



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

**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO
OPERATIVO: ÁREA MANTENIMIENTO COMPAÑÍA MINERA
CENTINELA**

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

HERMÓGENES ANSELMO ZEPEDA PÉREZ

PROFESOR GUÍA
IVAN BRAGA CALDERÓN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
MANUEL ROJAS VALENZUELA
GERARDO DÍAZ RODENAS

SANTIAGO DE CHILE
2018

RESUMEN

Este estudio realiza un análisis que incorpora la implementación de un nuevo Modelo Operativo, específicamente en el área de mantenimiento de Minera Centinela en el norte de Chile, una compañía productora de concentrado y cátodos de cobre. Los resultados de los indicadores de gestión para los procesos de mantenimiento en sus diferentes áreas de la operación han presentado un alto grado de variabilidad y no han sido estables en el último quinquenio. Estos indicadores se han medido principalmente en costos y KPI de gestión, y reflejan los resultados de la gestión de mantenimiento. Se ha demostrado que estos han influenciado una peor gestión en relación a los resultados finales del negocio, y por estos motivos la compañía buscó mejores maneras de gestionar y medir su desempeño.

Para buscar una solución a este problema, se decidió implementar un Modelo Operativo el segundo semestre del 2017 en las diferentes áreas operativas. Este modelo aprovecha la experiencia de los profesionales que trabajan en la compañía, mediante una metodología clara y formal, usando las mejores prácticas de la industria en la gestión del mantenimiento. Su propósito fue lograr prácticas comunes, procesos estandarizados, roles y responsabilidades claras de todos los trabajadores de la gerencia de mantención, buscando así mejorar los resultados con una mirada de mejora continua. El Modelo Operativo pasó por 4 etapas de implementación, partiendo por un modelo básico que determine el estado futuro al que se quiere llegar, la segunda etapa se describe un modelo detallado que identifique el diseño de un estado final, que considera las matrices de responsabilidades, las descripciones de roles, competencias y el diseño de los procesos, una tercera etapa de especificación donde la compañía identificó cuales fueron las brechas para la implementación del modelo y una etapa final de implementación que corresponde al cierre de estas brechas.

El resultado de este trabajo fue documentar la forma en que el Modelo Operativo fue implementado en el área de mantención de esta compañía minera, identificando los principales procesos y cambios de estructuras implementadas, además se documenta el cambio de roles y responsabilidades en las distintas áreas del mantenimiento y la manera de cómo se comenzó a medir el desempeño del área en términos de indicadores de gestión de procesos y resultados esperados.

Es relevante realizar mejoras a la gestión del mantenimiento en una compañía minera de la gran minería, para el caso de Minera Centinela se ha calculado que un incremento de un 1% en la disponibilidad de los equipos de la planta concentradora, implica un incremento en la utilización de los activos alrededor de 3,5 días adicionales en el año, este incremento de producción representaría un beneficio adicional para la compañía de MUS\$ 8,5.- calculado a datos promedio del año 2017.

SUMMARY

Minera Centinela is a copper concentrate and cathode producer, located in northern Chile and belongs to the Chilean group Antofagasta Mineral. The performance of the management of the maintenance processes in its different areas of the operation have presented a high degree of variability and instability in the last five years. This is measured mainly by cost and result indicators in maintenance management (KPI), whose low performance influenced the final results of the business, for these reasons the company looked for better ways to manage maintenance and implemented a new proactive way of measuring performance.

In search of a solution to this problem, it was decided to implement an Operating Model in the second semester of 2017 in the different operational areas. This model takes advantage of the experience of the professionals who work in the company, through a clear and formal methodology, using the best practices of the industry in maintenance management. Its purpose was to achieve common practices, standardized processes, defined roles and responsibilities for all the positions of maintenance management, seeking to improve the results with a view of continuous improvement. The Operational Model went through 4 stages of implementation; starting with a basic model to establish the future state you want to reach; the second stage describes a detailed model that identifies the design of a final state, which considers the matrices of responsibilities, the descriptions of roles, competences and the design of the processes; a third stage of specification where the company identified the gaps for the implementation of the model and a final stage of implementation that corresponds to the work and closing of these gaps.

The result of this work seeks and aims to document the way in which the Operational Model was implemented in the maintenance area of this mining company, identifying the main processes and changes of structures implemented, as well as the change of roles and responsibilities in the different areas of maintenance and the way in which the performance of the area was measured in terms of process management indicators and expected results.

It is important to make improvements in the management of maintenance in a mining company of the large mining, in the case of Minera Centinela it has been calculated that an increase of 1% in the availability of the equipment of the concentrator plant, implies an increase in the use of the assets around 3.5 additional days in the year, this increase in production would represent an additional benefit for the company of MUS \$8.5.- calculated on average data for the year 2017.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	3
2.1. Alcance.....	4
2.2. Objetivos	4
2.2.1. Objetivo General	4
2.2.2. Objetivos Específicos	4
3. METODOLOGÍA	5
4. MARCO TEORICO	7
4.1. Modelo.....	7
4.2. Modelo Operativo (MO)	7
4.3. Minera Centinela – Antofagasta Minerals.....	8
4.3.1. Reseña Histórica.....	8
4.3.2. Minera Centinela	9
4.3.3. Principales Productos y Servicios	10
4.3.4. Flow Sheet – Diagrama de Procesos.....	11
4.4. Política de Gestión de Activos Mantenimiento Centinela	12
4.4.1. Labores de Mantenimiento.....	12
4.4.1.1. Mantenimiento correctivo	13
4.4.1.2. Mantenimiento predictivo:	13
4.4.1.3. Mantenimiento preventivo:.....	14
4.4.1.4. Mantenimiento proactivo:.....	14
5. DESCRIPCIÓN MODELO OPERATIVO	14
5.1. Los principales beneficios esperados y etapas del Modelo Operativo	16
5.1.1. Modelo Actual de Mantenimiento de Minera Centinela	17
5.1.1.1. Sistema de Gestión y Gobernabilidad.....	18
5.2. Mantenimiento Mapa de Procesos	19
5.3. Estructura de Mantenimiento.....	20

5.3.1. Mantenimiento:.....	20
5.3.2. Ingeniería de Confiabilidad:.....	21
5.3.3. MTBF (tiempo medio entre fallas) Planificación & Programación:	22
5.3.4. Ejecución del Mantenimiento:	23
5.4. Key Performance Indicator (KPI)	23
5.5. Definición de Foros.....	25
5.5.1. Modelo Estándar de los Foros	26
5.5.2. Características de un Foro Efectivo	28
6. EVALUACIÓN DEL MODELO.....	28
6.1. Principales Brechas en el Modelo Actual de Mantenimiento	28
6.2. Cambios Esperados con el Modelo Operativo.....	30
6.3. Responsabilidades de Mantenimiento (MO).....	33
6.3.1. Matriz de Toma de Decisiones de Mantenimiento	34
6.3.2. Principales Entregables:.....	36
6.4. Evaluación de KPI´s de Procesos y Resultados.....	38
6.4.1. Evaluación KPI de Procesos por Áreas.....	40
6.4.1.1. KPI´s de Procesos Mina.....	40
6.4.1.2. KPI´s de Procesos Planta Concentradora.....	41
6.4.1.3. KPI´s de Procesos Planta Hidrometalurgia	42
6.4.2. Evaluación KPI de Resultados por Áreas.....	43
6.4.2.1. KPI´s de Resultados Mina.....	43
6.4.2.2. KPI´s de Resultados Planta Concentradora.....	45
6.4.2.3. KPI´s de Resultados Planta Hidrometalurgia	47
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
7.1. Conclusiones.....	49
7.2. Recomendaciones.....	50
8. BIBLIOGRAFÍA	51
9. ANEXOS	52
9.1. ANEXO A: KPI de Procesos y Resultados	52
9.1.1. KPI de Procesos	52

9.1.1.1.	KPI-01-Solicitud de trabajos atrasados	52
9.1.1.2.	KPI-02- Horizonte de Planificación	52
9.1.1.3.	KPI-03-Capacidad Programada	53
9.1.1.4.	KPI-04-Adherencia al programa semanal	53
9.1.1.5.	KPI-05-Trabajo Planificado	53
9.1.1.6.	KPI-06-Ordenes atrasadas	54
9.1.1.7.	KPI-07-Ordenes canceladas	54
9.1.1.8.	KPI-08- Cumplimiento Semanal.....	54
9.1.2.	KPI de Resultado	55
9.1.2.1.	KPI-Disponibilidad Mantención	55
9.1.2.2.	KPI-Utilización Efectiva.....	55
9.1.2.3.	KPI-Tiempo medio entre fallas.....	55
9.1.2.4.	KPI- Tiempo medio de reparación	55
9.2.	ANEXO B: Foros Área de Mantención	56
9.2.1.	Foros Área de Mantención	56
9.2.1.1.	Reunión de desempeño y KPI´s de resultados	56
9.2.1.2.	Reunión Gerencia Mantenimiento.....	56
9.2.1.3.	Reunión Excelencia Operacional Mantenimiento.....	57
9.2.1.4.	Reunión de priorización por proceso	57
9.2.1.5.	Reunión Programación Semana +1	57
9.2.1.6.	Mejoras, Cambios y Vulnerabilidad.....	58
9.2.1.7.	Recursos Compartidos.....	58
9.2.1.8.	Reunión Inicio / Cambio de turno (por equipo).....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de producción de Minera Centinela.....	10
Tabla 2: Ejemplo estándar de ejecución de los Foros.....	27
Tabla 3: Matriz Decisiones en Mantenimiento.....	34
Tabla 4: Matriz Decisiones con Operaciones y Proyectos	34
Tabla 5: Matriz Decisiones Integridad de Activos con Planificación Producción	35
Tabla 6: Matriz Decisiones con Abastecimiento	35
Tabla 7: Matriz Decisiones con Finanzas, Seguridad y RRHH.....	36
Tabla 8: Principales Entregables por Área	36
Tabla 9: Responsabilidades de los KPI´s.....	37
Tabla 10: Responsabilidades Áreas Mantenimiento	38
Tabla 11: Resumen Disponibilidad Equipos Mina	43
Tabla 12: Resumen Disponibilidad Equipos Planta Concentradora	45
Tabla 13: Resumen Disponibilidad Equipos Planta Hidrometalurgia.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

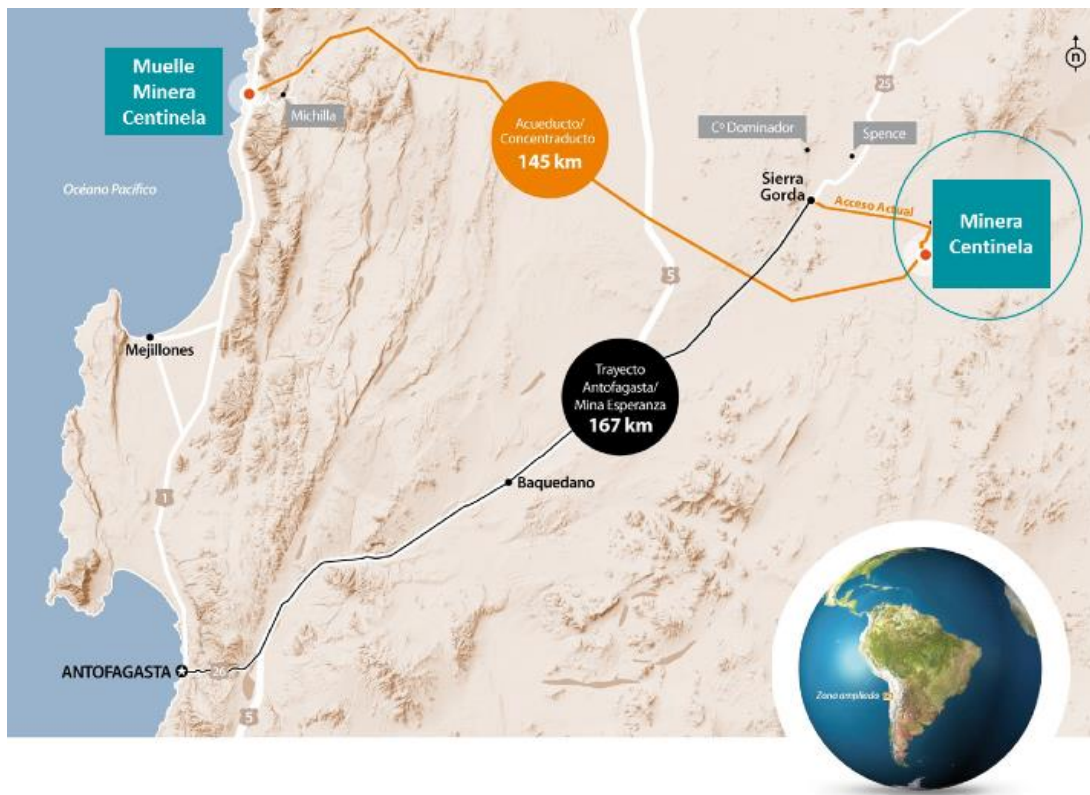
Figura 1: Ubicación de Minera Centinela -AMSA	1
Figura 2: Desarrollo del marco metodológico	5
Figura 3: Etapas del modelo de gestión de cambio del M.O.	6
Figura 4: AMSA crecimiento acelerado desde el inicio de sus operaciones	8
Figura 5: Ubicación de Minera Centinela –AMSA	9
Figura 6: Flow Sheet de la Planta Concentradora	11
Figura 7: Flow Sheet de la Planta de Hidrometalurgia	11
Figura 8: Lineamientos claves del Modelo de Mantenimiento	18
Figura 9: Proceso Gestión del Mantenimiento.....	19
Figura 10: Mapa de proceso Mantenimiento	19
Figura 11: Diseño de nueva estructura de Mantenimiento	20
Figura 12: Estrategia de mantenimiento KPI´s	24
Figura 13: Modelo de participación de los Foros.....	27
Figura 14: Gráfico KPI de Proceso reales Mina 2017	40
Figura 15: Gráfico Tendencia KPI de Proceso Mina 2017	40
Figura 16: Gráfico KPI de Proceso reales Planta Concentradora 2017	41
Figura 17: Gráfico Tendencia KPI de Proceso Planta Concentradora 2017	41
Figura 18: Gráfico KPI de Proceso reales Planta Hidrometalurgia 2017	42
Figura 19: Gráfico Tendencia KPI de Proceso Planta Hidrometalurgia 2017	42
Figura 20: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Física Transporte (2017)	43
Figura 21: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Física Palas (2017).....	44
Figura 22: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Física Perforadoras (2017)	44
Figura 23: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Chancador Primario 2017	45
Figura 24: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Chancado Secundario 2017	46

Figura 25: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Molino Sag 2017.....	46
Figura 26: Gráfico MTBF-MTTR– Disponibilidad Chancado &Apilamiento (2017)	47
Figura 27: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Ripios (2017)	48
Figura 28: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad MDC (2017)	48

1. INTRODUCCIÓN

Minera Centinela nació el 7 de julio de 2014, producto de la integración de las mineras “El Tesoro” y “Esperanza”, es una empresa creada y operada por Antofagasta Minerals, un grupo privado nacional que participa en el surgimiento de la nueva minería, que busca incorporar tanto en su diseño como en su operación el compromiso con el respeto a las personas, la sustentabilidad e innovación tecnológica a sus procesos. La compañía es un yacimiento minero de cobre y oro, que está emplazada a 2.800 metros de altura, a 180 kilómetros al noreste de la ciudad de Antofagasta. Actualmente se encuentra en etapa de operación y sus reservas se estiman en 587 millones de toneladas, con una ley de 0.53% total, con más 0,22 gramos de oro por tonelada.

