maestro de personal

La superintendencia con mayor dotación es Ejecución de Mantenimiento, debido que se concentra todo el personal que ejecuta las actividades de mantenimiento en la planta, estos en sus tres especialidades, Mantenedores mecánicos, electricistas e instrumentistas.

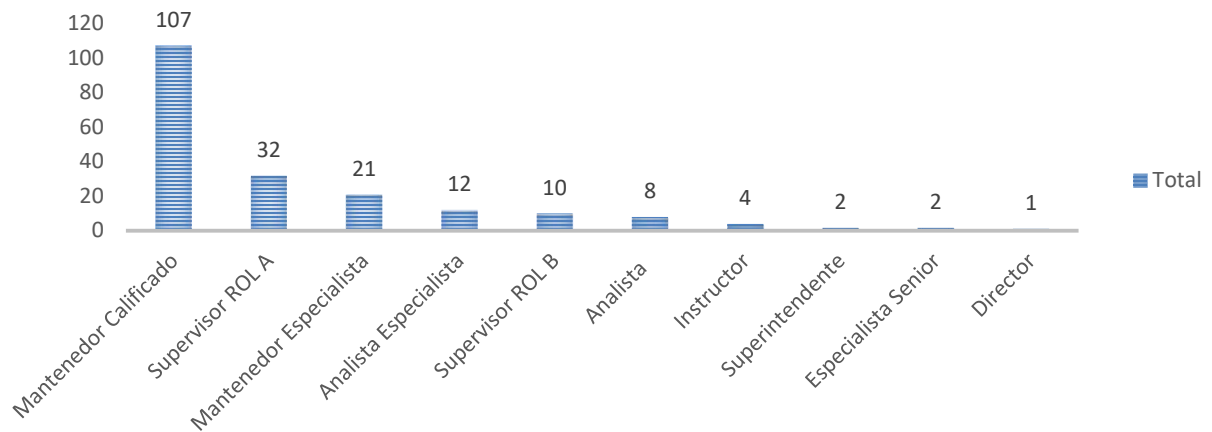


Gráfico 21. Distribución de personal por rol organizacional
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP – Maestro de personal

Los roles ejercidos en la organización están definidos según la necesidad de las áreas operativas, el desarrollo de carrera no está totalmente definido, por lo cual no existe una línea de crecimiento claramente definido para cada rol.

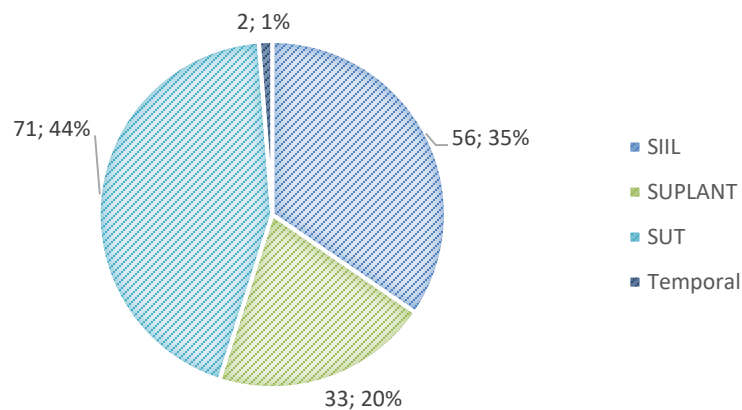


Gráfico 22. Distribución de personal ROL B según sindicato
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP – Maestro de personal

La distribución del personal de mantenimiento según sindicato, es importante, dado que ante eventos no deseados con desacuerdo entre la administración y la organización sindical, se debe asegurar una dotación mínima de mantenedores en las plantas para asegurar la continuidad operacional, sin embargo, actualmente no está organizado de tal forma.

ANÁLISIS PRINCIPALES CONTRATOS DE MANTENIMIENTO

Los contratos expuestos, prestan servicios de mantenimiento a equipos de la Gerencia de Plantas, bajo la administración de un especialista dependiente de las superintendencias de mantenimiento en cada uno de los casos. La importancia del seguimiento de estos contratos, se debe a que contiene una participación importante en el presupuesto de mantenimiento (43%) y a su vez en el FTE, dado que son intensivos en mano de obra.

Contrato Servicio Integral de Mantenimiento

Este contrato aborda las tres especialidades de mantenimiento requerida por los equipos, cuyo foco es la ejecución de las actividades rutinarias de mantenimiento. De acuerdo a la gestión de este, tiene una satisfacción de servicio sobre lo aceptable por el cliente externo, sin embargo, mantiene oportunidades en término de competencias del personal técnico del servicio en detección de desviaciones de actividades no programadas, finalizando en reproceso de mantenimiento, particularmente en intervenciones de baja complejidad. Respecto a su avance en términos financieros se encuentra en línea el valor real y presupuestado, igualmente el FTE (**Full-Time Equivalent**).

Contrato Servicio Cambio de Revestimientos

Contrato para cambio de revestimiento de Molinos, actividad de baja complejidad, intensiva en uso de personal, y mantenimientos de larga duración. El 90% de los encuestados considera que el nivel de servicio es aceptable, y financieramente este contrato se encuentra en línea con lo presupuestado, pero no así el FTE, con una desviación desfavorable en un 50%.

Contrato Servicio Cambio y reparaciones cintas

La reparación, cambio e inspección de las cintas transportadoras es ejecutado con este contrato, en el cual el 100% de los encuestados considera que el nivel de servicio es satisfactorio. Mantiene un avance financiero en línea y FTE levemente bajo lo presupuestado.

ANÁLISIS BENCHMARKING DE PRINCIPALES KPI'S DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de productividad y mantenimiento miden la eficiencia de los procesos y organizaciones, con el objeto de mantener niveles de producción nominal, al menor costo de operación.

Es importante comparar la gestión del mantenimiento en esta planta, con los valores promedio y altos de la industria, para detectar brechas y establecer planes de acción que permitan mejorar el desempeño de las líneas productivas.

En la tabla 6, se realiza una comparación de indicadores locales, versus indicadores obtenidos de un Estudio de productividad en la gran minería del cobre

KPI	Benchmarking*	Codelco Andina
Disponibilidad Planta	91%	86%
Utilización	98%	85%
Eficiencia Global	89%	67%
Disponibilidad Chancado	90%	86%
Disponibilidad Molienda	91%	91,7%
% Mantenimiento Planificado	5,3%	10%
% Mantenimiento Correctivo	3,7%	4%

Tabla 6. Comparación indicadores benchmarking v/s indicadores locales.
Fuente: Elaboración propia con indicadores (*Consulting, 2016*)

Como se observa en la tabla, hay una brecha relevante en el principal indicador que se persigue en este trabajo, la disponibilidad global de planta concentradora, con 5% por debajo del promedio del estudio. En el análisis preliminar se puede observar que particularmente por el tiempo destinado a realizar mantenimiento, planificado y correctivo, explican la oportunidad que existe entre ambos indicadores.

EVALUACIÓN EXTERNA, ENTORNO Y SEGURIDAD

Además del análisis de los indicadores y de eficiencia, mantenimiento y desempeño de la planta concentradora, se realizó una encuesta (Anexo 4) con el fin de conocer la imagen del mantenimiento en su principal cliente, el cual es el área de operaciones.

Esta encuesta mide el nivel de satisfacción en el área de operaciones, respecto del mantenimiento en la planta concentradora, en varias aristas de este, como lo son los tiempos de respuesta, calidad en la ejecución del mantenimiento, nivel de interacción Mantenimiento - Operaciones, administración de los contratos con terceros, conocimiento del plan de mantenimiento, percepción de seguridad y cuidado del entorno.

De las respuestas obtenidas en la encuesta se puede observar que existe un mediano nivel de satisfacción del servicio prestado, esto por tiempos mayores a los esperados la respuesta ante un evento correctivo, y el tiempo para reparar.

Junto con lo anterior, el 81% de los encuestados indicó conocer la estrategia de mantenimiento de los equipos críticos, sin embargo, el 71% no está de acuerdo con la estrategia actual de mantenimiento que sostienen estos activos. Es importante destacar, que el 75% indica que es involucrado con el proceso de análisis de fallas y el 70% participa de la planificación del mantenimiento, donde estos son parte de los procesos más relevantes para la actualización de la estrategia, cuya instancia se utiliza para generar planes de acción que permitan controlar o eliminar los modos de falla presente en los equipos.

De los contratos de mantenimiento, se puede observar que en los tres casos propuestos, se tiene un nivel aceptable de servicio, con una aceptación superior al 80% de los encuestados.

Respecto de lo que más valora el área de operaciones, destaca una ejecución de calidad de las intervenciones, programadas y no programadas, y a su vez bajos tiempos de respuesta, dos variables complejas de llevar en paralelo, dado que generalmente para entregar una reparación que permita tener confiabilidad en el equipo, requiere mucho más tiempo que una medida paliativa.

En relación a la gestión en seguridad, más del 90% considera que es aceptable, no así para la gestión de residuos y materiales en desuso, donde claramente, la percepción se inclina más en la insatisfacción respecto a esta gestión.

En las observaciones de los encuestados se espera foco en dos temas relevantes, como son en mejorar la confiabilidad de los activos, a través de la gestión de mantenimiento, debido a fallas repetitivas que son solucionadas en forma momentánea. Además de la administración de repuestos, en relación a la gestión oportuna de estos, y ordenamiento de los sectores en los cuales estos son almacenados.

FODA POR SEGMENTO

FODA

Fortalezas		
Procesos	Personas	Organización
Sistema Operativo con soporte de corporativo Procesos documentados	>50% especialista mantenimiento con 20 años experiencia mantenimiento minero Alta adherencia a estándares de seguridad 97% cumplimiento actividades de liderazgo seguridad.	Formalizada estructura corporativa con tres superintendencias Política Corporativa de Mantenimiento formalizada (Anexo 5) 3 Contratos de servicio en ejecución de mantenimiento
Oportunidades		
Procesos	Personas	Organización
Aumentar cumplimiento de Programa Mantenimiento 65%, estándar 80%. Gestión de reparables, disminuir costo por cambio de componentes nuevos.	Desarrollar diagnóstico precisos con herramientas Lean Capacitar para mejorar calidad de ejecución – Reproceso Mto. Chancadores y Molinos.	Optimizar estrategia Mto. (Actual 55% hh disponibles – estándar 80%) Mayor tratamiento mineral por aumento disponibilidad sistémica planta.

Debilidades		
Procesos	Personas	Organización
Falta disciplina uso SAP (baja notificación falla cierre)	Baja Productividad (tool time 5 hrs. en turno 12 hrs.), aumentando en 3%	Estructura deficiente en administración repuesto y reparable.
Brechas en competencias (competencia causa raíz)	Mantenimiento Planificado	Estructura Organizacional (-28% supervisores)
Falta re portabilidad y diagnósticos de fallas de baja confiabilidad (reproceso)	45% Planes acción RdP sin ejecutar	Vacantes Rol A (12) en estructura actual
Plan Matriz Mantenimiento adherencia inferior 80%	Baja adherencia a procedimientos y pautas de trabajo (Mantenedores "0" cierre completo de OT's)	Seguimiento desempeño (SGD sin cierres)
47 Vulnerabilidades de alto impacto (detención molienda)		Estrategia activos inadecuada (72% Cumplimiento PM)

Amenazas		
Procesos	Personas	Organización
Cambios en procesos de mantenimiento corporativos	Aumento de fuga de profesionales Negociaciones colectivas – huelga personal mantenimiento	Reducción precio cobre Cambio estructura organizacional gerencia operaciones Codelco

Tabla 7. FODA diagnóstico
Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DIAGNOSTICO

En el periodo de estudio, se observa una desviación del 5,2 % de disponibilidad programada, 2,9% por sobre mantenimiento planificado de corto plazo, y 2,3% por efecto de mantenimiento correctivo. Es importante además, considerar que el mantenimiento de largo plazo (mantenimientos mayores) tienen holgura en sus detenciones.

Baja adherencia en ejecución del programa de mantenimiento, y baja adherencia a la planificación del plan matriz de mantenimiento, lo cual tiene como causa un plan de mantenimiento no actualizado (frecuencias de intervención inadecuadas), aumento de vulnerabilidades por diagnósticos deficientes generando reproceso (Mantenimiento no planificado) y a su vez mal utilización de los recursos de ejecución propios y contratos.

El presupuesto de mantenimiento tiene adherencia en el valor global, sin embargo tiene alzas por sobre el 17% en cuenta de repuestos y materiales para fechas de mantenimiento mayor, debido a falta de procesos de control de presupuesto en las áreas de mantenimiento y falta de procesos de gestión de reparables y repuestos.

En síntesis, la raíz de las desviaciones en los indicadores de mantenimiento y sus operaciones, son un problema en la gestión, procesos y estrategia de mantenimiento, agravada en mayor medida por su inadecuada implementación.

Realizando una adecuada gestión de la estrategia de mantenimiento, la disponibilidad tendría un impacto en al menos +4,6% anual.

ESTRATEGIA

MISIÓN

Somos la Gerencia de Mantenimiento de Codelco División Andina, generamos valor en condiciones de operación estándar de nuestros activos físicos, con un equipo humano de alto nivel técnico, comprometidos con su salud y seguridad.

VISIÓN

Ser referente corporativo en gestión de los procesos de mantenimiento, y costos unitarios de mantenimiento.

VALORES

Las personas son nuestro mayor valor.

Buscamos la excelencia en todas las actividades que realizamos, para ello sostendremos nuestros procesos bajo la metodología Lean C+.

Nuestro foco es el costo efectivo, reducir el costo de mantener el ciclo de vida del activo, con mejoramiento y tecnología.

OPORTUNIDADES DESCUBIERTAS EN DIAGNOSTICO

A partir del diagnóstico realizado, se observan brechas que deben ser cubiertas por procesos que permitan eliminar vulnerabilidades y robustecer la estrategia global de la gerencia de mantenimiento. En base a lo anterior y los objetivos establecidos, las brechas se gestionaran de la siguiente forma:

- Procesos para gestionar activos intangibles (gestión del conocimiento mantenedores en etapa cercana de retiro)
- Procesos para gestionar repuestos, materiales y componentes reparables
- Controlling Mantenimiento (Gestión de presupuesto – auditorías internas – cruzadas – indicadores de mantenimiento)
- Proceso control de gestión de pérdidas y reprocesos de mantenimiento
- Proceso de gestión del cambio y tecnología.
- Plan recuperación disponibilidad Sistémica Planta.

- Para mejorar condición se priorizan actividades, con ello, se establece como actividades de recuperación de activos el cual incluye realizar mantenimiento mayor a los siguientes activos:
 - Chancador Terciario N° 1
 - Chancador Terciario N° 2
 - Chancador Secundario
 - Molino de Barras N° 2
 - Molino Unitario N° 1
 - Chancador Primario Giratorio

PLAN DE RECUPERACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE DISPONIBILIDAD ACTIVOS GERENCIA DE PLANTAS

El objetivo del plan de recuperación de los activos es eliminar vulnerabilidades y modos de falla detectados en el diagnóstico, para lo cual, se realizará un mantenimiento mayor.

Chancador Primario Giratorio

El mantenimiento mayor de este equipo considera cambio sistema hidrosset, y componentes mayores de sistema motriz. Intervención que se debe realizar con personal de mantenimiento del contrato actual, pero, con dirección técnica de especialista de representante marca equipo, lo cual sugiere un contrato de asistencia técnica.

Chancadores terciarios y secundario

El mantenimiento considerado para eliminar vulnerabilidades considera cambios de estructura y ejes verticales, más sus componentes de desgaste. Lo anterior se debe ejecutar por especialistas externos, para lo cual se requiere la generación de un contrato de mantenimiento.

Molinos de barras 2 y molino unitario 1

En estos dos equipos la intervención significa el cambio de estructura, con ello tapas y cilindro de molino, con ejecución de personal del contrato de mantenimiento actual.

La estrategia de detención para estos mantenimientos considera la utilización ejecución de las actividades en los meses de marzo, abril y octubre, con motivo de no intervenir en periodo de baja dotación (verano) u periodo de operación invierno.

Gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento será un área de trabajo de la cual será responsable la unidad de gestión de mantenimiento, quien tendrá como objetivo generar, gestionar y controlar un plan de capacitación en especialización técnica para mantenedores calificados. Los participantes de estas capacitaciones tendrán un tutor el cual será un mantenedor especialista del área donde se desempeñen. Las capacitaciones serán realizadas por los instructores de mantenimiento, y además por proveedores externos, cuyo foco será equipos críticos de la gerencia de plantas.

Gestión de reparables y materiales

Para gestionar adecuadamente los elementos reparables se creará una unidad que se haga cargo de la gestión de repuestos, elementos reparables y materiales.

Lo anterior tiene como objetivo disminuir el gasto en la cuenta de repuestos, maximizar la utilización de materiales y aumentar la disponibilidad de repuestos para la correcta ejecución del mantenimiento.

El alcance estará acotado a los procesos que involucran la gerencia de plantas, en las especialidades de repuestos mecánicos, eléctricos, instrumentales para mantenimiento rutinario y largo plazo.

ESTRATEGIA DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO

Mapa estratégico

La estrategia de la Gerencia de Mantenimiento será gestionada a través de un mapa estratégico que muestra el flujo de cada uno de los objetivos globales de la estrategia, a través de las 4 perspectivas más relevantes. De lo anterior, para realizar el seguimiento al desempeño de la estrategia, se genera un cuadro de mando integral, para gestionar los indicadores de desempeño en los cuatro aspectos, el financiero, cliente, procesos internos y aprendizaje. Los indicadores que apalancarán los resultados de la gerencia, serán a su vez seguidos en los diálogos de desempeño según nivel.

MAPA ESTRATÉGICO GERENCIA DE MANTENIMIENTO

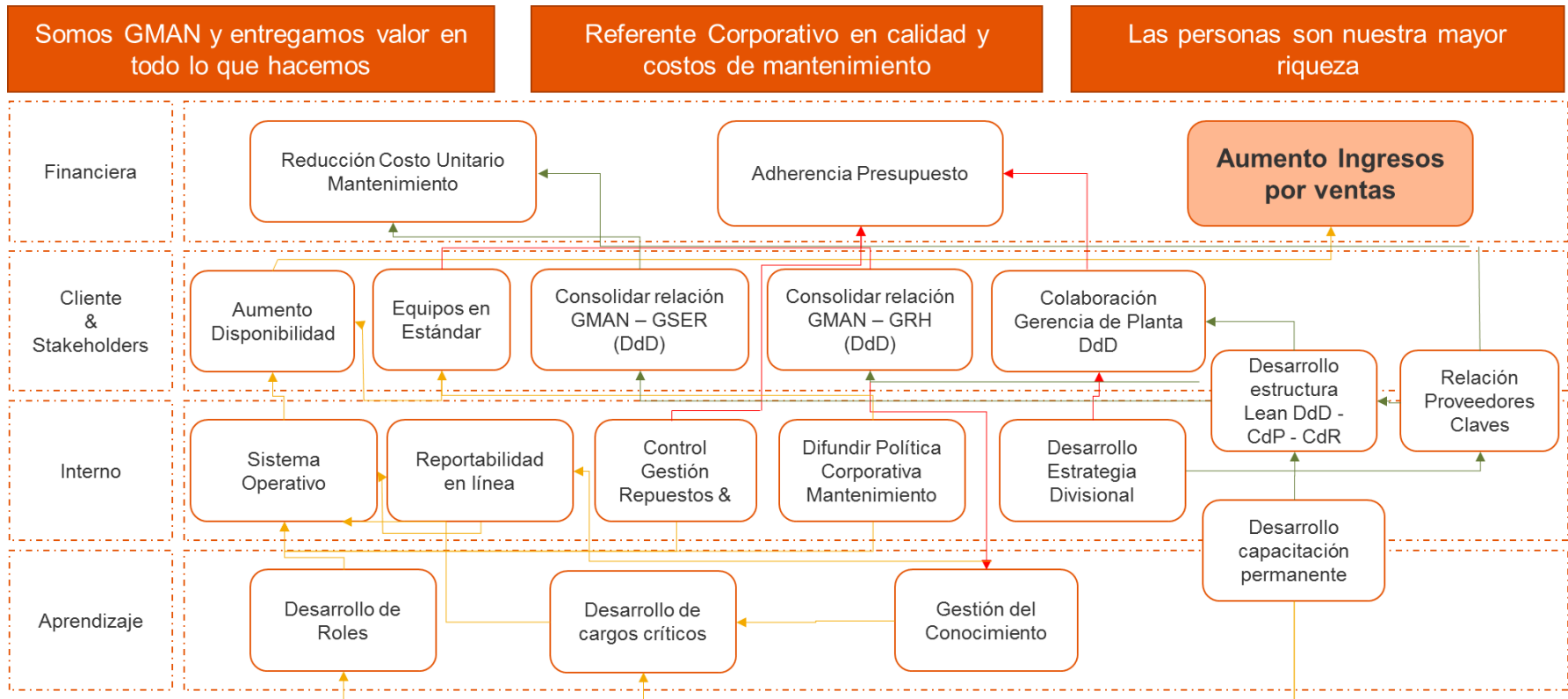


Gráfico 23. Mapa Estratégico Gerencia de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Cuadro de gestión de mantenimiento