El proyecto contempló una inversión total de US 2.700 millones y su estructura societaria está compuesta en un 70% de propiedad de Antofagasta Minerals y un 30% de Marubeni Corporation.



Referencia: Harris Gomez Group

Figura 1: Ubicación de Minera Centinela -AMSA

En la búsqueda de procesos operacionales más eficientes, que fortalezcan una disciplina operativa que responda a los compromisos de la compañía y que incorporen las mejores prácticas para hacer más sustentables la operación, Minera Centinela diseño e implementó un nuevo Modelo Operativo.

El modelo partió su implementación dentro del segundo semestre del 2017 y busca fortalecer los procesos de planificación, operación y mantención de la compañía, soportadas por una función de excelencia operacional con foco en la mejora continua.

“El Modelo Operativo es un estilo de gestión que permite fortalecer los procesos claves de la operación para asegurar su continuidad y el cumplimiento de los compromisos productivos instaurándose como un habilitador de crecimiento de la compañía” [Amsa, 2017].

La implementación de este modelo en el área de mantenimiento permitirá una adecuada segregación de responsabilidades, diseño de los procesos e implementación de indicadores claves de gestión, además de relevar el mantenimiento al mismo nivel de operaciones, como pilares estratégicos del negocio.

Antofagasta Minerals y específicamente en Minera Centinela, se encuentra en permanente revisión y mejora de la forma de trabajar, con foco en hacer las operaciones de las organizaciones más competitivas. AMSA es un Grupo Minero que apuesta por una visión de crecimiento que permita el desarrollo de sus trabajadores, colaboradores y comunidades cercanas. Así mismo la empresa necesita generar las confianzas y credibilidad en cuanto al cumplimiento de sus compromisos en materia de producción.

En este sentido, la implementación de un nuevo modelo de gestión operacional en el mantenimiento permitirá estandarizar criterios, equilibrar roles y clarificar responsabilidades, además de generar acuerdos y mejorar la efectividad de las interfaces entre áreas. En definitiva, establecer prácticas concretas y simples en los distintos niveles de la organización.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: En el capítulo siguiente se presenta la “Justificación del Problema” indicando la necesidad de implementar un nuevo Modelo Operativo, seguido por el “Alcance y los Objetivos” de esta tesis, luego el capítulo 5 se describe la “Metodología” usada para investigar este proyecto de tesis, se presenta el “Marco Teórico” en el capítulo 6 que describe que es un modelo operativo, da una descripción de Minera Centinela y explica los temas relevantes de las áreas que gestionan el mantenimiento industrial en forma general, para luego detallar la “Descripción del Modelo Operativo” en el capítulo 7. En el capítulo 8 se realiza una “Evaluación del nuevo Modelo Operativo” describe entre otros los principales beneficios y los cambios esperados con el nuevo M.O., se entregan una recopilación de las métricas reales de los KPI de proceso y resultado de la Gerencia de Mantenimiento en la gestión de los activos físicos bajo su responsabilidad. Para concluir en el capítulo 9 se resume las “Conclusiones y Recomendaciones” más importantes de este trabajo y se finaliza esta tesis con un apartado de “Bibliografía” y dos anexos con información de apoyo para mayor entendimiento de los KPI utilizados y los Foros que implementa el nuevo Modelo Operativo.

2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Este proyecto de tesis estudia la manera en que un nuevo Modelo Operativo fue implementado en el área de mantención de esta compañía minera, entregando detalles de los procesos involucrados, así como también los cambios de estructuras a implementados, documentando el cambio de roles y responsabilidades en las distintas áreas del mantenimiento y la manera de cómo se comenzó a medir el desempeño del área en términos de indicadores de gestión de procesos y resultados esperados. Lo anterior con el interés de establecer un documento que pueda servir de estudio o guía para la implementación de cambios similares en otras áreas de mantenimiento en compañías similares.

Dado la alta variabilidad en la operación debido a fallas y restricciones que presentan los procesos productivos es necesario implementar un estilo diferente y mejorado que fortalezca los procesos claves del mantenimiento de una manera transversal para toda la compañía para asegurar su continuidad y el cumplimiento de los compromisos productivos, instaurándose como un habilitador de crecimiento de la Compañía.

La implementación de este modelo permitirá una adecuada segregación de responsabilidades, una planificación enfocada en una generación estructurada y sistemática hacia los planes de producción de corto y largo plazo, además de relevar el mantenimiento al mismo nivel de operaciones, como pilares estratégicos del negocio. En la búsqueda de procesos más predecibles, que reduzcan la variabilidad y por ende la ocurrencia de eventos inesperados, resguardando así la seguridad de los trabajadores.

La metodología a utilizar será un análisis detallado del modelo a implementar en la compañía, específicamente en la Gerencia de Mantención, se analizan cuatro etapas hasta su implementación, partiendo por un modelo básico que determine el estado futuro al que se quiere llegar, identificando responsabilidades. Para medir y cuantificar los resultados se realiza un análisis del comportamiento de los procesos del área de mantenimiento con la evolución y desempeño para el año 2017 de los principales indicadores claves de gestión de procesos y resultados que medirán el futuro desempeño, se describirá un modelo detallado que identifique el diseño de un estado final, que considere a lo menos las matrices de responsabilidades, las descripciones de roles y competencias, el diseño de los procesos y el plan de descripción del cambio. Una tercera etapa de especificación de la compañía que identifique cuales son las brechas para la implementación del modelo donde se analice como por ejemplo la productividad laboral, las brechas encontradas en roles, competencias y procesos, definición de las estructuras del modelo y una etapa final de implementación que corresponde al cierre de brechas.

Una vez precisada la justificación de este trabajo es relevante pasar a revisar en los capítulos siguientes el alcance de este estudio que describe las áreas y la compañía donde estará enfocada la investigación, inmediatamente se revisaran los objetivos generales y específicos para fijar las expectativas de este informe.

2.1. Alcance

Este trabajo está enfocado en la Gerencia de Mantenimiento de Minera Centinela. Este estudio está orientado específicamente a los procesos de mantenimiento y como las diferentes áreas que componen la Gerencia interactúan para desarrollar sus actividades funcionales, describiendo sus entregables, las principales responsabilidades y la definición de los indicadores de gestión utilizados para medir el desempeño, la gestión del mantenimiento con un modelo simple debe quedar cubierta con las siguientes áreas:

- Planificación y Programación
- Ejecución del mantenimiento
- Ingeniería de mantenimiento y Confiabilidad

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Este estudio realiza un análisis que sintetiza la implementación de un nuevo “Modelo Operativo”, específicamente en la Gerencia de Mantenimiento de Minera Centinela, este trabajo busca describir y resumir la manera como un cambio tan relevante fue implementado en esta compañía minera de manera que este trabajo pueda servir de guía a otras compañías que desarrollen un proceso de cambio similar.

2.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los procesos del modelo de gestión en mantenimiento, su implementación, definición y descripción en forma clara y simple.
2. Identificar las metas, los indicadores claves de gestión a implementar, considerando los KPI de procesos y resultados.
3. Evaluación del modelo por medio de los resultados obtenidos con los nuevos KPI implementados.
4. Identificar la nueva estructura organizacional y su simplicidad organizacional en la ejecución de los procesos definidos en un nuevo Modelo Operativo.
5. Identificar los roles de la estructura organizacional de los procesos definidos, dentro del ciclo de gestión del Mantenimiento.

3. METODOLOGÍA

El presente capítulo describe las sesiones que fueron abordadas en este trabajo para desarrollar el marco metodológico, se describe el tipo de investigación, las técnicas y consideraciones que se usaron para realizar la investigación. En definitiva, es el cómo se realizó la investigación para mostrar la implementación del nuevo Modelo Operativo en la Gerencia de Mantenimiento de Minera Centinela.

Para llevar un orden en la investigación se tomó como referencia lo indicado en [M. Gomez, 2016], donde plantea que para desarrollar un proceso de investigación se deben considerar a lo menos los siguientes elementos.

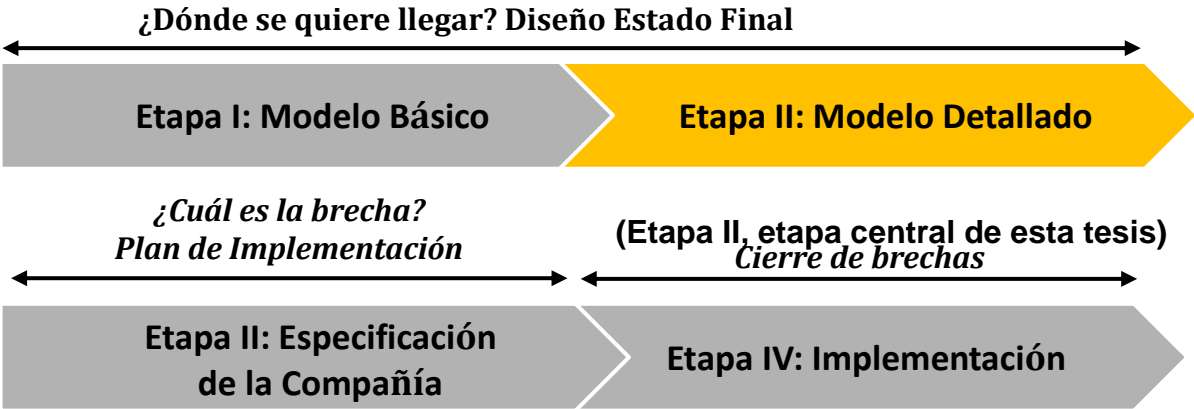


Referencia: [M. Gomez, 2016] Introducción a la Metodología de la Investigación Científica

Figura 2: Desarrollo del marco metodológico

1. Grado de investigación o nivel de investigación, se revisará con un nivel de profundidad los temas para describir el nuevo MO, se realizará una investigación del tipo descriptiva, que muestra en forma independiente los procesos o las diferentes variables del MO, sin querer en esta etapa formular hipótesis, estas estarán descritas en el objetivo general y objetivos especificados de esta tesis.
2. Diseño de la investigación, en esta etapa es la estrategia que se adoptará para presentar la descripción del nuevo modelo, se tendrá en el diseño la clasificación de una investigación de campo, que considerará la obtención de la información directamente de los procesos donde se están generando los hechos, sin modificar o manipular ningún resultado.
3. Muestreo de los datos, los datos son fundamentales para desarrollar las conclusiones finales de esta tesis, los datos considerados serán los mismos reportes emitidos por el área de Confiabilidad de la Gerencia de Mantenimiento, que son datos absolutamente representativos del resultado del negocio que consideró el año 2017 completo, se describirán en detalles el uso de los indicadores de gestión en el **Anexo A** y la metodología de cálculo para cada uno de estos KPI's. En definitiva, se usará un muestreo de datos de tipo intencional, donde se seleccionará un grupo de indicadores para el periodo del año 2017, que represente de manera confiable el comportamiento de la gestión del mantenimiento antes y después de la implementación del MO.
4. Análisis de los datos, en la etapa Evaluación del Modelo de esta tesis se describirán un análisis de los datos obtenidos, donde serán clasificados, graficados, tabulados de modo que sean interpretados con técnicas lógicas y/o estadísticas usadas para una mejor descripción que muestren los datos que sean obtenidos desde los diferentes procesos.

En resumen, la metodología implementada es un análisis detallado del modelo implementado en proceso de gestión de cambio en la compañía, específicamente en la Gerencia de Mantenimiento, se realiza una descripción general de las cuatro etapas que requirió la implementación del modelo hasta su implementación. La “Etapa I” corresponde al modelo básico que determina el estado futuro al que se quiere llegar, identificando las responsabilidades y los principales indicadores claves de gestión que medirán el futuro desempeño. Esta tesis se centra en la “Etapa II” de implementación que se refiere al modelo detallado donde se identifica el diseño de un estado final, que considere a lo menos las matrices de responsabilidades, las descripciones de roles y competencias, el diseño de los procesos, los indicadores claves a utilizar y el plan de descripción del cambio, en esta etapa se responderán los objetivos específicos, centrarse en esta etapa se debe principalmente a dar foco al modelo utilizado en el área de mantenimiento etapa que pudo ser analizada en este proyecto de tesis. Una “Etapa III” de especificación de la compañía que identifique cuales son las brechas para la implementación del modelo donde se analice como por ejemplo la productividad laboral, las brechas encontradas en roles, competencias y procesos, definición de las estructuras del modelo y una “Etapa IV” que es la final de implementación que corresponde al cierre de brechas.



Referencia: Antofagasta Minerals

Figura 3: Etapas del modelo de gestión de cambio del M.O.

Revisada la metodología se indica a continuación el marco teórico donde se describe que es un Modelo Operativo, se entrega información relevante del lugar donde se desarrolla esta tesis que es Minera Centinela, específicamente la Gerencia de Mantenimiento que tiene bajo su responsabilidad mantener y conservar los activos físicos de la compañía, además se termina el capítulo con una descripción de que comprende las labores de mantenimiento industrial para que un equipo sea conservado o restaurado de manera adecuada.

4. MARCO TEORICO

4.1. Modelo

¿Qué se entiende por propuesta de un Modelo?

La real academia de la lengua reconoce que un modelo consiste en un esquema teórico, generalmente en forma conceptual o matemática de un sistema de una realidad compleja, como la evolución económica que se elabora para facilitar la comprensión y el estudio de su comportamiento. Una opinión muy cercana es la que manifiesta [MILGROM ,1999] *“un modelo consiste en una representación abstracta, conceptual, grafica de fenómenos o procesos reales”*. Un modelo permite determinar un resultado final a partir de dos reglas fundamentales que se mencionan a continuación:

- Reglas para la representación del input y el output: Estas reglas permiten construir partiendo de una realidad física definir un conjunto de datos de entrada, a partir de ellos el modelo proporcionara un resultado final, este será una interpretación del efecto de las condiciones iniciales sobre la realidad física.
- Estructura interna que dependerá del tipo de modelo: Corresponde a la estructura interna que permite definir una correspondencia entre el input y el output, de esto depende si el modelo es clasificado como determinista o no.

4.2. Modelo Operativo (MO)

Las organizaciones modernas tienen en la actualidad un amplio campo de acción para organizarse en la búsqueda de mejoras en su gestión y resultados. En las áreas de Operaciones una de las herramientas de mayor utilización para enfocar mejoras es el MO. No existe una sólo visión de cómo definir este concepto, por lo que se debe adaptar a las condiciones particulares de las empresas y a sus operaciones. Una serie de empresas, asesores y autores proponen la forma correcta de implementar un “modelo operativo”, los cuales dan una serie de características y consideraciones que se deben tomar en cuenta a la hora de implementar un MO.

Molins Pera: *“El modelo operativo, se deriva directamente y consiste en la definición detallada de las líneas de acción a ejecutar, los medios requeridos y los agentes ejecutores para lograr el futuro propuesto para el objeto o sistema a planificar”* [MOLINS, 1988].

HayGroup: *“El modelo operativo pretende concretar qué actividades y procesos debe realizar la organización para aportar valor a los clientes, socios y otras partes interesadas. Asimismo, determina dónde se realizan estas actividades y cómo se deben gestionar y controlar”* [HayGroup, 2017].