Perspectivas	Objetivos	Indicadores	Línea Base	Metas	Unidad
Financiera	Reducción de costo unitario Mantenimiento	(\$/lb) \$Mtto GMAN/lb Cu filtrado	0,3	< 0,285	US\$/lb cu
	Adherencia Presupuesto	(\$) Gasto Gerencia	+3%	Presupuesto	%
Clientes & Stakeholders	Aumentar disponibilidad sistémica	(%) Disponibilidad Sistémica Planta	86,4	> 91	%
	Seguridad	Tasa gravedad incidentes	-	< 140	-
		Tasa frecuencia incidentes	-	< 0,75	-
Procesos internos	Optimizar Sistema Operativo	(%) Cumplimiento PM	55	> 80	%
	Mejorar productividad	(%) Cumplimiento Programa Semanal	65	> 90	%
		(%) MP/MC	65/35	80/20	%
		(%) Adherencia programa	60	> 90	%
		MTTR Equipos Críticos	7	< 3	hrs/sem
		MTBF Equipos Críticos	82,3		hrs/sem
		(%) Activos Emergencia	4	< 3	%
(%) Activos Alarma	7	< 5	%		
Aprendizaje y crecimiento	Generar procesos desarrollo competencias personas	Promedio evaluación desempeño	2,8	>3	-
		Cumplimiento Plan Capacitación	-	100	%

Tabla 8. Cuadro de gestión integral gerencia de mantenimiento
Fuente: Elaboración Propia

Para soportar la estrategia y objetivos deseados, se establecen áreas que cubran las brechas detectadas en diagnóstico, y a su vez se modifican áreas que actualmente se encuentran operativas

Unidad de gestión mantenimiento

La unidad de gestión, con dependencia directa de la gerencia de mantenimiento, tendrá como objetivo realizar control y seguimiento del presupuesto de la gerencia de mantenimiento, indicadores de gestión, administrar los contratos de mantenimiento integral, mantenimiento cintas transportadoras y cambio de revestimientos, emisor de información oficial ante gerencia de operaciones y Gerencia corporativa de mantenimiento, llevar los procesos de gestión de personal junto a la gerencia de recursos humanos.

Esta unidad estará compuesta por un jefe de unidad el cual liderará el equipo, junto a cuatro ingenieros especialistas y cuatro analistas de mantenimiento.

Unidad de reparables, repuestos y materiales

La unidad de reparables dependiente de la superintendencia de planificación será la responsable de administrar los contratos de componentes reparables, administrar los componentes reparables, repuestos de los activos donde se desempeña la gerencia, y asegurar la oportuna entrega de repuestos a las distintas áreas de mantenimiento de acuerdo al plan de mantenimiento planificado.

Esta unidad estará compuesta por un jefe de unidad, dos ingenieros especialistas, y cuatro analistas de mantenimiento.

Unidad de mantenimiento transporte

La unidad de mantenimiento transporte dependiente de la superintendencia de ejecución de mantenimiento estará a cargo del mantenimiento de las cintas transportadoras, con uso de recursos de ejecución del contrato mantenimiento cintas transportadoras. Será responsable de ejecución y planificación de reparaciones y cambios de cintas transportadoras.

La unidad estará conformada por un jefe de unidad, dos supervisores de mantenimiento, un ingeniero especialista y cuatro analistas de mantenimiento (inspectores).

Unidad de estrategia

La unidad de estrategia con dependencia de la superintendencia de confiabilidad, es un área que se genera a través de la modificación de la unidad de confiabilidad, esta estará a cargo de las actualizaciones de la estrategia de mantenimiento, con el fin de mantener planes de mantenimiento con foco en los modos de falla de los activos, y buscando optimizar el costo de este.

El equipo estará conformado por tres ingenieros especialistas, con reporte directo al superintendente de confiabilidad.

Unidad mejoramiento y tecnología

La unidad de mejoramiento y tecnología con dependencia directa de la superintendencia de confiabilidad, será responsable de liderar los proyectos de mejoramiento de los activos en la gerencia de plantas, con el objetivo de mejorar la mantenibilidad, disponibilidad y utilización de los activos.

El equipo estará conformado por tres ingenieros especialistas, y tendrá bajo su responsabilidad funcionalmente el área de ingeniería de mantenimiento del contrato de mantenimiento integral gerencia de plantas. Los especialistas de esta unidad tendrán reporte directo al superintendente de confiabilidad.

Lean en procesos de mantenimiento

La gerencia de mantenimiento será soportada en sus procesos de gestión y operativos bajo el sistema Lean C+. Para lo cual se define una estructura de diálogos de desempeño (DdD), los cuales levantarán y realizarán seguimiento a las desviaciones en los procesos de mantenimiento y a su vez en los equipos de producción.

Nivel	Participantes	Indicadores	Frecuencia
N1.- Gerencia	Gerente Agente Cambio Superintendentes JU Gestión	Disponibilidad Planta Cumplimiento presupuesto Incidentes Seguridad Mayores pérdidas	Semanal
N2.- Superintendencia de Ejecución de Mantenimiento	Superintendente Área Jefes de Unidad Supervisores	Incidentes Cumplimiento programa mantenimiento Desviaciones Presupuesto superintendencia	Semanal
N2.- Superintendencia de Planificación	Superintendente Área Jefes de Unidad Supervisores	Cumplimiento programa Backlog % Act planificadas Presupuesto	Semanal
N2.- Superintendencia de Confiabilidad	Superintendente Área Jefes de Unidad Supervisores	Disponibilidad Cumplimiento PM N° vulnerabilidades Equipos alarma / emergencia Estado RdP's Planes acción Presupuesto	Semanal
N3.- Unidades de Mantenimiento	Jefes de Unidad Supervisores	Cumplimiento Presupuesto Gerencia Cumplimiento plan capacitación	Semanal

		Indicadores mantenimiento Cumplimiento presupuesto contratos	
N3.- Unidad de Correas Transportadoras	Jefes de Unidad Supervisores	N° daños cintas Cintas Alarma / Emergencia Planes de acción pendientes Reproceso mantenimiento	Semanal
N4.- Áreas de Mantenimiento Mecánico	Supervisor Analistas Mantenedores	Cumplimiento programa N° actividades NP Reproceso mantenimiento	Semanal
N4.- Áreas de Mantenimiento E&I	Supervisor Analistas Mantenedores	Cumplimiento programa N° actividades NP Reproceso mantenimiento	Semanal
N2.- Mantenimiento & Abastecimiento	Superintendente Planificación Director Abastecimiento JU Reparables Agente de Cambio	Estado repuestos críticos Stock “cero” Plan reducción de costos	Mensual
N2.- Mantenimiento & RRHH	Superintendentes de Mantenimiento Director de personal Agente de Cambio	Cumplimiento Plan capacitación Horas extras Avance plan desarrollo	Mensual

Tabla 9. DdD gerencia de mantenimiento según nivel en la organización
Fuente: Elaboración propia

Una de las medidas a implementar en la gerencia son procesos que permitan tener mayor control del presupuesto y los indicadores de gestión, los cuales son transversales en gestión y resultados de las distintas áreas de la gerencia. Por ello, se considera la creación de la Unidad de Gestión de Mantenimiento, la cual tendrá dependencia directa de la Gerencia de Mantenimiento.

Sistema Operativo

El ciclo de trabajo de mantenimiento mantendrá el Sistema Operativo SOMA, bajo las siguientes responsabilidades en cada etapa del ciclo de trabajo.

Proceso	Responsable	Frecuencia	Participantes	Entregable
Priorización de Actividades N+4	Ing. Confiabilidad	Semanal	Ing. Confiabilidad Ing. Planificación Supervisor Mantenimiento	Listado Actividades priorizadas SAP, fecha máxima ejecución Avisos M1
Planificación N+4	Ing. Planificación	Semanal	Ing. Confiabilidad Ing. Planificación Supervisor Mantenimiento Analista Materiales y reparables Inspector Correas Transportadoras Analista Unidad Ventilación	Listado de OT con asignación de recursos y Semana de Ejecución
Programación +2	Ing. Planificación	Semanal	Ing. Confiabilidad Ing. Planificación Supervisor Mantenimiento Empresas Colaboradoras	Programa de Mantenimiento Semana N+1
Ejecución	Supervisor Mantenimiento	Semanal	Equipo Mantenimiento	OT Cerradas y Notificadas
Post Mantenimiento N-1	Ing. Confiabilidad	Semanal	Ing. Confiabilidad Ing. Planificación Supervisor Mantenimiento	Informe de resultados Mantenimiento N-1
Gestión de Pérdidas	Ing. Confiabilidad	Quincenal	Mantenimiento Operaciones	Plan de acción a causas de pérdidas periodo

Tabla 10. Etapas sistema operativo de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia y (Corporación Nacional del Cobre, 2019)

Para el ciclo de Largo plazo (mantenimiento mayor), se debe considerar igual estructura, con la diferencia que en el área de planificación las actividades las realiza la unidad planificación de largo plazo.

Ciclo de Confirmaciones de Procesos

Para que el Sistema Operativo de Mantenimiento, mantenga una alta adherencia de ejecución de sus procesos, y este en busca del mejoramiento continuo, se realizarán dos acciones permanentes, confirmaciones de procesos y confirmaciones de rol.

La cuales estarán definidas según rol utilizado en la organización:

Proceso	Líder	Responsable CdP	Responsable CdR	Frecuencia	Entregable
Priorización Actividades N+4	Ing. Confiabilidad	Jefe Unidad Planificación	Superintendente Ejecución de Mantenimiento	Mensual	Retroalimentación a Equipo y Líder
Planificación N+4	Ing. Planificación	Jefe Unidad Ejecución	Superintendente de Confiabilidad	Mensual	Retroalimentación a Equipo y Líder
Programación +2	Ing. Planificación	Jefe Unidad Confiabilidad	Superintendente Ejecución de Mantenimiento	Mensual	Retroalimentación a Equipo y Líder
Ejecución	Supervisor Mantenimiento	Jefe Unidad Planificación	Superintendente de Planificación	Semanal	Retroalimentación a Equipo y Líder
Post Mantenimiento N-1	Ing. Confiabilidad	Jefe Unidad Ejecución	Superintendente de Planificación	Mensual	Retroalimentación a Equipo y Líder

Tabla 11. Plan de confirmaciones de procesos (CdP) y confirmaciones de rol (CdR)
Fuente: Elaboración propia

Requerimientos organizacionales

Para soportar la estrategia y los objetivos de la gerencia es necesario establecer una estructura organizacional que permita conducir la misión, la visión y los valores del equipo de mantenimiento. Además de llevar a cabo los procesos del sistema operativo y de gestión de la gerencia.

La estructura organizacional diseñada es como se muestra a continuación:

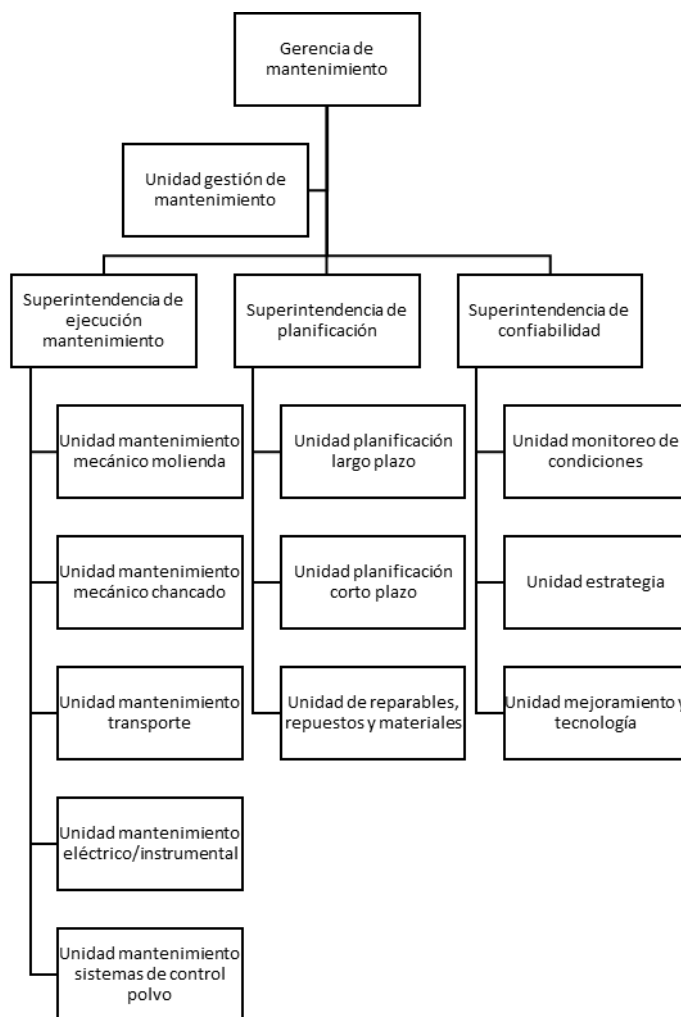


Gráfico 24. Diseño de estructura organizacional Gerencia de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los nuevos procesos y unidades de negocio de la gerencia, la estructura organizacional está compuesta por 221 personas, de las cuales se componen por:

Rol	Cantidad personas
Rol E - Ejecutivo	1
Rol A - Supervisor	46
Rol B - Trabajador	174

Tabla 12. Número de personas de gerencia según rol
Fuente: Elaboración propia

Unidad de negocio	Profesionales	Técnicos y analistas
Gerencia de mantenimiento	47	174
Unidad de gestión	5	4
Superintendencia ejecución	21	134
Unidad mantenimiento mecánico molienda	6	42
Unidad mantenimiento mecánico chancado	6	46
Unidad mantenimiento transporte	4	4
Unidad mantenimiento E&I	3	36
Unidad mantenimiento sistemas de control de polvo	1	6
Superintendencia planificación	12	24
Unidad largo plazo	2	6
Unidad corto plazo	6	10
Unidad reparables y repuestos	3	8
Superintendencia confiabilidad	8	12
Unidad monitoreo de condiciones	1	12
Unidad de estrategia	3	-
Unidad de mejoramiento y tecnología	3	-

Tabla 13. Personal gerencia de mantenimiento según área de trabajo
Fuente: Elaboración propia

Impacto del plan

Los planes de acción individualmente, tienen un impacto en la disponibilidad sistémica de la planta concentradora.

Oportunidades y debilidades	Objetivo a Capturar	Impacto Negocio	Plan	Costo	I	E	R		
O - Aumento cumplimiento Programa Mantenimiento	+4,6% Disponibilidad anual	MMUS\$ 52 anual	1.- Optimizar Sistema Operativo Mantenimiento	US\$ 4.043.200	2	3	6		
O - Optimizar estrategia utilización HH									
D - Baja adherencia PM									
D - Baja productividad					2.- Optimizar estructura organizacional	US\$ 1.200.000	2	3	6
O - Mayor dotación					3.- Plan recuperación performance equipos - Overhaul	US\$ 6.927.000	3	3	9
D - 47 vulnerabilidades alto impacto					4.- Plan capacitación equipos críticos	US\$ 238.000	2	2	4
D - 45% planes RdP sin ejecutar			Menor reproceso mantenimiento						
O - Capacitación			5.- Crear unidad gestión de Mantenimiento	US\$ 514.000 anual	2	3	6		
D - Brecha competencias	Optimizar análisis fallas y estrategia								
D - Falta reportabilidad			6.- Capacitación SAP	-	2	1	2		
D - Falta disciplina uso SAP	Disminuir brecha cierre OT	Cumplimiento Notificación PM mayor 80%							
O - Gestión de reparables	Menor costo de repuestos	MMUS\$ 6 anual (Costo Mtto.)	7.- Crear Unidad Gestión repuestos y reparables	US\$ 400.000 anual	2	3	6		

Tabla 14. Impacto en negocio y costos de actividades del plan
O: Oportunidad – D: Debilidad - I: Impacto – E: Esfuerzo – R: Resultado

Fuente: Elaboración propia

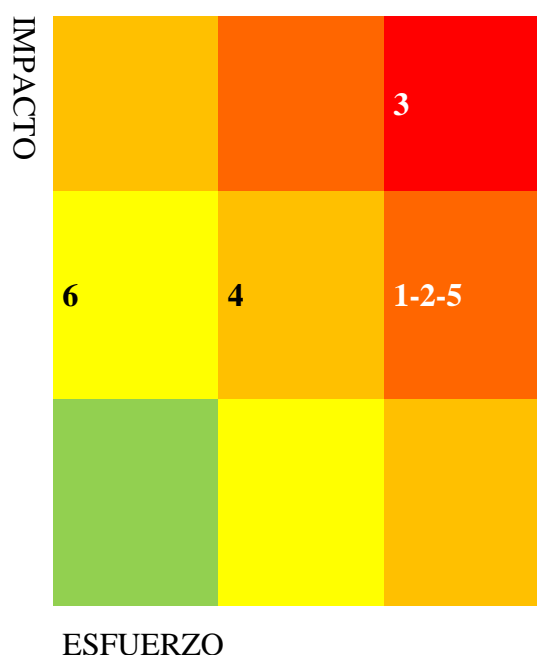


Gráfico 25. Matriz de clasificación de actividades plan
Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN ECONÓMICA

FLUJO DE CAJA

La evaluación económica de este plan, considera por un lado los ingresos generados por las actividades adicionales consideradas en el plan, y los costos de llevar a cabo estas actividades.

En relación a los ingresos, se considera el valor de venta por tratamiento adicional por concepto de aumento de disponibilidad sistémica de la planta concentradora.

Ingresos

Los ingresos son calculados de manera escalonada, de acuerdo a las actividades del plan realizadas, va aumentando la disponibilidad en el activo intervenido, con ello aumenta la disponibilidad sistémica planta. El aumento es progresivo hasta el término de las actividades del plan.

Para el cálculo de estos se consideró lo siguiente:

Item	Valor	Fuente
Dólar	748	Dólar observado 02 enero 2020
Costo venta	US\$ 6.165	Bolsa metales Londres 01 enero 2020
Tratamiento	4.300 ton/hr	Tratamiento promedio

Ley de mineral	0,61	Balance metalúrgico enero 2020
Recuperación	0,80	Balance metalúrgico enero 2020

Tabla 15. Valores considerados para cálculo de ingresos
Fuente: Elaboración propia - (Andina, 2020)

Ingresos	1er año	2do año	3er año
	USD 20.994.608	USD 46.804.749	USD 52.129.468

Tabla 16. Ingresos por aumento disponibilidad sistémica planta
Fuente: Elaboración propia

Costos por detención

Para realizar las intervenciones y llevar a cabo el plan de aumento disponibilidad, es necesario detener los equipos, por lo cual, en el periodo de actividad disminuyen los ingresos por mantenimiento.

Costo detención	1er año	2do año	3er año
	USD 19.134.187	USD 6.686.135	0

Tabla 17. Disminución de ingresos por detención de activos
Fuente: Elaboración propia

Costo de energía

Dado que aumentará la disponibilidad y utilización de los activos, a su vez aumentará el consumo de energía eléctrica, para lo cual se consideró un valor de CLP 116 kw/hr. (Información interna obtenida desde SAP)

Costo energía	1er año	2do año	3er año
	USD 106.715	USD 221.819	USD 248.416

Tabla 18. Costo de energía por aumento utilización activos
Fuente: Elaboración propia

Costo servicio ejecución de terceros

Para ejecutar las actividades de mantenimiento mayor en los activos de la gerencia de plantas se establece una estrategia según el conocimiento de estos en los recursos actuales en la gerencia de mantenimiento. Dado lo anterior se define que la ejecución de las actividades serán realizadas por personal especialista parte del contrato actual e mantenimiento, y contratos con empresas especialistas.