Ross, Weill, Robertson: *“Los Modelos Operativos poseen dos dimensiones fundamentales, la estandarización de los bienes y servicios a los clientes y la integración de los procesos del negocio, definen cuatro tipos de MO: Diversificado, coordinado, replicado y unificado”* [Ross, Weill, Robertson, 2006].

Para este trabajo se definirá como Modelo Operativo una representación estructurada de la organización, es un estilo de gestión que permite fortalecer los procesos claves de la

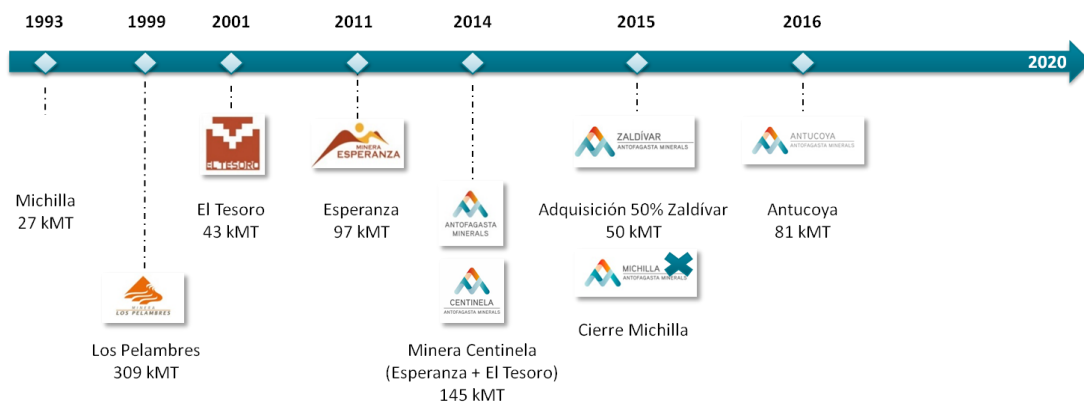
operación para asegurar su continuidad y el cumplimiento de los compromisos productivos, instaurándose como un habilitador de crecimiento de la empresa.

La implementación de este modelo permitirá una adecuada segregación de responsabilidades, una planificación enfocada en una generación estructurada y sistemática de los planes de producción de corto y largo plazo, además de relevar el mantenimiento al mismo nivel de operaciones, como pilares estratégicos del negocio.

4.3. Minera Centinela – Antofagasta Minerals

4.3.1. Reseña Histórica

Como parte del esfuerzo por asegurar su crecimiento futuro de forma más eficiente, Antofagasta Minerals busca la implementación en sus operaciones mineras, incluida Minera Centinela un nuevo Modelo Operativo, este Modelo Operativo, busca implementar y reunir con una metodología clara y formal las mejores prácticas de la industria en la gestión del mantenimiento, aprovechando las prácticas y experiencia desarrolladas por los profesionales que trabajan en la compañía, con el propósito de implementar prácticas comunes, procesos estandarizados, roles y responsabilidades claros de todos los trabajadores de la gerencia de mantenimiento, buscando mejorar los resultados de con una mirada de mejora continua.



Referencia: Minera Centinela

Figura 4: AMSA crecimiento acelerado desde el inicio de sus operaciones

Antofagasta Minerals ha multiplicado por 10 su producción en los últimos 25 años, pasando de 50 kMT a 700 kMT de producción de cobre fino, que representó un 15% de la producción de cobre de Chile para el año 2014, lo cual obliga a repensar la manera de operar, el mercado ha mostrado inestabilidad, con una fuerte disminución en los precios que obliga a aumentar eficiencia, ha sufrido una pérdida de competitividad, con un incremento de costos cercano a 38% del 2010 al 2015, en comparación con un 33% de la industria. Cuenta con operaciones cada vez más complejas, con menores leyes, peores condiciones mineras y un contexto social cada vez más exigente.

El crecimiento por medio de incorporación de nuevas operaciones motiva el uniformar estructuras organizacionales para hacerlas equivalentes y fomentar movilidad, AMSA ha tenido una pérdida de prácticas operacionales en las áreas: Planificación de la

Producción, Mantenimiento y Operaciones, que obligan a modificar su forma de hacer las cosas.

4.3.2. Minera Centinela

Minera Centinela es una empresa creada y gestionada por Antofagasta Minerals, es una empresa creada y operada por Antofagasta Minerals, es un grupo privado nacional que quiere ser parte del surgimiento de la nueva minería, que busca incorporar tanto en su diseño como en su operación el compromiso con el respeto a las personas, la sustentabilidad e innovación tecnológica a sus procesos. La compañía es un yacimiento minero de cobre y oro, que está emplazada a 2.800 metros de altura, a 180 kilómetros al noreste de la ciudad de Antofagasta. Actualmente se encuentra en etapa de operación y sus reservas se estiman en 587 millones de toneladas, con una ley de 0.53% total, con más 0,22 gramos de oro por tonelada.

El proyecto contempló una inversión total de US 2.700 millones y su estructura societaria está compuesta en un 70% de propiedad de Antofagasta Minerals y un 30% de Marubeni Corporation.

VISIÓN

"Ser un referente mundial en el desarrollo y operación sustentable, económica, social y Medio-ambientalmente, de un yacimiento de baja ley (Cu, Au y Mo); queremos ser empleadores preferidos en la Región de Antofagasta y ser altamente reconocidos por nuestros trabajadores, colaboradores, accionistas, la comunidad y las autoridades".

MISIÓN

"Superarnos permanentemente para crecer de manera sustentable, trabajando en forma colaborativa para alcanzar los mejores indicadores de la industria minera, y cumplir nuestros compromisos de producción de cobre y oro."



Referencia: Antofagasta Mineral / NME, Revista digital noviembre 2014

Figura 5: Ubicación de Minera Centinela –AMSA

4.3.3. Principales Productos y Servicios

Existen dos procesos en paralelo en donde se extraen los principales productos en las instalaciones de Centinela Sulfuros se extrae el concentrado de cobre y el oro, mientras que en las dependencias de Centinela Óxidos se producen los cátodos de cobre.

Concentrado de Cobre: El proceso de esta línea comienza con la extracción del mineral proveniente del yacimiento y prosigue hacia las etapas de chancado, molienda, obtención y concentrado. El producto que se obtiene es una pulpa espesa compuesta en un 63% de sólidos el cual es transportado por gravedad a través de una concentra-ducto que recorre 145 kilómetros desde el sector de la planta de sulfuros hasta el puerto de Michilla para embarcar.

Cátodos de Cobre: El proceso de producción utilizado en la línea de óxidos es la lixiviación en pilas dinámicas del mineral chancado y aglomerado, el que posteriormente ingresa a la fase de extracción por solventes y de electro-obtención que proporciona como producto final el cobre catódico. Cada cátodo tiene una dimensión aproximada de 1 [m] de largo por 1 [m] de ancho y 4 [mm] de espesor. Posteriormente son embarcados en el puerto de Antofagasta.

Tabla 1: Resumen de producción de Minera Centinela

Producción 2017	Producción de Cobre	Producción de Oro	Producción de Plata
Minera Centinela	228,4 kTon	157,0 kOz	1.202,9 kOz
Concentrado de Cobre [ton]	163,9 kTon		
Cátodos de Cobre [ton]	64,5 kTon		

Referencia: Web Antofagasta Minerals

4.3.4. Flow Sheet – Diagrama de Procesos



Referencia: Minera Centinela

Figura 6: Flow Sheet de la Planta Concentradora



Referencia: Minera Centinela

Figura 7: Flow Sheet de la Planta de Hidrometalurgia

4.4. Política de Gestión de Activos Mantenimiento Centinela

Alinear todas las actividades de mantenimiento con la estrategia definida en los niveles de dirección, táctico y operativo es propio de la transformación de las prioridades del negocio en prioridades de mantenimiento. La implementación y aplicación disciplinada de los procesos proveerán a Minera Centinela de un sistema de gestión de activos apropiado que permita maximizar el beneficio y minimizar el riesgo, entregando resultados sustentables, operando a capacidades de diseño durante todo el ciclo de vida de los activos [Centinela, 2015].

VISIÓN

“Contribuir al logro de resultados seguros y sustentables para la Operación de Minera Centinela, con un equipo de personas altamente motivado, siendo reconocidos como un área de gestión de activos físicos de desempeño sobresaliente, en AMSA”

4.4.1. Labores de Mantenimiento

El mantenimiento se comprende como las labores necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición específica y así poder garantizar la disponibilidad y confiabilidad planificada para las funciones deseadas, satisfaciendo los requerimientos de calidad de la empresa.

Según [ARATA, 2015], *“para determinar la estrategia de mantenimiento se tiene que evaluar los beneficios y consecuencias de cada una de ellas”*. Es por esto que es necesario tener conocimiento de los requerimientos y el contexto de la operación donde se evaluarán las estrategias desde el punto de vista factibilidad técnica y económica.

Para lograr los objetivos del mantenimiento es necesario establecer cual o cuales son las técnicas más adecuadas para cumplir lo requerido, a continuación se presentan definiciones de mantenimiento según normas internacionales y luego tipos o estrategias de mantenimiento implementados en Centinela.

- Según las **Norma Francesa AFNOR NF X 60-010**: *“El conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o a una situación tal que pueda asegurar un servicio determinado”*.
- Según **Norma militar norteamericana MIL-STD-721 C**: *“Todas las acciones necesarias para conservar un ítem en un estado especificado o restablecerlo a él”*.
- Según **Organización Europea de Mantenimiento**: *“La función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos”*.
- Según la **Norma Británica BS 3811**: *“La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas tendientes a conservar un ítem o restablecerlo a un estado tal que pueda realizar la función requerida”*.

4.4.1.1. Mantenimiento correctivo

Comprende toda actividad destinada a solucionar y corregir aquellos imprevistos que afectan la disponibilidad de planta o equipos y el funcionamiento de los sistemas. Para la corrección de fallas existen dos formas de ejecución: emergencias, cuando sucede una falla en los equipos de manera imprevista, ocasionando detención de los mismos debiéndose atender de inmediato, sin previa planificación. Programable; cuando existe, o se detecta un problema o falla en los equipos, pudiendo ser canalizada a través de un programa de trabajo, previo análisis de la prioridad de la actividad [Centinela, 2015].

- Costo de implementación mínimo
- No requiere planeamiento
- No requiere controles o inspecciones
- No ataca las causas de las fallas
- Tiempos de ejecuciones inciertos
- Puede surgir una avería grande no haber revisión
- Costos de mantenimiento no controlables
- Paradas imprevistas de producción [Klimasauskas, 2012]

4.4.1.2. Mantenimiento predictivo:

Comprende la verificación del comportamiento de forma sintomática destinada a determinar las condiciones reales de operación (mecánica y eléctrica) del equipo, sistema e instalación del área, para predecir el inicio de una falla y anticipar su intervención. Las principales técnicas para el monitoreo de las variables a controlar son: análisis de aceite, termografías, vibraciones mecánicas, ultrasonido y desgastes [Centinela, 2015].

- Evitar paradas por roturas, impide paradas de equipos.
- Mayor disponibilidad de activos
- Analiza el comportamiento de un componente a lo largo del tiempo sin dejar que colapse.
- Menores costos de mano de obra y materiales
- Reduce horas extras, paradas imprevistas y tiempos de mantenimiento.
- Elimina las inspecciones periódicas Programadas que incluyen desmontajes o desarmados de activos o partes de ellos.
- Elimina pérdidas de producción
- Altos costos de implementación:
- Altos niveles de capacitación
- No es aplicable a todos los componentes ni a todos los activos

- Largos períodos de implementación
- Necesidad de grandes archivos de información, planificación y programación:
- Altos costos de implementación [Klimasauskas, 2012]

4.4.1.3. Mantenimiento preventivo:

Todo tipo de actividad que se realiza antes que ocurra una falla para evitar que suceda, disminuir sus efectos, limitar su desarrollo, evitar o disminuir el daño. Tiene un contenido que, generalmente, está escrito en una pauta o lista de chequeo o lista de trabajos. Es una actividad normalmente programada y está contenida en el Plan Maestro de Mantenimiento. La actividad más característica del Mantenimiento Preventivo es la Inspección que puede ser hecha con instrumentos sencillos y poco sensibles o con equipos complejos y de muy alta sensibilidad. También se realizan otros trabajos como Ajustes, Reparaciones, Cambios o Servicios que tienen por objeto aumentar el tiempo entre reparaciones, alargar la vida útil de los componentes y corregir desajustes producidos por la operación normal de los equipos [MAI, 2003].

4.4.1.4. Mantenimiento proactivo:

Es una técnica del mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio [Mantenimiento Industrial, 2008]

5. DESCRIPCIÓN MODELO OPERATIVO

Sobre la base de lo indicado en el capítulo anterior, en este apartado se continua desarrollando una explicación en más detalle de la descripción del nuevo Modelo Operativo (M.O.), indicando cuáles serán los principales beneficios esperados y se revisaran en detalles las estructuras de las áreas involucradas, los sistemas de gestión y procesos impactados por el nuevo M.O.

El M.O. es una nueva manera de gestionar las operaciones en Minera Centinela, como se mencionó antes, la descripción detallada del modelo para este trabajo está centrada en la Gerencia de Mantenimiento. Este modelo permitirá estandarizar criterios en la gestión y ejecución del mantenimiento, equilibrar los roles y responsabilidades para los diferentes cargos en las áreas de Planificación, Programación, Ejecución e Ingeniería de

Confiabilidad de mantenimiento, con el propósito de optimizar las prácticas de trabajo, los esfuerzos y el tiempo dedicado al desempeño y ejecución de las labores.

Una vez que el M.O se encuentre implementado, dado su nivel de estandarización será posible simplificar las posibilidades de movilidad de los trabajadores dentro de la Compañía en la búsqueda de incrementar su desarrollo profesional. Este modelo también busca el fortalecimiento de los procesos claves para asegurar el cumplimiento de los compromisos de la Gerencia de Mantenimiento generando una ventaja competitiva a través de principios operativos comunes, de esta manera apalancar en forma positiva el cumplimiento de objetivos de la Compañía.

El foco clave del M.O. en Minera Centinela no está sólo centrado en el área de mantenimiento, también involucra y compromete las áreas de Operaciones y Planificación de la producción, en cada uno de estas áreas identifica un único responsable en las decisiones claves, identificando quien debe hacer y decidir cómo se desarrollan las actividades y en qué nivel se deben tomar las decisiones y con qué nivel de empoderamiento, en inglés es muy usada la palabra “accountability” para definir quien se hace cargo.

Los roles y responsabilidades es una prioridad del M.O., de manera que la organización se enfoque en los “drivers” de los procesos y que los resultados se conviertan en una consecuencia del mejoramiento continuo y la buena gestión.

Una organización balanceada es clave para asegurar el ‘span of control’, en el diseño de la estructura con una definición de 5 niveles máximo desde el Gerente General hasta los niveles operativos buscan poner la responsabilidad donde corresponde, además reducen las indefiniciones e incrementa el nivel de profundidad en el análisis de los procesos [Amsa- 2017].