Activo	Especialista ejecutor
Chancador Primario	Equipo Contrato mantenimiento integral
Chancador Terciario 1	Equipo especialista externo
Chancador Terciario 2	Equipo especialista externo
Chancador Secundario	Equipo especialista externo
Molino de Barras	Equipo especialista externo
Molino Unitario	Equipo especialista externo

Tabla 19. Especialista ejecutor de mantenimiento mayor según activo
Fuente: Elaboración propia

Ejecución	1er año	2do año	3er año
terceros	USD 1.871.265	USD 1.000.426	0

Tabla 20. Costo contratos de personal externo por ejecución mantenimiento mayor
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

Impuestos

En función del flujo realizado, se consideran los tres impuestos: Impuesto ley 13.196 (reservada del cobre 10%), el cual afecta directamente a las ventas realizadas en el periodo. Impuesto ley 20.026 (específico actividad minera 5%) e impuesto ley 20.469 (renta operacional 35%), propios del ejercicio de la actividad.

Inversión

La inversión considera gastos mayores con referencia a partes y repuestos necesarios para realizar los mantenimientos mayores en los activos.

Activo	Costo componentes
Chancador Primario	USD 971.251
Chancador Terciario 1	USD 450.000
Chancador Terciario 2	USD 450.000
Chancador Secundario	USD 450.000
Molino de Barras	USD 544.202
Molino Unitario	USD 642.480
Inversión total	USD 3.507.933

Tabla 21. Costo componentes para mantenimiento mayor
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

La inversión total en componentes para reparación es USD 3.507.933.

Costo por aumento de dotación gerencia de mantenimiento

Personal Adicional	1er año	2do año	3er año
	1.200.000	1.200.000	1.200.000

Tabla 22. Costo por aumento dotación gerencia de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia con estudio Remuneraciones (Michael Page, 2020)

Contrato asesoría	1er año	2do año	3er año
	400.000	0	0

Tabla 23. Costo contrato asesoría estrategia de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

Capacitación	1er año	2do año	3er año
	142.687	47.562	47.562

Tabla 24. Costo capacitación activos críticos
Fuente: Elaboración propia con información interna obtenida en SAP

Para una correcta evaluación económica del plan propuesto, se realiza un flujo de caja con la información ya presentada, ingresos, costos, inversión e impuestos (Anexo 6).

La tasa de descuento utilizada es de 8,5%, tasa utilizada para proyectos de similar envergadura por la compañía según memoria anual 2019.

Tasa de descuento	8,5%
Impuesto Ley 20.026 (Especifico Act. Minera 5%)	5%
Impuesto Ley 13.196 (Reservada del cobre 10%)	10%
Impuesto Ley 20.469 (Renta operacional 35%)	35%
Valor Presente Neto	US\$ 2.449.350
TIR	10%

Tabla 25. Resultado flujo de caja plan
Fuente: Elaboración propia

Al evaluar en un periodo de 36 meses el plan, como resultado se obtiene un VAN US\$ 2.449.350 y una TIR 10%.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para proyectar los flujos de la evaluación económica, se consideró una disponibilidad proyectada de acuerdo a la recuperación de estándares y desempeño de los activos en proyecto, sin embargo,

esta disponibilidad pudiese ser afectada por presentarse alguno de los modos de falla de equipos auxiliares o estos mismos equipos.

Por lo anterior, se realiza un análisis de sensibilidad, precisamente de la disponibilidad, para establecer el horizonte mínimo de éxito del plan propuesto.

Para considerar el proyecto factible, la disponibilidad proyectada en el flujo no puede ser afectada en más de un 11% del total considerado, lo cual es equivalente a un total de 94 horas de detención planta en el periodo evaluado, para mantener un VAN positivo y una TIR mayor a la tasa de descuento (8,5%).

Por otro lado, dado que el precio del cobre también es un actor muy relevante, no dependiendo directamente del proyecto, se considera su evaluación. La factibilidad del proyecto en relación a una posible disminución en el precio de venta del cobre se ve comprometida si su valor se reduce en más del 26%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es factible estratégicamente la implementación del plan, bajo el nuevo escenario de la división, Dada la nueva condición organizacional de la Gerencia de Operaciones, con una gerencia autónoma de mantenimiento, es indispensable establecer una estrategia que permita guiar la gestión de los activos de la gerencia de plantas.

Técnicamente, el plan es viable implementarlo en el plazo considerado. Levantando la disponibilidad de los activos a través de intervenciones mayores, y a su vez haciendo sustentable el aumento de tratamiento de mineral, y procesos de mantenimiento con la organización propuesta, mapa estratégico y cuadro de gestión integral para gobernar los principales procesos e indicadores de gestión de la gerencia.

La estrategia y plan propuesto son altamente atractivos bajo el escenario evaluado en el flujo de caja, generando una contribución de más de MMUS\$ 52 anualmente al EBITDA de la división, bajo una evaluación de un VAN de US\$ 2.449.350 y una TIR 10%, con una tasa de descuento del 8,5%.

Bajo un escenario en el cual disminuya el precio del cobre, el éxito del proyecto podría soportar una baja hasta del 26% del valor proyectado. Por otro lado, como riesgo si se presentan modos de fallas que impacten en la continuidad del negocio, este plan podría soportar hasta un total de 94 horas detención planta, sin atentar contra la factibilidad económica del proyecto.

Es por lo anterior, que se recomienda la implementación de este plan, atendiendo las actuales condiciones de alza del precio de cobre y los procesos de transformación que actualmente está viviendo CODELCO.

BIBLIOGRAFÍA

- Andina, S. -C. (2020). *Informe Balance Metalurgico Enero 2020*. Los Andes.
- Arata, A. (2005). *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*. Santiago de Chile: RIL.
- Arata, A. (2009). *Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales*. Santiago: RIL.
- CODELCO. (2020). *Corporación Nacional del Cobre*. Obtenido de www.codelco.cl
- Consulting, M. (2016). *Benchmark de productividad en la Gran Minería del Cobre*. Santiago: Cochilco.
- Corporación Nacional del Cobre. (2019). *Memoria Anual 2019 CODELCO*. Santiago.
- Corporación Nacional del Cobre. (2019). *SOMA - Sistema Operativo de Mantenimiento*. Santiago: CODELCO.
- Group, M. P. (2020). Estudio de remuneraciones 2021. *Estudio de remuneraciones 2021*. Santiago, Chile.
- Gutierrez, I. (2006). *Confiabilidad en Sistemas*. Santiago: Universidad de Santiago.
- Michael Page. (2020). Estudio de remuneraciones 2021. Santiago, Chile: Michael Page.
- Viveros, P. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista Chilena de Ingeniería*, Vol. 21, 125-138.

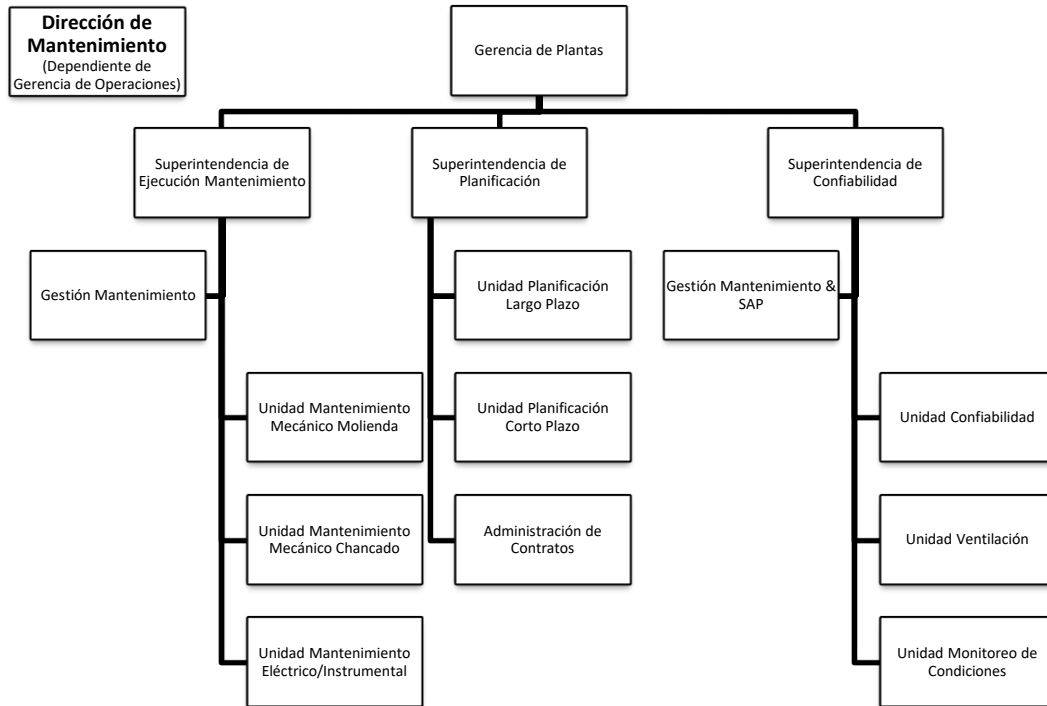
ANEXOS

Anexo 1: Horas de detención por mantenimiento correctivo de equipos críticos periodo 2017 – 2019.

Equipo Crítico	Línea	Total	MCI	MCH	MCCTRL	MCM	MCL	MCE
Chancador T1	DL	1.416	21	28,305	2	1.105	257	1
Chancador T2	DL	749	32	54	7	517	136	1
Molino de Barras 2	CONV	644	11	0	1	573	51	7
Molino Unitario	CONV	468	18	0	6	239	144	60
Ch. Giratorio	DL	361	15	13	6	212	115	0
Ch. Cono	CONV	360	2,	15	0	216	115	10
Correa A4	DL	329	4	1	4	297	0	21
Molino SAG	DL	320	5	0,5	21	182	35	74
Correa 5	CONV	309	31	0	39	216	0	21
Correa A7	DL	280	5	23	17	214	0	18
Ch. HP Oeste	CONV	259	32	35	0	166	23	1
Molino Bolas 1	DL	248	5	0	16	112	76	38
Molino Bolas 2	DL	221	0	0	9	152	26	33
Molino de Barras 1	CONV	207	1	0	5	68	12	121
Ch. Secundario	DL	191	14	20	13	109	32	1
Molino Unitario 2	DL	184	1	0	17	109	43	13
Molino de Barras 3	CONV	178	6	0	1	79	83	7

Correa 51	DL	105	19	0	5	76	0	3
Correa 8C	CONV	91	7	0	1	53	0,37	28
Correa 5B	CONV	80	9	0	1	69	0	1
Correa 7H	CONV	32	0	0	1	32	0	0

Anexo 2: Estructura Organizacional actual de Mantenimiento (Elaboración propia)



Anexo 3: Ejemplo análisis causa raíz por fallas reiteradas chancadores MP100

Resolución de Problemas



Área o Proceso	Líder de la resolución de problemas	Fecha del Evento	Turno del Evento
Chancado 2río / 3río Línea SAG	Carlos Casanova	Múltiples Fallas	2017 - 2019

1 Definición del Problema : Definir el problema e identificar estándares disponibles

Definición del Problema	Estándares disponibles
Baja disponibilidad de proceso de chancado 2río /3río causada por fallas imprevistas en chancadores MP1000	<ul style="list-style-type: none"> Estándares de operación de chancadores Estándares de mantenimiento chancadores Protocolos y manuales del fabricante Planes matrices de chancadores

2 Desglose del Problema: Mostrar hechos específicos para detallar más el problema a resolver

Hechos/Observaciones	Fotos o documentos de apoyo
Durante el periodo enero 2017 y Noviembre 2019, los equipos de chancado terciario MP 1000 de la planta de chancado secundario terciario, logran contabilizar como detención no planificada mecánica (Lubricación, hidráulica y componentes mecánicos) 78 detenciones, las que suman 2.167 horas de detención, las que se dividen según se indica Chancador terciario # 1 : 1.417 horas y Chancador terciario # 2 : 750 horas	
Tiempo estimado detención	Impacto en producción/costos
2.167 horas (en 3 años)	1,5% Disponibilidad Sistémica global Planta

3 Objetivo de la Resolución de Problemas: Definir el objetivo en términos específicos y medibles

Objetivo (SMART)
Recuperar disponibilidad del chancado 2río/3río desde 74% base de Abril a 80% al 01 de diciembre de 2020.



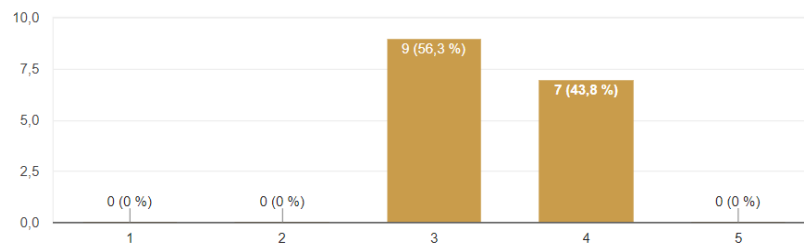
1 Ficha Resumen		
Área o Proceso	Líder de la resolución de problemas	Fecha del Evento
Chancado Don Luis	-	Diciembre 2019
1a Definición del Problema : Definir el problema e identificar estándares disponibles		
Definición del Problema	Estándares disponibles	
Con fecha 07 de Diciembre, Chancador Don Luis, presenta corte manguera hidráulica sistema hidroset y con ello bajada de poste, evento que produce la detención general de la línea Sag	<ul style="list-style-type: none"> Manuales de Operación y Mantenimiento Chancador Don Luis Catalogo de Partes 	
Tiempo Total Detención	Impacto en producción/costos	
68 Horas	285.600 ton tratamiento mineral	
1b Desglose del Problema: Mostrar hechos específicos para detallar más el problema a resolver		
Hechos/Observaciones		
<ul style="list-style-type: none"> Viernes 07 de Diciembre 16: 22 , Sistema de control Chancador Giratorio detiene equipo por bajo nivel de poste (< 2 pulgadas), como consecuencia de rotura manguera circuito hidráulico hidroset por Paso Inchancable y desgaste manguera Sábado 08 y Domingo 09 de Diciembre, Equipo con operación discontinua debido a bajo flujo aceite lubricación "Saturación Filtros". Llevado a cabo proceso de desarme e Intervención equipo Lunes 10 de diciembre 21:00 Equipo entregado a Operaciones con restricciones "Régimen de tratamiento y seguimiento y control parámetros de funcionamiento" Miércoles 26 de diciembre, mantención mayor , cambio de Bonnet, cambio de buje Inner (Inner en operación se encontraba con fisura), retiro de poste, desmetalado de este y metalado, ingreso y puesta en marcha. 		
1c Objetivo de la Resolución de Problemas: Definir el objetivo en términos específicos y medibles		
Objetivo (SMART) : Especifico, Medible, Alcanzable, Relevante y con tiempo definido.		
Evitar detenciones del chancador giratorio por contaminación Aceite Lubricación por ingreso mineral a través del bonnet		

Copyrights © 2016 Codeco Chile. Todos los Derechos Reservados. | Unidad de Confiabilidad Luis Alejandro Tolosa Fuentes

Anexo 4: Encuesta de satisfacción servicio de mantenimiento

1.- En general, ¿Cual es tu nivel de satisfacción con el servicio de mantenimiento recibido en el área que te desempeñas?

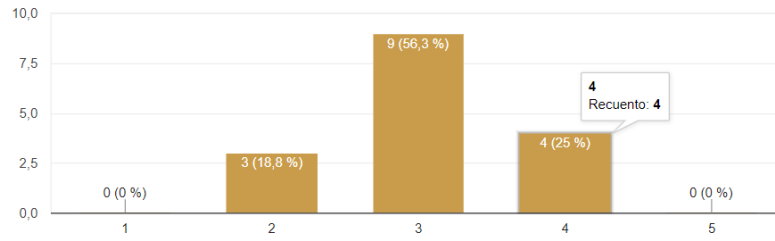
16 respuestas



2.- En relación a los tiempos de ejecución de mantenimiento para actividades No Programadas, ¿Estas satisfecho con el tiempo de respuesta y tiempo en reparar?

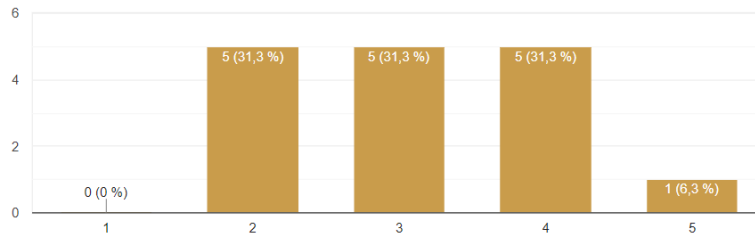


16 respuestas



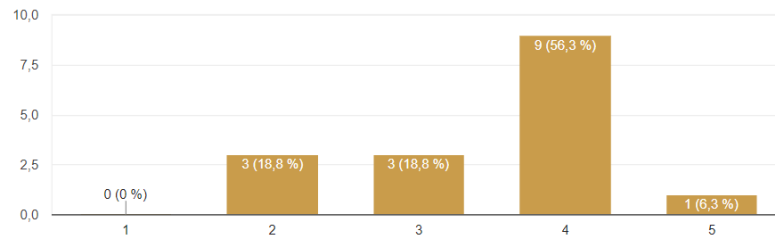
3.- En relación a los tiempos de ejecución de mantenimiento para actividades Programadas, ¿Comienzan y terminan según lo planificado?

16 respuestas



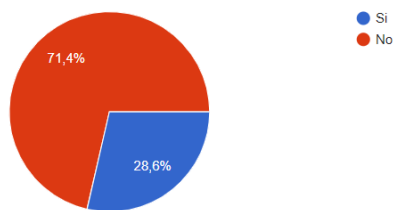
4.- ¿Cual es su grado de conocimiento de la estrategia de mantenimiento de los equipos críticos en proceso a su cargo?

16 respuestas



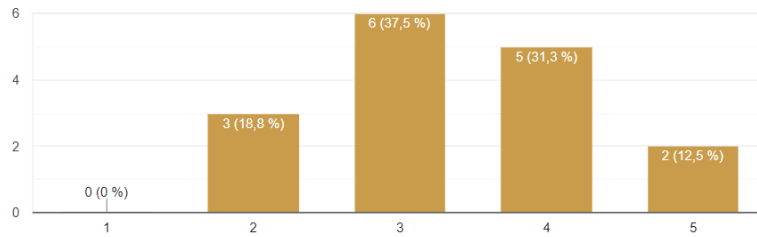
5.- En el caso de haber respondido Si en la pregunta anterior, ¿Cree usted que es adecuado el plan de mantenimiento actual de los equipos de su área?

14 respuestas



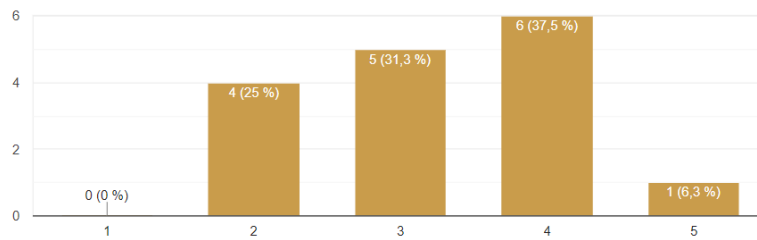
6.- ¿El área de mantenimiento lo involucra en el proceso de planificación de actividades?

16 respuestas



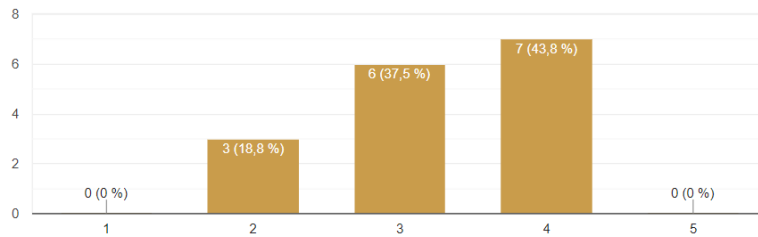
7.- ¿El área de mantenimiento lo involucra en el proceso de diagnóstico de fallas de los equipos?