A continuación se hace una descripción del alcance global del Modelo Operativo en las diferentes áreas operativas involucradas:

- 1) **Operaciones:** esta área incluye a Operaciones Mina, Planta y Servicios de apoyo a la operación, busca fortalecer la disciplina operacional y minimizar variabilidad de procesos
 - **Medios para cumplir el resultado:** Se integran principios operativos comunes con “accountabilities” más claros donde se crea la función de “Servicios de Soporte a la Operación” que libera y permite a las áreas de Operaciones y Mantenimiento más enfocados a la producción, se establece un área que busca implementar mayor inteligencia operacional a través de la gestión de procesos.
- 2) **Planificación de la Producción:** Área encargada de formular los planes de producción desafiantes y de calidad, que busca asegurar el potenciamiento a la adherencia a los compromisos productivos.
 - **Medios para cumplir el resultado:** Desarrollar una nueva función de control y conciliación de los planes de producción enfocada en adherencia a planes productivos presupuestados y establecido en los programas semanales con “accountabilities” claros en la planificación de los recursos, definiendo una metodología del tipo P90 para dar mayor precisión a los

planes, donde se pueda ajustar el ciclo de planificación más cortos y con mayor foco.

3) **Excelencia Operacional:** Área encargada en identificar y capturar el potencial máximo de los activos productivos.

- **Medios para cumplir el resultado:** Implementar nueva área enfocada en la metodología de mejora continua, incorporándola para desafiar y apoyar a las áreas en la optimización del desempeño, creando un portafolio de iniciativas para maximizar el potencial de las operaciones, con monitoreo continuo, sistemáticos tendientes a identificar y reportar la captura de valor del negocio minero.

4) **Mantenimiento (foco principal de este proyecto de tesis):** El M.O, define en la etapa de diseño la función del área de mantenimiento como el área que debe asegurar el desempeño y confiabilidad de activos físicos en todo su ciclo de vida.

- **Medios para cumplir el resultado:** Integrar las áreas de Confiabilidad, Planificación y Ejecución en una única Gerencia de Mantenimiento, fortaleciendo la función de Ingeniería de Confiabilidad, desarrollando una nueva función de “Integridad de Activos Físicos” enfocada en los riesgos de alto impacto, asegurando la disciplina en el uso del sistema ERP SAP.

5.1. Los principales beneficios esperados y etapas del Modelo Operativo

Beneficios Esperados:

Disciplina Operacional; diseñar una nueva organización enfocada en los procesos con roles y responsabilidades claros busca asegurar la disciplina operacional, dado que se optimizarán las prácticas de trabajo y el tiempo y la manera de enfrentar las tareas, esto debido al ordenamiento de la manera como se interactúa en las reuniones que el M.O. las define como “Foros” para hacer interactuar los procesos y subprocesos.

Roles Claros; una organización más simple y balanceada, con responsabilidades definidas y claras para cada cargo, esta nueva forma de organización agiliza la toma de decisiones más críticas, asegurando los controles críticos en los riesgos asociados a la seguridad y salud de las personas, el cuidado del medio ambientales y los compromisos de responsabilidad social hacia la comunidad.

Eficiencia; la identificación de KPI de desempeño, los que tengan la posibilidad de que sean gestionables en cada uno de los proceso, bajo una organización empoderada en sus responsabilidades la transforma en una organización más eficiente.

Desarrollo de los Empleados; una organización bien estructurada y organizada incrementa y hace más sencillo las posibilidades de movilidad interna de los empleados y su desarrollo profesional, dado que los cargos están bien definidos y homologados en toda la compañía y la creación de nuevas funciones hace que los empleados tengan un mayor número de alternativas de movilidad.

Etapas:

Desde la creación hasta la implementación del M.O. se consideran 4 “**Etapas**”, partiendo por un modelo básico y un modelo detallado que definen donde se quiere llegar con un diseño final, una tercera etapa es la especificación de la Compañía y la cuarta etapa corresponde a la implementación del M.O. [Amsa- 2017]

El Modelo Básico; hace un diagnóstico de la situación y evalúa la situación actual de la Compañía, identifica las brechas y oportunidades de mejoras del modelo actual en que se encuentra operando los diferentes procesos, define los nuevos procesos claves y presenta una lista de documentación definida como entregables, en esta etapa se identifican y generan las responsabilidades del negocio y los KPIs necesarios en los diferentes procesos. Además hace un levantamiento completo de las principales interferencias que pudieran existir con el nuevo M.O.

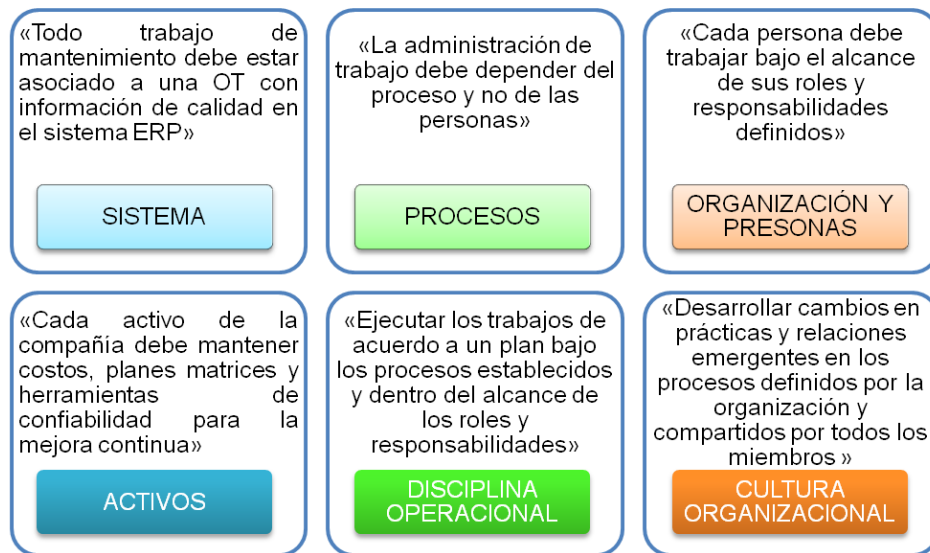
El Modelo Detallado; esta etapa es de carácter de estudio en este proyecto de tesis, aquí se identifican las decisiones críticas que se requieren tomar en cada uno de los procesos y se construyen las matrices de responsabilidades, se hace una descripción de roles y competencias, se realiza una definición del diseño de cómo serán organizados los procesos, se generan una descripción de las guías del M.O. y se hace una definición de Plan de Gestión del Cambio.

La etapa de Especificación es una etapa de diseño que busca adecuar el modelo a la realidad actual de la Gerencia de Mantenimiento, es la manera de integrar las particularidades que trabajan actualmente en la Gerencia, la nuevo M.O. busca ser un proceso transparente y participativo, que junto a expertos externos integran los equipos a cargo de esta etapa, existe un cargo clave para la especificación del modelo denominado Project Manager Officer (PMO), quien es el responsable de realizar un seguimiento a las distintas fases consideradas en el modelo, de forma de asegurar el correcto avance del proyecto. En esta etapa se identifican las brechas de los roles y competencias de los trabajadores y cuáles son los procesos claves y se desarrolla un plan de implementación.

La etapa de Implementación es la etapa de cierre de brechas, además de comunicación a la organización de la nueva estructura y nombramiento de las personas que ocuparán los cargos disponibles, se espera que los nuevos cargos sean llenados en su mayoría con los actuales trabajadores que cumplan con los nuevos perfiles de los cargos los que recibirán capacitaciones y el entrenamiento respectivo, además en esta etapa se realizarán los procesos de reclutamiento si es necesario, se implementan los nuevos procesos y KPIs, es aquí donde se lleva a cabo todo lo que corresponde a la implementación de la gestión del cambio.

5.1.1. Modelo Actual de Mantenimiento de Minera Centinela

El modelo de mantenimiento Minera Centinela se basa en los pilares estratégicos del mantenimiento: Sistema de Gestión y Gobernabilidad, Procesos, Personas, Sistemas y Activos. Es de modo que toda acción y decisión debe asegurar el control y gestión del riesgo de negocio, mediante un criterio estándar que asigne y respete prioridades para enfocar los recursos y esfuerzos en esa dirección [Centinela, 2015].



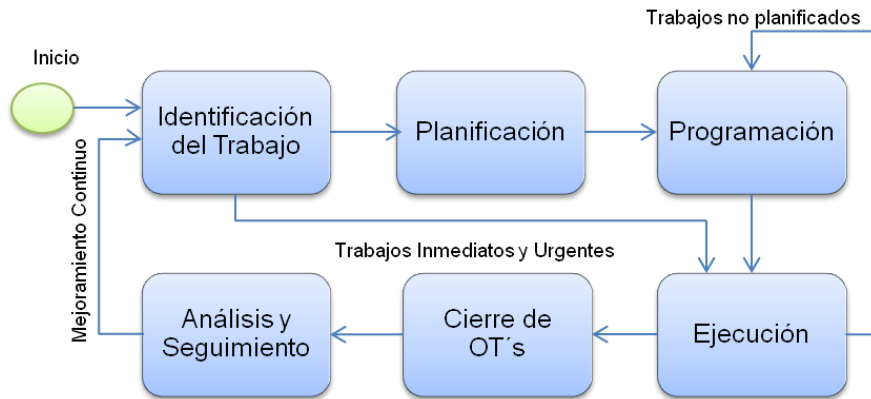
Referencia: Minera Centinela

Figura 8: Lineamientos claves del Modelo de Mantenimiento

5.1.1.1. Sistema de Gestión y Gobernabilidad

La dirección y gestión del mantenimiento, requiere contar con un conjunto de procesos, políticas y procedimientos que aseguren su correcta administración y control. El Gerente de Gestión de Mantenimiento junto con el grupo de Superintendentes de Planificación e Ingeniería de Minera Centinela son los encargados de monitorear y controlar las desviaciones a la gestión, asegurando la correcta aplicación del sistema y ejecución de acciones correctivas.

La definición de procesos estándares de clase mundial son aspecto fundamentales para que los procesos de mantenimiento estén bajo control, estas buenas prácticas adoptadas en Centinela y alineadas con el nuevo Modelo Operativo son la base para asegurar una gestión sobresaliente en términos de disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos, el modelo utilizado se muestra en la figura siguiente, trabajar con procesos establecido con un modelo que permita entregar sustentabilidad a la gestión del mantenimiento son fundamentalmente disciplina operacional, donde las desviaciones sean registradas y controladas por medio de la medición del desempeño basado en **KPI's** de procesos y resultados, los que son monitoreados en reuniones sistemáticas y formales, las que en Centinela son denominadas **FOROS**, los que serán descritos más adelante.



Referencia: Minera Centinela

Figura 9: Proceso Gestión del Mantenimiento

5.2. Mantenimiento Mapa de Procesos

“Es posible definir la Gestión por Procesos como un sistema enfoco a conseguir los objetivos de la competitividad empresarial, en términos de eficiencia, eficacia y efectividad. En la Gestión de Procesos, la organización productiva es vista como un conjunto interrelacionado de procesos regulados por relaciones cliente-proveedor en los límites entre las diferentes Unidades Productivas involucradas. La Gestión por Procesos es la alternativa a Gestión por Funciones, que se caracteriza por estructuras organizacionales orientadas a actividades homogéneas funcionalmente, con objetivos específicos coherentes con los de la empresa. En cambio, la Gestión por Procesos traslada la atención de la organización desde la optimización de las actividades al interior de las Unidades a la organización de los procesos con una visión y responsabilidad global”. [Arata, Furlanetto – 2005].



Referencia: Minera Centinela

Figura 10: Mapa de proceso Mantenimiento

Para lograr buenos resultados a partir de la gestión de activos, es necesario asegurar un diseño organizacional estándar en todas las áreas de mantención de la Compañía que permita el potenciamiento de funciones individuales mediante un trabajo de equipo complementario, permitiendo de esta forma asegurar el logro de los objetivos comunes del negocio.

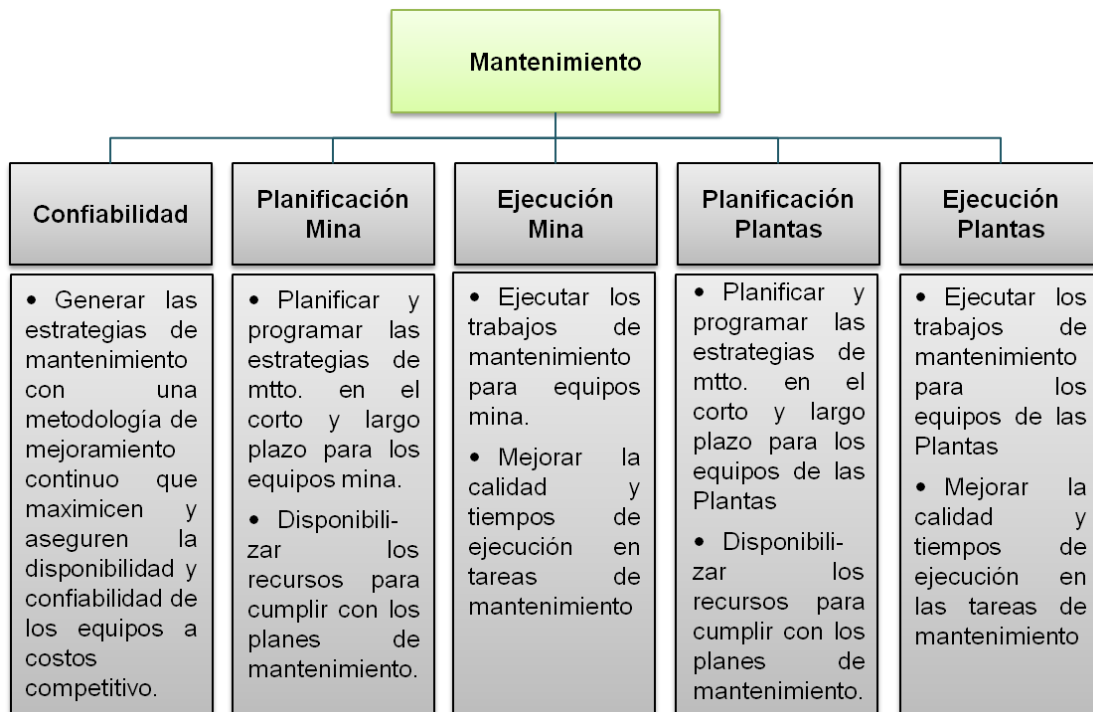
La constitución de esta estructura debe responder fielmente a las necesidades y requerimientos generados a partir de los procesos productivos y desde la gestión del mantenimiento, asegurando siempre resultados que garanticen la integridad del ciclo de vida de los activos, con calidad y seguridad [Centinela 2017].

A continuación se detallará un alcance para cada uno de las funciones representadas en la figura anterior, destacando para cada una los principales roles que intervienen en éstas.

5.3. Estructura de Mantenimiento

“La Gestión de Activos, en el ámbito de la producción, es un término adoptado como un rotulo para la gestión integral de la infraestructura industrial durante toda su vida útil. En la práctica, es la rama de la actividad empresarial que involucra los procesos de inversión y renovación de equipos industriales, su operación, mantenimiento y el manejo de los materiales y recursos asociados. Actualmente, la gestión de los activos está enfocada a la organización de la inversión y los costos de operación del equipamiento industrial; modelo denominado Life Cycle Cost, que consiste en el análisis de todos los costos generados por maquinas industriales desde la adquisición hasta la enajenación” [Arata, Furlanetto - 2005].

Para lograr buenos resultados a partir de la gestión de activos, el Modelo Operativo diseño una estructura organizacional estándar que permita el potenciamiento de funciones individuales mediante un trabajo de equipo complementario, permitiendo de esta forma asegurar el logro de los objetivos comunes del negocio.