16 respuestas



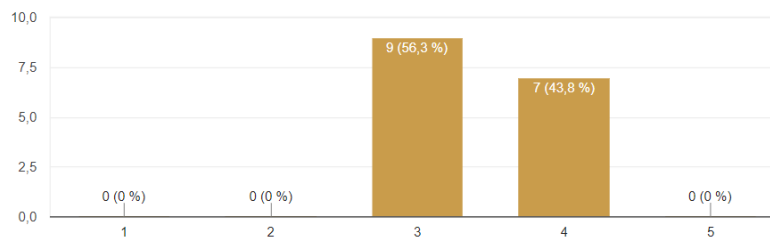
8.- De acuerdo a tu experiencia, ¿Cual es el nivel de servicio entregado por el contrato de mantenimiento integral plantas - Empresa Siemens?

16 respuestas



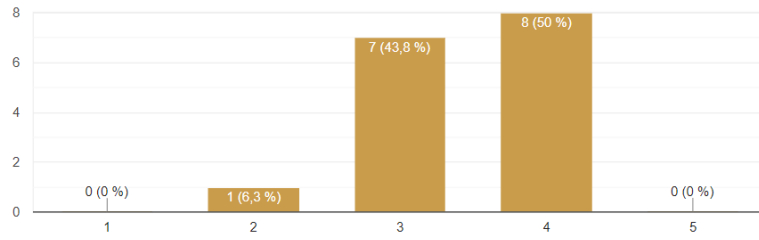
9.- De acuerdo a tu experiencia, ¿Cual es el nivel de servicio entregado por el contrato de mantenimiento cintas de transporte - Empresa Contitech?

16 respuestas



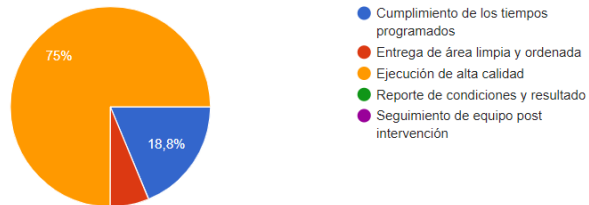
10.- De acuerdo a tu experiencia, ¿Cual es el nivel de servicio entregado por el contrato de cambio de revestimientos - Empresa WVG?

16 respuestas



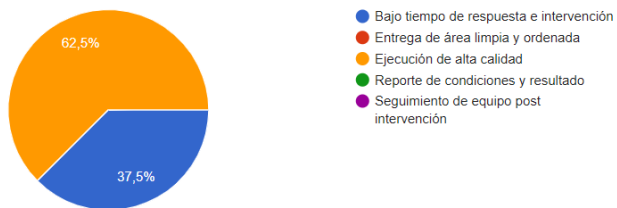
11.- En el contexto de un mantenimiento programado, ¿Cual tiene mayor relevancia para usted?

16 respuestas



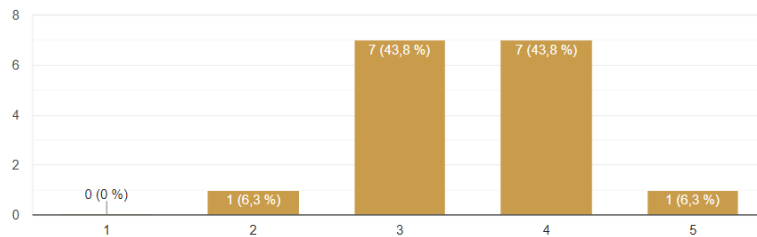
12.- En el contexto de un mantenimiento No Programado, ¿ Cual tiene mayor relevancia para usted?

16 respuestas



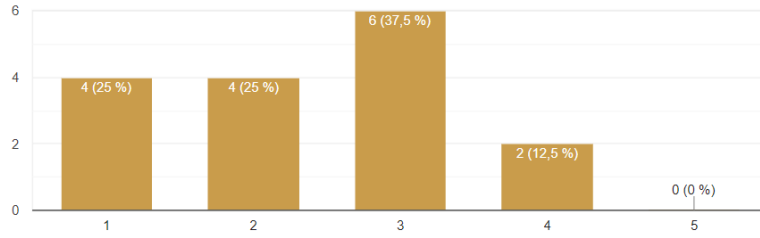
13.- En relación a la seguridad de las personas, ¿Como evaluarías la gestión en seguridad del área de mantenimiento?

16 respuestas

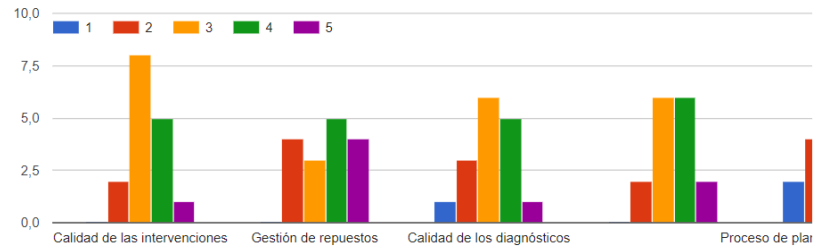


14.- En relación al entorno, según tu experiencia, ¿Es adecuada la gestión de residuos y materiales en desuso del área de mantenimiento?

16 respuestas



15.- Según su experiencia, ¿Donde se encuentran las principales brechas/oportunidades de mejoramiento del área de mantenimiento?



16.- Comentarios adicionales (Opcional)

3 respuestas

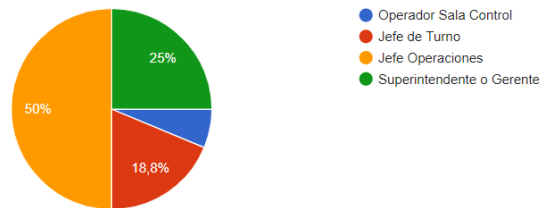
Tal como se puede evidenciar en mis respuesta creo que se debe avanzar mucho en grstion de repuesto y en la calidad de los servicios de mantenimiento, tanto propio, como de terceros .

Fico en Gestion del mantenimiento es el mejorar la confiabilidad de los activos y la calidad de la ejecución.

La mantencion no refleja el estado de la planta. El housekeeping post mantencion es deficiente. Llegamos atrasados con los repuestos. Faltan soluciones de fondo a los problemas repetitivos.

17.- Indicar cual es tu ocupación en la organización

16 respuestas



Anexo 5: Política corporativa de mantenimiento CODELCO - 2017

POLÍTICA CORPORATIVA DE MANTENIMIENTO

CODELCO - CHILE



Con el propósito de asegurar la confiabilidad de sus activos, maximizar los coeficientes de marcha y dar sustentabilidad a los planes de producción, Codelco requiere desarrollarse hacia un mantenimiento proactivo mediante la implementación de estándares y el desarrollo de planes de mejora en los ámbitos de procesos, sistemas, personas y cultura, a través de un sistema operativo que permita asegurar el correcto funcionamiento y adopción del modelo corporativo de mantenimiento.

Esta política aplica a todos los centros de trabajo de Codelco, sus empresas contratistas y subcontratistas.

ENUNCIADO

Codelco, empresa estatal minera líder en la producción de sustancias minerales, declara:

- 1 CUMPLIR LAS POLÍTICAS CORPORATIVAS VIGENTES, PROCEDIMIENTOS, NORMAS, ESTÁNDARES Y REGLAMENTACIÓN** dentro de un marco ético, íntegro, de confianza y de respeto al resto de la organización y sus terceros.
- 2 ACTUALIZAR ESTRATEGIAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO** continuamente con foco en mejoras de productividad.
- 3 PROMOVER LA MEJORA CONTINUA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO C+**, definiendo y actualizando estándares operacionales, detectando oportunamente nuestras brechas, promoviendo la estandarización y las mejores prácticas de la industria.
- 4 PROGRAMAR PLANES DE MANTENIMIENTO COHERENTES CON LOS PLANES DE PRODUCCIÓN, Y EJECUTARLOS CON ADHERENCIA**, asegurando efectividad en el cumplimiento de planes y eficiencia en el uso de los recursos.
- 5 TENER LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL Y COMPETENCIAS PARA ASEGURAR LOS ROLES, FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES** de todas y todos los trabajadores de las áreas de mantenimiento, de acuerdo a los roles definidos corporativamente.
- 6 MEDIR Y GESTIONAR CONTINUAMENTE EL GRADO DE MADUREZ DEL MANTENIMIENTO** con el objetivo de asegurar el desarrollo hacia un mantenimiento proactivo.
- 7 GENERAR INSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN ACTIVA** que permitan asegurar acciones estandarizadas de mejora del mantenimiento y transferencias de mejores prácticas entre las áreas y divisiones.
- 8 UTILIZAR EL SISTEMA SAP** como herramienta oficial y única para la administración de la gestión del mantenimiento.
- 9 IMPULSAR EL USO DE TECNOLOGÍAS** que aporten al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en todos sus ámbitos.

Dirección Corporativa de Gestión de Mantenimiento
Vicepresidencia Corporativa de Productividad y Costos



Nelson Pizarro Contador
Presidente Ejecutivo - CODELCO Chile

Anexo 6: Flujo de caja - evaluación económica

ITEM	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
INGRESOS OPERACIONALES		0	0	0	0	1.924.971	2.608.026	2.694.960	2.694.960	2.608.026	2.213.717	3.073.745	3.176.203
Ingresos por Venta		0	0	0	0	1.924.971	2.608.026	2.694.960	2.694.960	2.608.026	2.213.717	3.073.745	3.176.203
COSTOS VARIABLES		0	0	2.888.179	13.357.829	2.293	14.798	14.798	14.798	14.798	2.902.978	15.215	15.215
Costo por operación		0	0	2.888.179	13.357.829	2.293	14.798	14.798	14.798	14.798	2.902.978	15.215	15.215
Costo de detención		0	0	2.888.179	13.357.829	0	0	0	0	0	2.888.179	0	0
Costo de energía		0	0	0	0	2.293	14.798	14.798	14.798	14.798	14.798	15.215	15.215
MARGEN CONTRIBUCIÓN		0	0	-2.888.179	-13.357.829	1.922.679	2.593.227	2.680.162	2.680.162	2.593.227	-689.260	3.058.529	3.160.988
MARGEN CONTRIBUCIÓN %		0%	0%	0%	0%	100%	99%	99%	99%	99%	0%	100%	100%
COSTOS DIRECTOS		168.778	156.765	852.925	1.044.301	151.200	201.242	201.242	201.242	101.200	452.062	101.200	101.200
Costos mantenimiento		168.778	156.765	852.925	1.044.301	151.200	201.242	201.242	201.242	101.200	452.062	101.200	101.200
Costos servicios ejecución terceros		17.578	5.565	701.725	893.101	0	0	0	0	0	350.862	0	0
Equipamiento		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Contratos servicios asesoría terceros		50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	0	0	0	0
Capacitación		0	0	0	0	0	50.042	50.042	50.042	0	0	0	0
Personal propio adicional		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
EBITDA		-168.778	-156.765	-3.741.104	-14.402.129	1.771.479	2.391.985	2.478.919	2.478.919	2.492.027	-1.141.323	2.957.329	3.059.788
EBITDA %		0%	0%	0%	0%	92%	92%	92%	92%	96%	0%	96%	96%
Depreciación y Amortizaciones		99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		-268.187	-256.174	-3.840.513	-14.501.539	1.672.069	2.292.576	2.379.510	2.379.510	2.392.618	-1.240.732	2.857.920	2.960.378
Impuesto Ley 20.026 (Específico Act. Minera 5%)						83.603	114.629	118.976	118.976	119.631		142.896	148.019
Impuesto Ley 13.196 (Reservada del cobre 10%)						192.497	260.803	269.496	269.496	260.803	221.372	307.374	317.620
Impuesto Ley 20.469 (Renta operacional 35%)						585.224	802.402	832.829	832.829	837.416		1.000.272	1.036.132
UTILIDAD DESPUÉS IMPUESTOS		-268.187	-256.174	-3.840.513	-14.501.539	1.588.466	2.177.947	2.260.535	2.260.535	2.272.987	-1.240.732	2.715.024	2.812.359
UTILIDAD DESPUÉS IMPUESTOS %		0%	0%	0%	0%	83%	84%	84%	84%	87%	0%	88%	89%
Depreciación y Amortizaciones		99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409
INVERSIONES	3.578.734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión componentes mantenimiento mayor	3.578.734												
FLUJO DE CAJA NETO	-3.578.734	-168.778	-156.765	-3.741.104	-14.402.129	1.687.875	2.277.356	2.359.944	2.359.944	2.372.397	-1.141.323	2.814.433	2.911.769
FLUJO DE CAJA NETO ACUMULADO	-3.578.734	-3.747.512	-3.904.277	-7.645.381	-22.047.511	-20.359.636	-18.082.279	-15.722.335	-13.362.391	-10.989.995	-12.131.318	-9.316.884	-6.405.116

ITEM	Mes 0	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24
INGRESOS OPERACIONALES		3.176.203	2.868.828	3.176.203	3.073.745	3.946.191	4.284.614	4.427.434	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.284.614	4.427.434
Ingresos por Venta		3.176.203	2.868.828	3.176.203	3.073.745	3.946.191	4.284.614	4.427.434	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.284.614	4.427.434
COSTOS VARIABLES		15.215	15.215	15.215	5.430.551	1.286.848	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701
Costo por operación		15.215	15.215	15.215	5.430.551	1.286.848	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701
Costo de detención		0	0	0	5.415.336	1.270.799	0	0	0	0	0	0	0
Costo de energía		15.215	15.215	15.215	15.215	16.049	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701
MARGEN CONTRIBUCIÓN		3.160.988	2.853.613	3.160.988	-2.356.807	2.659.344	4.263.912	4.406.733	4.406.733	4.263.912	4.406.733	4.263.912	4.406.733
MARGEN CONTRIBUCIÓN %		100%	99%	100%	0%	67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
COSTOS DIRECTOS		101.200	101.200	101.200	452.062	802.925	119.157	117.243	117.243	101.200	101.200	101.200	101.200
Costos mantenimiento		101.200	101.200	101.200	452.062	802.925	119.157	117.243	117.243	101.200	101.200	101.200	101.200
Costos servicios ejecución terceros		0	0	0	350.862	701.725	0	0	0	0	0	0	0
Equipamiento		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Contratos servicios asesoría terceros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacitación		0	0	0	0	0	17.957	16.043	16.043	0	0	0	0
Personal propio adicional		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
EBITDA		3.059.788	2.752.413	3.059.788	-2.808.869	1.856.419	4.144.756	4.289.490	4.289.490	4.162.712	4.305.533	4.162.712	4.305.533
EBITDA %		96%	96%	96%	0%	47%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%
Depreciación y Amortizaciones		99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		2.960.378	2.653.004	2.960.378	-2.908.278	1.757.009	4.045.347	4.190.081	4.190.081	4.063.303	4.206.124	4.063.303	4.206.124
Impuesto Ley 20.026 (Especifico Act. Minera 5%)		148.019	132.650	148.019		87.850	202.267	209.504	209.504	203.165	210.306	203.165	210.306
Impuesto Ley 13.196 (Reservada del cobre 10%)		317.620	286.883	317.620	307.374	394.619	428.461	442.743	442.743	428.461	442.743	428.461	442.743
Impuesto Ley 20.469 (Renta operacional 35%)		1.036.132	928.551	1.036.132		614.953	1.415.871	1.466.528	1.466.528	1.422.156	1.472.143	1.422.156	1.472.143
UTILIDAD DESPUÉS IMPUESTOS		2.812.359	2.520.354	2.812.359	-2.908.278	1.669.159	3.843.079	3.980.577	3.980.577	3.860.138	3.995.817	3.860.138	3.995.817
UTILIDAD DESPUÉS IMPUESTOS %		89%	88%	89%	0%	42%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Depreciación y Amortizaciones		99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409
INVERSIONES	3.578.734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión componentes mantenimiento mayor	3.578.734												
FLUJO DE CAJA NETO	-3.578.734	2.911.769	2.619.763	2.911.769	-2.808.869	1.768.568	3.942.488	4.079.986	4.079.986	3.959.547	4.095.227	3.959.547	4.095.227
FLUJO DE CAJA NETO ACUMULADO	-3.578.734	-3.493.347	-873.584	2.038.185	-770.684	997.884	4.940.373	9.020.359	13.100.345	17.059.892	21.155.119	25.114.666	29.209.893

ITEM	Mes 0	Mes 25	Mes 26	Mes 27	Mes 28	Mes 29	Mes 30	Mes 31	Mes 32	Mes 33	Mes 34	Mes 35	Mes 36
INGRESOS OPERACIONALES		4.427.434	3.998.973	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.284.614	4.427.434
Ingresos por Venta		4.427.434	3.998.973	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.427.434	4.284.614	4.427.434	4.284.614	4.427.434
COSTOS VARIABLES		20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701
Costo por operación		20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701
Costo de detención		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de energía		20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701	20.701
MARGEN CONTRIBUCIÓN		4.406.733	3.978.272	4.406.733	4.263.912	4.406.733	4.263.912	4.406.733	4.406.733	4.263.912	4.406.733	4.263.912	4.406.733
MARGEN CONTRIBUCIÓN %		100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
COSTOS DIRECTOS		101.200	101.200	101.200	101.200	101.200	101.200	119.157	117.243	117.243	101.200	101.200	101.200
Costos mantenimiento		101.200	101.200	101.200	101.200	101.200	101.200	119.157	117.243	117.243	101.200	101.200	101.200
Costos servicios ejecución terceros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipamiento		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Contratos servicios asesoría terceros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacitación		0	0	0	0	0	0	17.957	16.043	16.043	0	0	0
Personal propio adicional		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
EBITDA		4.305.533	3.877.072	4.305.533	4.162.712	4.305.533	4.162.712	4.287.576	4.289.490	4.146.670	4.305.533	4.162.712	4.305.533
EBITDA %		97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%
Depreciación y Amortizaciones		99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		4.206.124	3.777.662	4.206.124	4.063.303	4.206.124	4.063.303	4.188.167	4.190.081	4.047.260	4.206.124	4.063.303	4.206.124
Impuesto Ley 20.026 (Específico Act. Minera 5%)		210.306	188.883	210.306	203.165	210.306	203.165	209.408	209.504	202.363	210.306	203.165	210.306
Impuesto Ley 13.196 (Reservada del cobre 10%)		442.743	399.897	442.743	428.461	442.743	428.461	442.743	442.743	428.461	442.743	428.461	442.743
Impuesto Ley 20.469 (Renta operacional 35%)		1.472.143	1.322.182	1.472.143	1.422.156	1.472.143	1.422.156	1.465.858	1.466.528	1.416.541	1.472.143	1.422.156	1.472.143
UTILIDAD DESPUÉS IMPUESTOS		3.995.817	3.588.779	3.995.817	3.860.138	3.995.817	3.860.138	3.978.759	3.980.577	3.844.897	3.995.817	3.860.138	3.995.817
UTILIDAD DESPUÉS IMPUESTOS %		90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Depreciación y Amortizaciones		99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409	99.409
INVERSIONES		3.578.734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión componentes mantenimiento mayor		3.578.734											
FLUJO DE CAJA NETO		-3.578.734	4.095.227	3.688.188	4.095.227	3.959.547	4.095.227	3.959.547	4.078.168	4.079.986	3.944.307	4.095.227	3.959.547
FLUJO DE CAJA NETO ACUMULADO		-3.578.734	33.305.120	36.993.308	41.088.535	45.048.082	49.143.309	53.102.857	57.181.024	61.261.011	65.205.317	69.300.544	73.260.091

Tasa de descuento	8,5%
Impuesto Ley 20.026 (Específico Act. Minera 5%)	5%
Impuesto Ley 13.196 (Reservada del cobre 10%)	10%
Impuesto Ley 20.469 (Renta operacional 35%)	35%
Valor Presente Neto	2.449.350
TIR	10%