Referencia: Minera Centinela

Figura 11: Diseño de nueva estructura de Mantenimiento

5.3.1. Mantenimiento:

Resultados esperados: Equipos con disponibilidad y confiabilidad alineadas con mejores prácticas del mercado de acuerdo a criterios de ingeniería y sin accidentes de alto potencial.

Principales Responsabilidades:

- Desarrollar la estrategia de mantenimiento de los activos productivos

- Mantener de forma adecuada los activos productivos de modo de entregar confiabilidad a la operación
- Asegurar el ciclo de vida de los activos productivos
- Asegurar el seguimiento de los estándares y procedimientos establecidos
- Generar un proceso de mejora continua
- Maximizar productividad del personal garantizando la seguridad y sustentabilidad del negocio

Indicadores de Gestión del Desempeño (KPIs):

- Seguridad (TRIFF + ICA)
- Disponibilidad Mecánica (%)
- Costo Unitario
- Productividad laboral
- Perfil de madurez

5.3.2. Ingeniería de Confiabilidad:

“La Ingeniería de la Confiabilidad representa la organización cuya tensión está orientada hacia la solución de los problemas del diseño, de la gestión y del mantenimiento de los activos a través de un enfoque rigurosamente científico y racional. Es la mente de la organización y opera transversalmente en ella, desarrollando y gestionando el conocimiento en lo que respecta con la gestión de los activos físicos” [Adolfo Arata, Alessio Arata - 2013].

Se espera que esta área pueda garantizar el desarrollo e implementación del ciclo de mejoramiento para estrategias de mantenimiento de al menos todos los activos críticos de la compañía, retroalimentar el plan de capacitación (orientadas a las necesidades reales de los equipos y/o procesos), que participe y asegure el presupuesto para la ejecución de las estrategias de mantenimiento y luego administrar y controlar el gasto en estas materias, soportar el control de los KPI´s de procesos para la Integridad del Ciclo de Mantenimiento y el cumplimiento de los requisitos legales incorporados en las estrategias de mantenimiento.

- **Roles:**
 - Superintendente de Confiabilidad
 - Jefe de área de Confiabilidad & Mejoramiento
 - Ingeniero de Confiabilidad & Mejoramiento
- **Resultados esperados:** Estrategias de mantenimiento para todos los activos de la compañía (Frecuencia, alcance, equipos, entre otros), nivel de priorización del trabajo y los “Input” de mantenimiento para el presupuesto.
- **Responsabilidades:**
 - Control de los activos físicos y su integridad
 - Definir para cada plan de mantenimiento:
 - Lista de tareas
 - HH por trabajo
 - Lista de materiales, repuestos y componentes
 - Controles críticos de seguridad
 - Realizar RCA/ FMECA y proponer mejoras a planes de mantenimiento.

- Realizar monitoreo de condiciones a los equipos (MonCon)
- Realizar benchmarks de mantención y proponer mejoras
- Apoyar el proceso de presupuesto de mantenimiento.
- Liderar gestión del cambio en conjunto a Proyectos e Ingeniería
- Gestionar competencias y planes de entrenamiento

Indicadores de Gestión del Desempeño (KPI's):

- % estrategias con lista de tareas
- % estrategias con listas de materiales.
- % OT preventivas canceladas
- % OT preventivas realizadas a tiempo

5.3.3. MTBF (tiempo medio entre fallas) Planificación & Programación:

El área de Planificación y Programación es el nexo entre las etapas de diseño del mantenimiento que son desarrolladas en las estrategias de mantención por el área de Ingeniería de Confiabilidad y el área de Ejecución del Mantenimiento Operativo que es la fase de ejecución del mantenimiento por terreno. Buscan asegurar el desarrollo, respaldo, aprobación y comunicación de todos los planes y programas para un área operacional, incluyendo Seguridad & Medio Ambiente.

- **Roles Principales:**
 - Superintendente de Planificación & Programación
 - Planificador Sénior
 - Planificador Mantenimiento Largo Plazo
 - Planificador Mantenimiento Corto Plazo
 - Programador de Mantenimiento
 - Ingeniero Planificador Reparables
- **Resultados esperados:** Planes de mantenimiento para todos los activos físicos de corto y largo plazo.
- **Responsabilidades:**
 - Realizar la planificación de los activos con un horizonte de tiempo definido
 - Generar un programa de mantención que optimice la ruta crítica y el uso eficiente de recursos
 - Gestionar disponibilidad de servicios, personal, equipos, herramientas y partes
 - Asegurar incorporación los controles críticos en el programa
 - Asegurar coordinación inter-área para sincronizar detenciones de la cadena productiva.
- **Indicadores de Gestión del Desempeño (KPIs):**
 - % de órdenes de trabajo perfectas
 - % de trabajo planificado en horizonte definido
 - % de capacidad programada
 - HHs de “backlog” crítico

5.3.4. Ejecución del Mantenimiento:

Garantiza una ejecución segura y de calidad en las actividades de mantenimiento mediante personal competente, dentro del ámbito operacional y acorde a los programas de trabajo.

- **Roles Principales:**
 - Superintendente Ejecución del Mantenimiento
 - Supervisor de Mantenimiento
 - Ejecutor de Mantenimiento

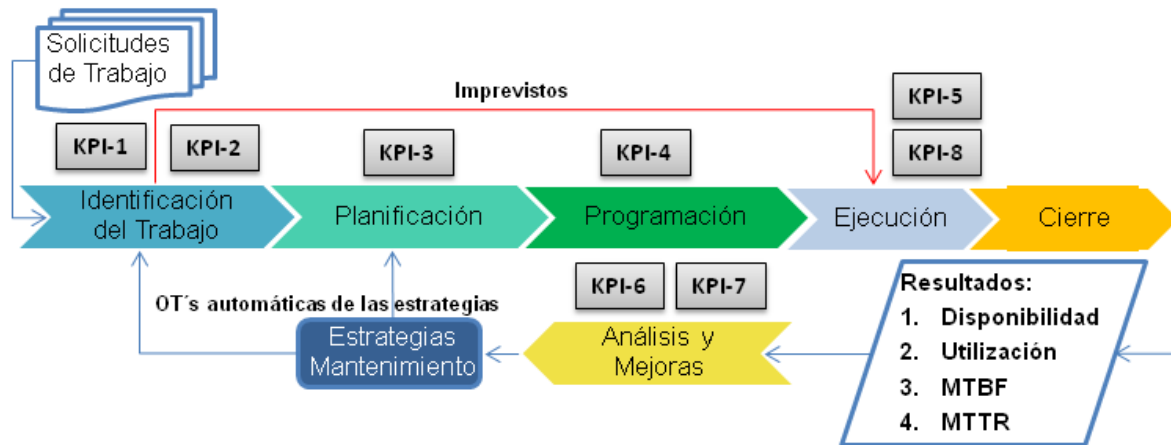
- **Resultados esperados:** Asignación de personal al programa de corto plazo, evaluación de calidad del mantenimiento interno / externo y generar la retroalimentación sobre estrategia de mantenimiento

- **Responsabilidades:**
 - Garantizar preparación para inicio de turnos
 - Priorizar y gestionar los requerimientos operacionales de acuerdo a un análisis de riesgo del activo.
 - Planificar los imprevistos de corto plazo
 - Ejecutar trabajos bajo los estándares de calidad definidos:
 - Controles críticos de seguridad
 - Procedimiento
 - Utilización de recursos humanos, materiales y financieros
 - Cumplimiento de la programación
 - Identificar estado de los activos
 - Administrar contratos
 - Supervisar contratistas
 - Asegurar calidad del trabajo interno y externo

- **Indicadores de Gestión del Desempeño (KPIs):**
 - % de adherencia al plan semanal
 - % de OT y notificaciones pendientes
 - % de ToT
 - MTTR (tiempo medio para reparar) y MTBF (tiempo medio entre fallas)

5.4. Key Performance Indicator (KPI)

La evaluación de la gestión del mantenimiento, se definieron indicadores claves con frecuencia adecuada que permita detectar desviaciones respecto a las metas establecidas para cada proceso. No es suficiente conocer el valor puntual de un indicador, sino también su evolución en el tiempo, esto permite aplicar acciones de forma preventiva. Además el análisis cruzado de dichos KPI'S permite lograr una visión integral de los resultados del área, para asegurar el seguimiento del desempeño se implementa la siguiente estructura de KPI de procesos y resultados.



Referencia: Minera Centinela

Figura 12: Estrategia de mantenimiento KPI's

Para asegurar el cumplimiento del desempeño se definieron 8 KPI's de Proceso y 4 KPI's de resultados, los que son controlados formalmente en los Foros semanales para asegurar el cumplimiento de los procesos, donde se desarrollan acciones concretas para que los resultados del negocio estén sobre las metas establecidas o mantengan tendencias positivas cuando no se ha logrado conseguir la meta esperada, el error que comenten la mayoría de la organizaciones es hacer seguimiento sólo a los KPI's de Resultados, es importante considerar que los resultados del mantenimiento dependen fundamentalmente de cómo se está realizando el trabajo y esto es evaluado con los KPI'S de Proceso los que para la organización están definidos en primera instancia y son más relevantes dado que operan como motores de los resultados [Centinela, 2015].

Las mediciones del buen desempeño, tal como el nombre lo indica es medir que tan buenos o malos se está comportando el resultados del negocio, los datos utilizados en los cálculos como su procesamiento deben ser absolutamente confiables y con la menor manipulación manual de estos, los que son obtenidos por la plataforma ERP-SAP global de la Compañía, un mal manejo de los datos puede entregar señales equívocas que lleve a tomar decisiones erradas, entrando probablemente en un ciclo de negativos de mejora [Centinela, 2015].

Por la complejidad de los procesos de mantenimiento y los altos costos asociados, no es recomendable tomar decisiones sólo con KPI's de Resultado, un buen resultado final puede estar ligado a errores en la evaluación que no garantiza una condición sustentable, es posible tener equipos o flotas de equipos con buenos resultados finales con altas disponibilidades, sólo por el error de no detener las máquinas por mantenerlas produciendo y los planes de mantención no serían ejecutados, dado que los equipos no fueron oportunamente mantenidos se generarán fallas que afectarán más tarde la disponibilidad que se quiso incrementar en forma equivocada. Esto demuestra que para obtener desempeños sobresalientes se deben hacer seguimientos cruzados a las decisiones tomadas y a la evaluación sistemática tanto de los KPI's de Proceso como los

de Resultado, para asegurar el control tanto de los resultados finales como de los procesos que apalancan el desempeño final.

Un análisis detallado de los KPI's implementados se explican en el **Anexo A: KPI de Procesos y Resultados**.

KPI de Procesos:

- KPI-01-Solicitud de trabajos atrasados
- KPI-02- Horizonte de Planificación
- KPI-03-Capacidad Programada
- KPI-04-Adherencia al programa semanal
- KPI-05-Trabajo Planificado
- KPI-06-Ordenes atrasadas
- KPI-07-Ordenes canceladas
- KPI-08- Cumplimiento Semanal

KPI de Resultados:

- KPI-Disponibilidad Mantención
- KPI-Utilización Efectiva
- KPI-Tiempo medio entre fallas
- KPI- Tiempo medio de reparación

5.5. Definición de Foros

La ejecución de reuniones efectivas como un espacio para lograr la interacción de las diferentes áreas o personas en la búsqueda de un objetivo común, en el diseño del Modelo Operativo son denominadas “Foros”, se distingue el nombre para diferenciar estos espacios de trabajos de las otras reuniones que no cuentan con un nivel de repetitividad y formalidad obligada de seguimiento de los compromisos.

Los foros diseñados, corresponden a instancias de la búsqueda de potenciar el valor máximo del valor compartido, con una mirada de incrementar la productividad de los equipos, el contar con un número de reuniones con tiempos y objetivos definidos permite liberar espacios en la agenda para usar el tiempo en la ejecución del trabajo.

Cada uno de los Foros busca un cambio en las prácticas llevándolos a la formalidad, donde se establece claramente:

- Quien es el líder responsable del foro
- Los participantes
- Rol de los participantes
- Los objetivos
- Las decisiones a tomar en el foro
- Los materiales de apoyo o información requerida en el foro

- El principal entregable como producto final
- Una agenda con tiempos y responsables definidos

Cada uno de los Foros cuenta con un diseño de una página que genera un lineamiento para la interacción. La mayoría de los foros no son nuevas instancias de comunicación, se busca más bien reformular, formalizar las prácticas existentes y hacerlos coherentes con el M.O., son Foros básicos de interacciones diarias, semanales o mensuales, donde se revisan o se discuten formalmente temas de relevancia para el negocio.

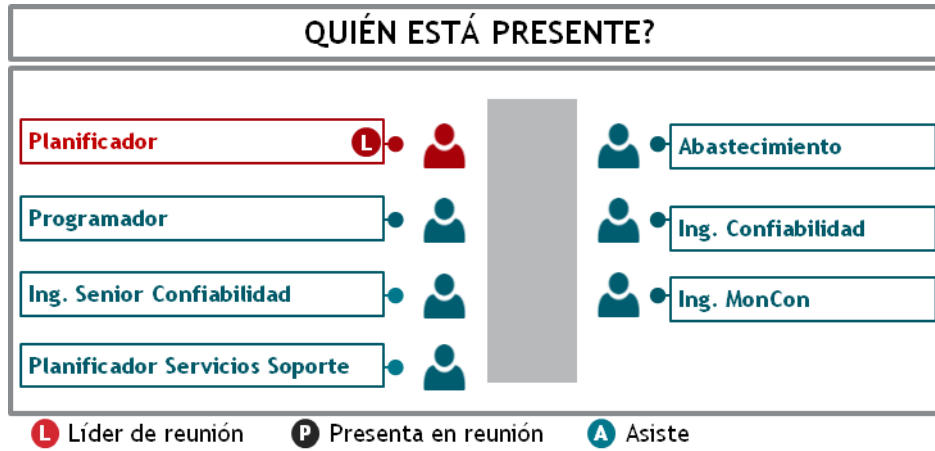
Existen dos tipos de foros, los intra-áreas que corresponden a los foros internos y los foros inter-áreas que son las coordinaciones y decisiones donde hay más de una gerencia involucradas, en ambos casos debe existir un responsable que haga una evaluación de la calidad del foro y luego de una secuencia de repetitividad de estos, se debe revisar si el foro está agregando valor o es conveniente decidir su reformulación o eliminación, los foros son un proceso gradual de mejoramiento continuo que debe evolucionar en la implementación, los foros principales en mantenimiento:

1. Reunión de desempeño y KPIs de resultados
2. Reunión Gerencia Mantenimiento
3. Reunión Excelencia Operacional Mantenimiento
4. Reunión de priorización
5. Reunión Programación Semana +1
6. Mejoras, cambios y vulnerabilidad
7. Recursos compartidos
8. Reunión Inicio del cambio de turno

5.5.1. Modelo Estándar de los Foros

Los Foros son la principal instancia que apalanca las comunicaciones dentro de la organización, es la oportunidad de tomar las decisiones oportunas, comprometer y mantener seguimiento a los compromisos adquiridos. Todos los participantes deben tener un o adoptar un rol dentro del foro, además en esto foros son revisados el avance y el desempeño de los KPI's de proceso, buscando generar soluciones a las causas raíces de los problemas. Cada foro debe considera a lo menos:

- Participantes definidos
- Objetivos previamente establecidos
- Agenda tipo acordada
- Periodicidad definida



Referencia: Minera Centinela

Figura 13: Modelo de participación de los Foros

Existe una definición clara de la organización que indica que el Modelo Operativo se materializa en los Foros, cada uno de ellos tienen un carácter formal, estas son diseñados de manera coordinada, con una agenda previamente diseñada y direccionada para llevar y hacer seguimiento a la toma de decisiones, con definiciones claras que considera a lo menos:

- Quién presenta
- Qué se discute en el Foro según su objetivo
- Reportes y materiales de soporte requeridos con anticipación
- Decisiones a ser consideradas
- Tiempos estimados controlados

Tabla 2: Ejemplo estándar de ejecución de los Foros

DESCRIPCIÓN DEL FORO			
	DESCRIPCIÓN	OBJETIVOS	MATERIAL DE APOYO
1	<ul style="list-style-type: none"> • Reunión para coordinar y priorización de ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar ordenes de trabajo en pipeline para las próximas semanas con input previo de disponibilidad de materiales y servicios • Priorizar las ordenes de trabajo y obtener acuerdo de las partes involucradas • Establecer horizontes esperados de acuerdo a los ciclos de programación 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de cumplimiento de prioridades • Ordenes de trabajo y criticidad de cada una
2	<ul style="list-style-type: none"> • Minuta de compromisos 	<ul style="list-style-type: none"> • Capturar y firmar compromisos de las áreas de Confiabilidad, Ejecución y Abastecimiento, asegurando el cumplimiento del plan acordado 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso firmado del plan 12 semanas

Una explicación detallada de los Foros, el producto esperado de estas reuniones, la descripción y objetivos y los participantes de cada uno de ellos se detallan en el **Anexo B: Foros Área de Mantenición**.

5.5.2. Características de un Foro Efectivo

Los Foros mantienen un seguimiento semanal para evaluar su efectividad, desde su etapa de implementación con el propósito de asegurar un mejoramiento continuo, los puntos evaluados en un “dashboard” para seguimiento de mayor relevancia son:

- El Foro tiene objetivos claros
- Participan solo aquellas personas que deben estar y contribuyen a la discusión
- Sigue la agenda predeterminada (según diseño original), cubriendo los puntos comprometidos en los tiempos establecidos
- La audiencia está involucrada, y se escucha a todas las personas
- Asistentes dejan el foro con claridad sobre las decisiones tomadas, los próximos pasos a seguir y los responsables de estos
- Se hace seguimiento a los compromisos anteriormente tomados
- Se mantiene la puntualidad en horarios de comienzo y de término

6. EVALUACIÓN DEL MODELO

Después de las consideraciones anteriores en este capítulo se realiza una evaluación del nuevo Modelo Operativo a implementar, describe entre otros los principales beneficios y los cambios esperados con el modelo, se entregan una recopilación de las métricas reales de los KPI de proceso y resultado de la Gerencia de Mantenimiento en la gestión de los activos físicos bajo su responsabilidad, se muestran detalles de las matrices de responsabilidades y toma de decisiones de las áreas que afecta el modelo en la compañía.

6.1. Principales Brechas en el Modelo Actual de Mantenimiento

Se presenta un levantamiento en las principales brechas detectadas entre el modelos de mantenimiento actualmente utilizado en la gestión de mantención de Minera Centinela y los cambios esperados según el nuevo M.O. en la misma área, se podría indicar que estas son las principales causas del porque es necesario la implementación de un nuevo M.O. que lleve al mantenimiento a posicionarse como un equipo de clase mundial que genere valor al negocio.

	Modelo Operativo actual brechas	Modelo propuesto cambios esperados
1	<ul style="list-style-type: none"> Estructura no ajustada a procesos definidos en Modelo Operativo que se considere estándar. Asegurar los mismos lineamientos de un Modelo Operativo estándar a todos los activos de la Compañía. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar distribución de responsabilidades entre las diferentes Superintendencia.. Desarrollar y mejorar internamente las competencias de confiabilidad y planificación del mantenimiento. Definir responsabilidades sobre mantenimiento de activos no productivos.
2	<ul style="list-style-type: none"> Procesos de Ingeniería de Confiabilidad no funcionan de manera sistemática en todas las áreas de mantenimiento (Mina y Plantas). 	<ul style="list-style-type: none"> Instalar procesos de confiabilidad que aseguren confiabilidad en mantenimiento, ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> FMECA / MonCon (Monitoreo de Condiciones). Priorización de trabajos programados. Gestión en base a benchmarks y reportabilidad.
3	<ul style="list-style-type: none"> Bajo horizonte de planificación de trabajos < 2 semanas. No se tiene administrado el proceso de mantenimiento de Paradas Mayores (shutdown). 	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del mantenimiento con horizonte adecuado de 12 semanas.
4	<ul style="list-style-type: none"> Oportunidad de mejorar la administración de servicios no “core” del negocio de mantenimiento en un área de Servicios de Soporte a la Operación 	<ul style="list-style-type: none"> Traspasar servicios no “core” a área de Servicios de Soporte <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de sistemas eléctricos de potencia. Mantenimiento de sistemas hídricos (operación de pozos de agua continentales) Mantenimiento Infraestructura, sistemas de aire acondicionado, sistema contra incendio, entre otros.
5	<ul style="list-style-type: none"> Oportunidad de mejorar la gestión de KPIs de proceso y 	<ul style="list-style-type: none"> Sistematización y administración de los indicadores de gestión de

	resultados, baja disciplina en la gestión.	proceso y resultados de mantenimiento.
		<ul style="list-style-type: none"> Implementar proceso de generación y monitoreo de los KPIs
6	<ul style="list-style-type: none"> Sistema ERP SAP subutilizado, ordenes de trabajo administradas fuera del sistema informalmente. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de proceso integrado usando ERP SAP como única herramienta de gestión del mantenimiento.
7	<ul style="list-style-type: none"> Oportunidades de mejora en interfaces con otras áreas: <ul style="list-style-type: none"> Abastecimiento (Repuestos, stockouts, etc.) Planificación de la Producción Operación Planta y Mina Oportunidades de sinergia entre planes de mantenimiento y producción 	<ul style="list-style-type: none"> Definición protocolo comunicación entre Mantenimiento y áreas de apoyo, revisión de SLAs (acuerdos de servicios) Implementación proceso y responsabilidades en Quiebre de Plan de mantenimiento por emergencias. Revisión de actividades de abastecimiento dentro del proceso de planificación
8	<ul style="list-style-type: none"> Poca claridad en responsabilidades de proceso de Gestión de reparables. 	<ul style="list-style-type: none"> Instaurar proceso integrado de Gestión de Reparables dentro del área de Mantenimiento.

6.2. Cambios Esperados con el Modelo Operativo

Diseño M.O	Estado Actual	Estado Futuro
Integración de las mejores prácticas de mantenimiento con estándares comunes, definición de roles, responsabilidades claros y con accountabilities más claros.	Procesos organizados de modos distintos en las diferentes áreas de Mantenimiento de la Compañía. Áreas muy amplias como Planificación, Ingeniería y Confiabilidad reportando a una misma Superintendencia.	Procesos de Mantención estándares, claros y definidos, con una distribución uniforme de responsabilidades y un responsable único por proceso unitario (mayor accountability)

<p>El principal diseño del Modelo Operativo en el área del mantenimiento busca la integración en una única Gerencia de Mantención las áreas de Confiabilidad, Planificación y Ejecución.</p>	<p>Distintos modelos de Mantenimiento, con responsabilidades compartidas con Operaciones, dependiendo de los procesos reportan a diferentes gerencias. El área de planificación e Ingeniería de Confiabilidad reportan a la Gerencia de Gestión del Mantenimiento y el área de Ejecución del Mantenimiento reporta a los Gerentes de Operaciones Plantas u Operaciones Mina.</p>	<p>Una sola Gerencia de Mantención trasversal a la compañía, fomentando la adherencia a la estrategia de mantenimiento. Con un enfoque hacia la disponibilidad de los activos físicos de la compañía, el control y seguimiento de los costos, con un mejor desempeño en temas de seguridad hacia las personas, equipos y medio ambiente.</p>
<p>EL M.O. fortalece las funciones de Ingeniería de Confiabilidad, como punto de inicio a que actividades de mantención se realizaran en los activos.</p>	<p>El área de Ingeniería de Confiabilidad reporta a la misma Superintendencia de Planificación, esto genera debilidades debido a la perdida de foco dado que se privilegia las tareas emergentes o de corto plazo, perdiendo una visión de futuro.</p>	<p>Se crea la Superintendencia (SI) de Confiabilidad con el propósito de perfeccionar las estrategias de mantenimiento, esta nueva SI reporta en forma directa a Gerente de Mantenimiento.</p>
<p>M.O. crea y desarrolla la función de Integridad de Activos enfocada en riesgos de alto impacto para la Compañía.</p>	<p>Fallas catastróficas se presentan sin mayor preparación, surgen como emergencias, generando pérdidas de producción y altos costos de reparación de los equipos para volverlos a la Operación, enfoque actual de corto plazo.</p>	<p>Nueva área con la función de Integridad de Activos enfocada en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición de criterios y estándares de gestión de activos (en base metodología Corporativo). • Monitoreo de las estrategias y los planes de mantención. • Mejoramiento continuo de las estrategias, inspección y planes de mantención.
<p>Uso de sistema ERP SAP (<i>Work Management</i>) como principal sistema de administración</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión administrada en diferentes plataformas computacionales informales • Falta de una visión global de los procesos de mantenimiento con falta de 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de una estrategia de Visión Global de la Gestión de Mantención • Proceso de mantención integrados

de la gestión del mantenimiento.	<p>estrategia, BoM de materiales, planes y fallas en la ejecución de trabajos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horizonte de planificación de corto plazo, menor a 4 semanas, visión de corto plazo. • ERP SAP con baja utilización: <ul style="list-style-type: none"> ○ Trabajos sin OTs o no reportados ○ Falla gestión de inventario de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • KPIs del proceso y resultados visibles y administrados. • Horizonte de planificación de 12 semanas • ERP SAP como principal herramienta de gestión del mantenimiento.
Planificación y Programación de la Mantención con roles, responsabilidades y accountabilities claros	<p>Roles, responsabilidades, metas mal definidas y falta de accountability sobre la gestión y rendimiento de los equipos críticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Roles y responsabilidades claramente definidos con foco en el cumplimiento de metas al “100%”, con enfoque al mejoramiento continuo. • Accountabilities sobre inputs de planificación formalizadas entre áreas, alineado con los indicadores operacionales
Implementación el enfoque de la Mejora Continua en la Gestión de Mantenimiento.	<p>Enfoque de mejora continua no usada, responsabilidades diluidas en diferentes áreas o profesionales de la organización, como: Ingenieros de Gestión o Mejoramiento, expertos técnicos, entre otros</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nueva definición del Área de Excelencia Operacional enfocada en Mejora Continua para desafiar y apoyar áreas, optimizando desempeño • Reporte directo a la Gerencia General
Estructura y diseño Organizacional y normalización de competencias	<ul style="list-style-type: none"> • Ámbito de control y niveles de la organización con desbalance, llegando hasta 7 niveles en algunas áreas y 1~2 en otras. • Competencias críticas no internalizadas en Mantenimiento, en áreas como Ingeniería de Confiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras organización con mayor definición y plana a máximo 5 niveles, ayuda a disminuir la ralentización de la toma de decisiones • Matriz de competencias ajustada para cada uno de los roles y cargos

Indicadores de desempeño, acuerdos de servicios entre áreas, Foros y gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento del desempeño retrasado con medición de KPI's desalineados a los objetivos del Mantenimiento • Sin acuerdos de servicios intra-áreas, genera áreas grises en la gobernanza • Foros (reuniones) mal definidas, sin agenda y ni seguimiento de acciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión del mantenimiento por medio de KPI's de procesos y resultados alineados con los objetivos del negocio • Acuerdos de servicios con responsabilidades claras en la toma de decisiones • Foros formalizados y estructurados con objetivos, agenda y planes de acciones con seguimientos sistemáticos
Administración, gestión y ejecución de Proyectos Operacionales	Diferentes maneras de gestionar y ejecutar los Proyectos Operacionales según la gerencia donde reporta el mantenimiento, sin directrices como Compañía.	Proyectos Operacionales administrados y ejecutados bajo un único modelo bajo la responsabilidad del área de Gerencia de Proyecto con foco en la calidad de proyectos

6.3. Responsabilidades de Mantenimiento (MO)

El MO a considerado y alineado las principales responsabilidades o matriz de decisiones del área de mantenimiento para asegurar el desempeño esperado y dar la seguridad que fallas en equipos generen pérdidas de producción, manteniendo los sistemas y equipos en su máximo desempeño operacional, reduciendo los tiempos de fallas y minimizando los costos de conservación de los equipos, realizando planes y programas de acuerdo a recursos balanceados de personas, materiales y repuesto. Un manteniendo con basado en ingeniería de confiabilidad busca prolongar y asegurar la vida útil de los activos físicos a lo largo de su vida útil,

6.3.1. Matriz de Toma de Decisiones de Mantenimiento

Tabla 3: Matriz Decisiones en Mantenimiento

		GM.	Ing. Conf.	Planf.	Ejec.
Decisión:					
Mantenimiento	Decidir estrategia de mantenimiento para los activos físicos mantenibles	D	R/E	I	I
	Decidir priorización del trabajo y cambios al plan de mantenimiento para los equipos críticos	D	A	R/E	I
	Decidir mejoras o ajustes al modelo de gestión de mantenimiento	A	R	I	I
	Decidir y/o modificar plan de mantenimiento de corto y largo plazo, incorporando controles críticos de seguridad	R	I	I/E	I
	Decidir horizonte mínimo de planificación de corto plazo de acuerdo a estándar de la Compañía	D	I	R/E	
	Decidir y aprobar nivel de calidad en la ejecución de los trabajos			I/E	R/D

R: Recomienda, A: Aprueba, E: Ejecuta, I: Da input, D: Decide (GM: Gerente Mantenimiento – Ing. Conf.: Ingeniería de Confiabilidad – Planf.: Planificación & Programación – Ejec.: Ejecución)

Tabla 4: Matriz Decisiones con Operaciones y Proyectos

		Gte. Mtto.	Ing. Conf.	Planf.	Ejec.
Decisión:					
Op.	Decidir plan para solucionar a malas prácticas operacionales (Ej: entrenamiento de operadores con mayor tasa de accidentes)	R	I		E
Proyectos	Decidir ingreso de modificaciones de diseño para aumentar confiabilidad, vida útil de los equipos o mantenibilidad (proyectos menores, sin cambio de capacidades)	D	A	I	
	Priorizar modificaciones de diseño para aumentar confiabilidad, vida útil de los equipos o mantenibilidad (proyectos menores, sin cambio de capacidad de producción)	D	R	I	
	Decidir ingreso de proyectos de CAPEX (Capitales) a cartera de proyectos de la Compañía	A	I		

	Decidir presupuesto de gastos del área para cumplir estrategia de los proyectos CAPEX	R		I	I
--	---	---	--	---	---

R: Recomienda, A: Aprueba, E: Ejecuta, I: Da input, D: Decide (GM: Gerente Mantenimiento – Ing. Conf.: Ingeniería de Confiabilidad – Planf.: Planificación & Programación – Ejec.: Ejecución)

Tabla 5: Matriz Decisiones Integridad de Activos con Planificación Producción

		Gte. Mtto.	Ing. Conf.	Planf.	Ejec.
Decisión:					
Integridad Activos	Definir criterios de clasificación de fallas mayores en activos críticos	A			
	Decidir clasificación de activos según criticidad de fallas mayores	D	R	I	I
	Decidir estándares de Mantenimiento y monitoreo para fallas mayores en Activos Críticos	R	I/E		
	Decidir estrategia de Mantenimiento y monitoreo para fallas críticas	D	R	I	I
	Decidir planes de contingencia ante eventos de falla de Activos Críticos	R	I/E	E	E
Planf. Prod.	Decidir meta de disponibilidad y confiabilidad de equipos para planificación	D	R	I	I
	Definir criterios de clasificación de fallas mayores en activos críticos	I/E			

R: Recomienda, A: Aprueba, E: Ejecuta, I: Da input, D: Decide (GM: Gerente Mantenimiento – Ing. Conf.: Ingeniería de Confiabilidad – Planf.: Planificación & Programación – Ejec.: Ejecución)

Tabla 6: Matriz Decisiones con Abastecimiento

		Gte. Mtto.	Ing. Conf.	Planf.	Ejec.
Decisión:					
Abastecimiento	Definición de estrategia de catalogación de materiales corporativa (Interno vs externo)	I		I	
	Definición de estrategia de catalogación de materiales requeridos en faena	I/A			
	Especificación técnica - detalle y claridad de los materiales	D	R	E	I
	Definición matriz evaluación técnica y evaluaciones para catalogaciones corporativas	A	I	R/P	I
	Definición matriz evaluación técnica y evaluaciones para catalogación de materiales en faena	D	I	R/P	I

	Recomendación de adjudicaciones de catalogación de materiales corporativa	R			
--	---	---	--	--	--

R: Recomienda, **A:** Aprueba, **E:** Ejecuta, **I:** Da input, **D:** Decide (**GM:** Gerente Mantenimiento – **Ing. Conf.:** Ingeniería de Confiabilidad – **Planf.:** Planificación & Programación – **Ejec.:** Ejecución)

Tabla 7: Matriz Decisiones con Finanzas, Seguridad y RRHH

		Gte. Mtto.	Ing. Conf.	Planf.	Ejec.
Decisión:					
FINANZAS	Decidir presupuesto de gastos del area para cumplir estrategia OPEX (presupuesto operacional)	R	I/E	I/E	I/E
	Decidir cómo adoptar y complementar las políticas de riesgos de la compañía	R	E	E	E
SEGURD.	Definir controles críticos de seguridad de acuerdo a estándares de seguridad de la compañía	R	E	E	E
RRHH	Decidir plan para cerrar brechas de capacitación en base a análisis de competencias	R	E	E	E

R: Recomienda, **A:** Aprueba, **E:** Ejecuta, **I:** Da input, **D:** Decide (**GM:** Gerente Mantenimiento – **Ing. Conf.:** Ingeniería de Confiabilidad – **Planf.:** Planificación & Programación – **Ejec.:** Ejecución)

6.3.2. Principales Entregables:

El nuevo Modelo Operativo busca introducir en la gestión global del mantenimiento el aseguramiento de todos los activos físicos de la Compañía con un nivel disponibilidad y confiabilidad alineadas con mejores prácticas de la industria, incluyendo como base el mercado minero de acuerdo a criterios del desempeño de ingenierías o diseños de los equipos manteniéndolos en sus máximas capacidades, eliminando los accidentes de alto potencial en los trabajadores.

Tabla 8: Principales Entregables por Área

Ingeniería de confiabilidad	Planificación & Programación	Ejecución del Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> Generación de estrategia de 	<ul style="list-style-type: none"> Generación en tiempo y calidad de los planes y 	<ul style="list-style-type: none"> Control y asignación de personal para adherir a los programas de mantención

mantenimiento para todos los activos físicos de la Compañía	programas de mantención de corto y largo plazo	• Control de calidad de las tareas del personal interno y externo
<ul style="list-style-type: none"> • Priorización del trabajo • Input de mantenimiento para el presupuesto 	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback sobre estrategia de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback sobre estrategia de mantenimiento

Principales KPI's: Los indicadores de Gestión de Mantenimiento que sustentan su desempeño son: Seguridad, que considera (TRIF - Total Recordable Incident Rate + ICA – Índice de Cuasi Accidentes), disponibilidad mecánica (%), costo unitario, productividad laboral y perfil de madurez.

Tabla 9: Responsabilidades de los KPI's

Ingeniería de confiabilidad	Planificación & Programación	Ejecución del Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> • % estrategias con lista de tareas • % estrategias con listas de materiales • % OT preventivas canceladas • % OT preventivas realizadas a tiempo • MTBF 	<ul style="list-style-type: none"> • % de “ordenes perfectas” • % de trabajo planificado en horizonte definido • % de Capacidad Programada • HHs de backlog crítico 	<ul style="list-style-type: none"> • % de adherencia al plan semanal • % de OT y notificaciones pendientes • % de ToT • MTTR y MTBF

Principales Responsabilidades: Respecto a las principales responsabilidades de la Gerencia de Mantenimiento definidas por el MO alineadas con las mejores prácticas de la industria, se considera:

- Desarrollar la estrategia de mantenimiento de los activos físicos productivo de la Compañía
- Asegurar un nivel óptimo de conservación y mantención de los activos físicos de modo de entregar confiabilidad a la operación
- Asegurar todo el ciclo de vida de los activos físicos
- Asegurar el cumplimiento de los estándares y procedimientos establecidos por la Compañía
- Generar un proceso de mejora continua de los equipos
- Maximizar productividad del personal garantizando la seguridad y sustentabilidad del negocio

Tabla 10: Responsabilidades Áreas Mantenimiento

Ingeniería de confiabilidad	Planificación & Programación	Ejecución del Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar el desempeño de los activos y su integridad • Definir para cada plan de mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lista de tareas ○ HH por trabajo ○ Lista de materiales, repuestos y componentes ○ Controles críticos de seguridad • Realizar RCA/ FMECA y mejora continua a los planes de mtto. • MonCon (Monitoreo de Condiciones) • Realizar benchmarks de mantención y proponer mejoras • Apoyar a proceso de presupuesto de Mtto. • Liderar gestión del cambio en conjunto a Proyectos / Ingeniería • Apoyar a gestionar competencias y planes de entrenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar planes y programas en horizonte definido • Generar un programa de mantención que optimice la ruta crítica y el uso eficiente de recursos • Gestionar disponibilidad de servicios, personal, equipos, herramientas y partes • Asegurar incorporación los controles críticos en el programa • Asegurar coordinación inter-área para sincronizar detenciones de la cadena productiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar preparación para inicio de turnos • Priorizar y gestionar requerimientos operacionales de acuerdo a un análisis de riesgo del activo • Gestionar imprevistos de corto plazo • Ejecutar trabajos bajo los estándares de calidad definidos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Controles críticos de seguridad ○ Procedimiento ○ Utilización de recursos humanos, materiales y financieros ○ Cumplimiento de la programación • Identificar estado de los activos físicos • Administrar contratos • Supervisar contratistas • Asegurar calidad del trabajo interno y externo

6.4. Evaluación de KPI's de Procesos y Resultados

En Centinela a propósito de la implementación del Modelo Operativo comenzó centraliza en el sistema ERP SAP el seguimiento de los KPI de Proceso y Resultados (indicadores descritos en el **Anexo A**) de los cuales cuatro son los considerados más relevantes, en este estudio son materia de análisis en las gráficas de desempeño siguiente que considera en forma completa el año 2017, con estos indicadores se puede realizar un análisis que determine el estado actual de los sistemas y equipos.

Para evaluar la disciplina de la gestión del trabajo se implementaron los KPI de proceso y resultado, el análisis de estas métricas se logra interpretar de forma complementaria el

desempeño del control del mantenimiento de los activos que la Gerencia de Mantenimiento tiene bajo su responsabilidad.

En la búsqueda de la excelencia en el mantenimiento, Minera Centinela como se menciona en este trabajo ha definido la implementación de un nuevo M.O. basado en procesos, sistemas y personas. Los procesos de gestión del trabajo permiten desarrollar estrategias de trabajo, planificar, programar, ejecutar, cerrar y notificar el trabajo, con esta información se realiza el análisis de los resultados para mejorar continuamente los procesos y la estrategia de mantenimiento de los activos.

En este análisis se puede confirmar que el objetivo de apoyar la Gestión de Mantenimiento por medio de procesos y sistemas es una alternativa adecuada para conseguir resultados confiables y sustentables, donde se pueda focalizar los esfuerzos para reducirlos en la búsqueda de la mejora continua y la incorporación de innovación.

La evaluación continua de la gestión del Mantenimiento, el análisis sistemático de los KPI como métricas cuantificables, se deben interpretar de forma complementaria, para facilitar el análisis se focaliza en cuatro KPI's principales: (1) Adherencia a los programas de trabajo, (2) la capacidad de recursos humanos programada, (3) el trabajo planificado y (4) las ordenes de trabajo canceladas, este análisis permite incorporar acciones para mejorar la disponibilidad y la confiabilidad en los activos en las diferentes áreas de mantenimiento.

A continuación se presenta un levantamiento de la situación de la operación en función de sus KPI's de resultados y los indicadores de mantenibilidad de los procesos más relevantes que están bajo la responsabilidad de la Gerencia de Mantenimiento. Los 3 Procesos Principales son: Mina, Planta Concentradora y Planta Hidrometalurgia:

- **Mina**
 - Carguío de mineral, que corresponde a la flota de palas mineras
 - Transporte de mineral, que corresponde a la flota de camiones de extracción
 - Perforación

- **Planta Concentradora**
 - Sistema Chancador Primario
 - Sistema Chancado Secundario
 - Sistema Molienda Sag

- **Planta Hidrometalurgia**
 - Sistema Chancado & Apilamiento
 - Sistema Ripios
 - Sistema MDC (Maquina Despegadora de Catados)

6.4.1. Evaluación KPI de Procesos por Áreas

6.4.1.1. KPI's de Procesos Mina

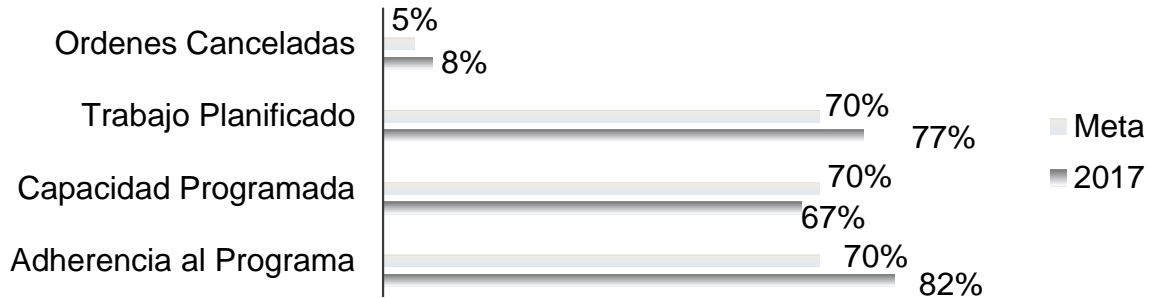


Figura 14: Gráfico KPI de Proceso reales Mina 2017

La grafica muestra el comportamiento de los 4 KPI's principales para evaluar la disciplina de la gestión del mantenimiento, respecto al proceso de mantención Mina, los indicadores de "ordenes canceladas" y " capacidad programada" para el análisis del año 2017 se encuentran levemente fuera de los target esperados, se espera que las "ordenes canceladas" sean menor al 5% y la "capacidad programada" sea mayor al 70% de las ordenes liberadas para ejecución, los otros indicadores se encuentran en línea respecto a lo esperado.

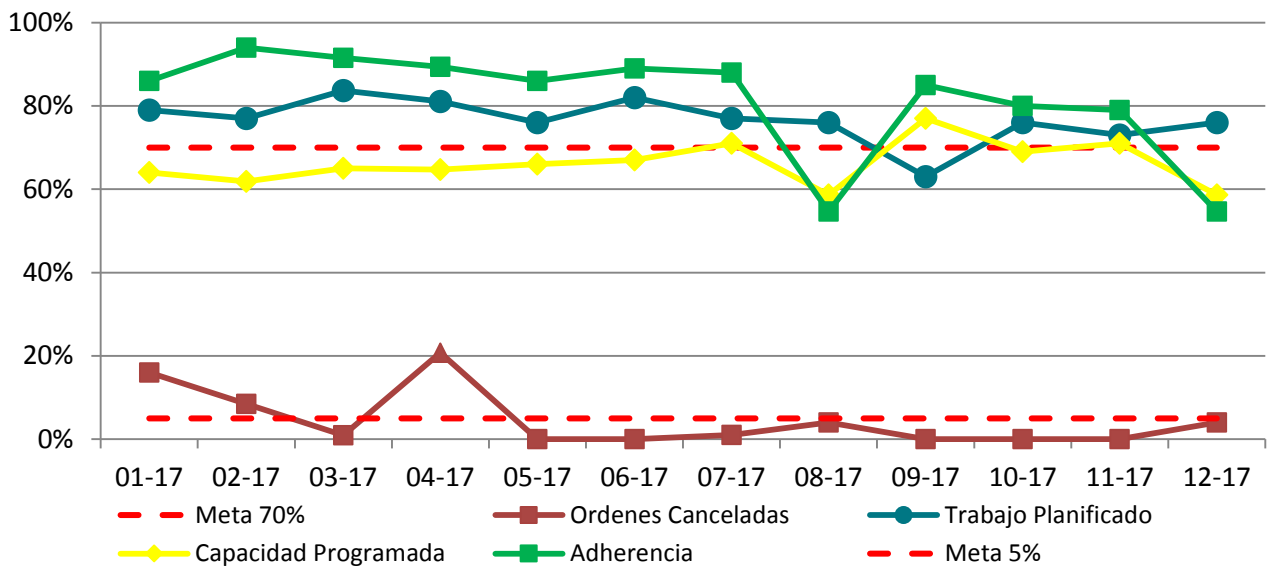


Figura 15: Gráfico Tendencia KPI de Proceso Mina 2017

6.4.1.2. KPI's de Procesos Planta Concentradora

En el gráfico de la tendencia anterior muestra las principales métricas de la disciplina de la gestión del mantenimiento, en el área de mantención Mina, donde se aprecia convergencia a los resultados esperados.

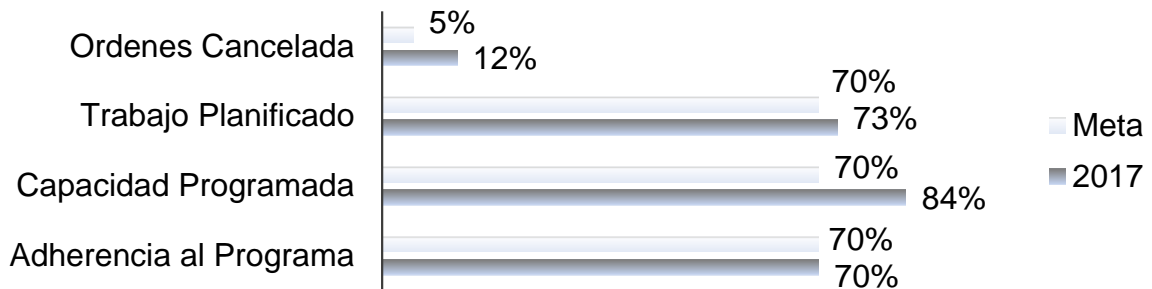


Figura 16: Gráfico KPI de Proceso reales Planta Concentradora 2017

Similar al área Mina, el desempeño de las “órdenes canceladas” en el área de mantención de la Planta Concentradora se mantuvieron fuera de los límites definidos bajo el 5% del target..

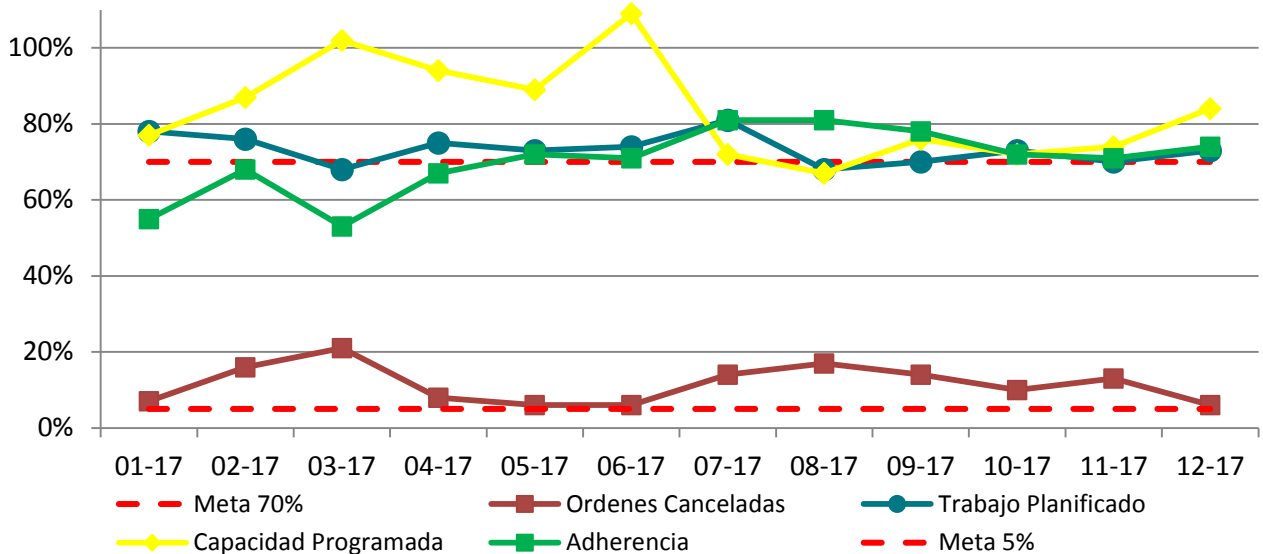


Figura 17: Gráfico Tendencia KPI de Proceso Planta Concentradora 2017

En el gráfico anterior muestra que la disciplina en la gestión de mantención en la Planta Concentradora hacia el segundo semestre las métricas comenzaron a ajustarse y tender al target esperado, las “órdenes canceladas” se mantuvieron sobre el target esperado de no mayor al 5% de las órdenes liberadas para ejecutar.

6.4.1.3. KPI's de Procesos Planta Hidrometalurgia

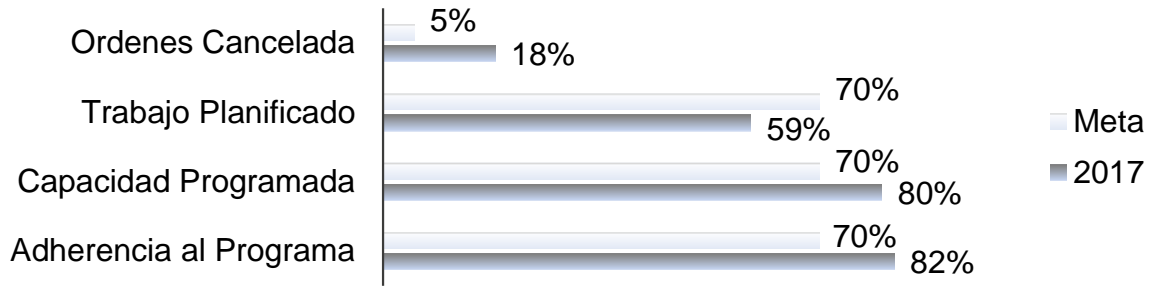


Figura 18: Gráfico KPI de Proceso reales Planta Hidrometalurgia 2017

Para el área de Mantenimiento de Hidrometalurgia, las “ordenes canceladas” y el “trabajo planificado” estuvieron fuera de los target definidos.

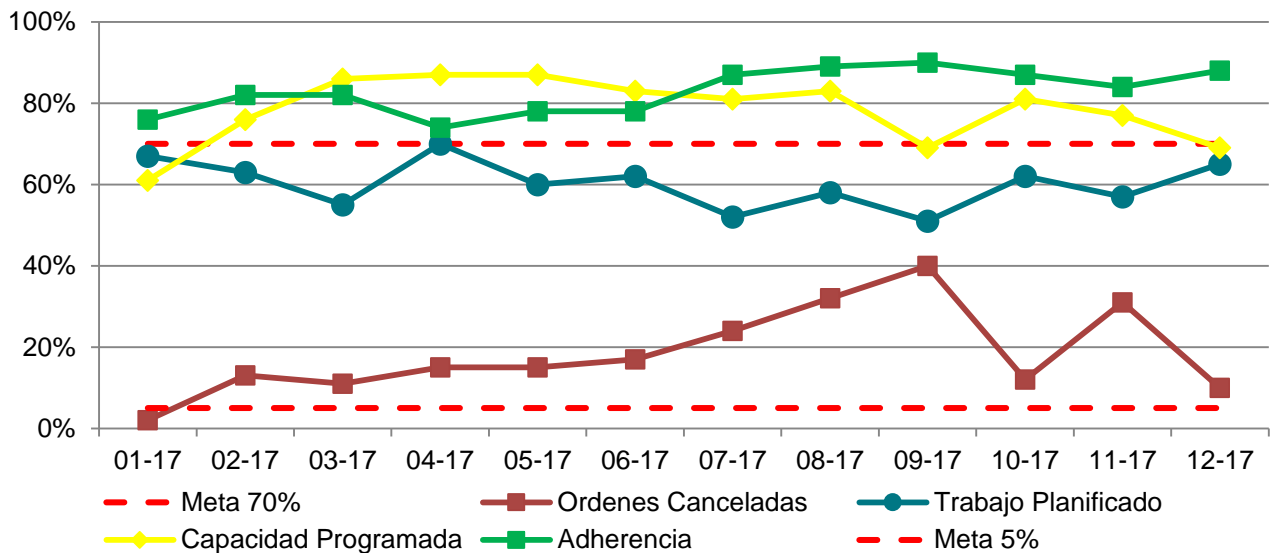


Figura 19: Gráfico Tendencia KPI de Proceso Planta Hidrometalurgia 2017

En el gráfico anterior muestra la disciplina en la gestión de mantenimiento en la Planta Hidrometalurgia, el “trabajo planificado” y las “ordenes canceladas” no alcanzaron los target esperados, se aprecia una tendencia de convergencia hacia los target a partir de septiembre del 2017.

6.4.2. Evaluación KPI de Resultados por Áreas

6.4.2.1. KPI's de Resultados Mina

Tabla 11: Resumen Disponibilidad Equipos Mina

Proceso Mina	KPI	Q1	Q2	Q3	Q4	2017
TRANSPORTE (Flota Camiones 797-930E-)	Real	85,0%	84,5%	82,0%	83,6%	83,8%
	Presupuesto	83,6%	80,5%	80,7%	81,2%	81,0%
CARGUÍO (Palas Mineras 4100XPC)	Real	84,8%	80,4%	80,6%	65,1%	77,7%
	Presupuesto	78,7%	79,3%	72,7%	78,8%	77,4%
PERFORACION (Perforadoras DMM3)	Real	78,1%	76,6%	78,0%	76,9%	77,2%
	Presupuesto	73,3%	74,3%	73,7%	72,0%	77,3%

La tabla anterior muestra los resultados de disponibilidad física de las 3 flotas más importante de equipos del área mina acumulada por trimestre (Q), cumpliendo con lo presupuestado en las 3 flotas para el año 2017.

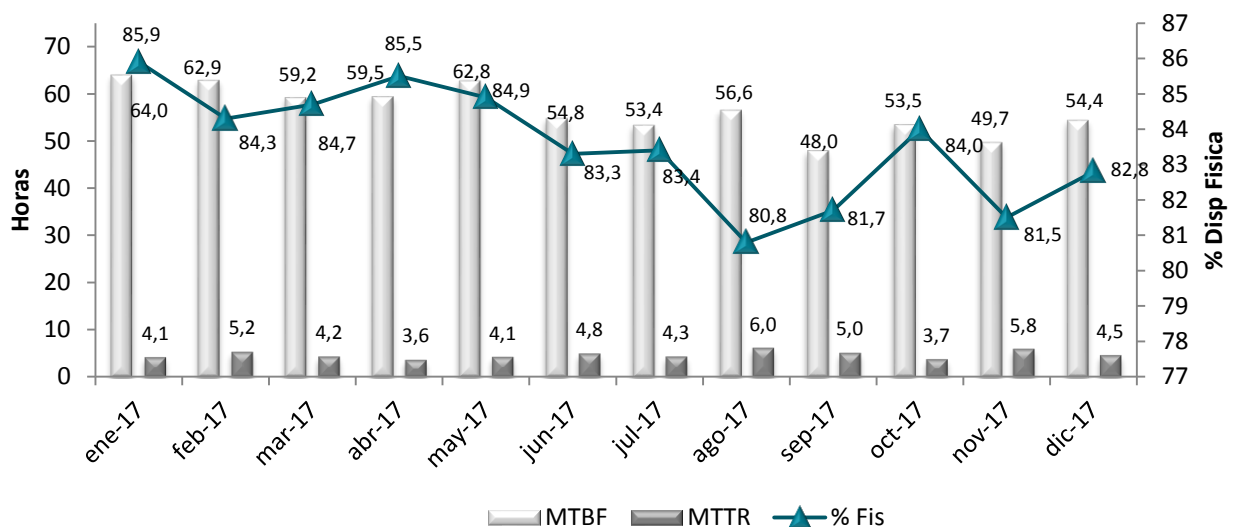


Figura 20: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Física Transporte (2017)

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) de la flota de transporte (Camiones Caex 797-930E-793), cerraron el año 2017 con: 55,5 horas de MTBF v/s 50 horas presupuestadas y 4,7 horas de MTTR real v/s 4 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 5,5 horas de mejor MTBF y 0,7 horas de menor performance para el MTTR.

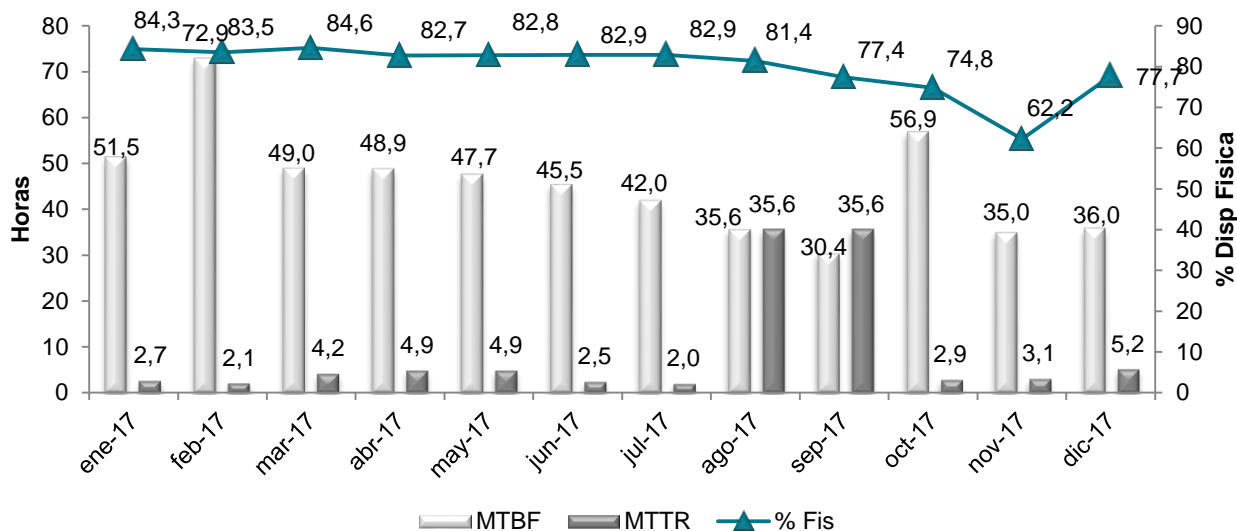


Figura 21: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Física Palas (2017)

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) de la flota de palas (4100XPC), cerraron el año 2017 con: 46,1 horas de MTBF v/s 35 horas presupuestadas y 3,4 horas de MTTR real v/s 3 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 11,1 horas de mejor MTBF y 0,4 horas de menor performance para el MTTR.

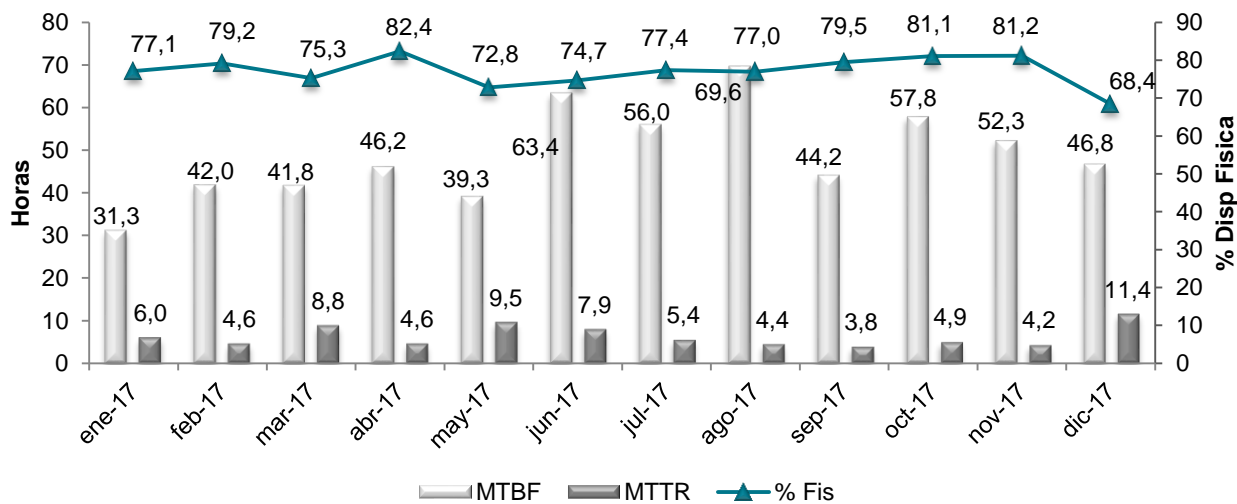


Figura 22: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Física Perforadoras (2017)

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) de la flota de perforadoras (DMM3), cerraron el año 2017 con: 49,2 horas de MTBF v/s 32 horas presupuestadas y 6,4 horas de MTTR real v/s 5 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 17,2 horas de mejor MTBF y 1,4 horas de menor performance para el MTTR.

6.4.2.2. KPI's de Resultados Planta Concentradora

Tabla 12: Resumen Disponibilidad Equipos Planta Concentradora

Proceso Planta Concentradora	KPI	Q1	Q2	Q3	Q4	2017
Chancado Primario	Real	86,9%	96,6%	89,1%	93,8%	91,6%
	Presupuesto	86,2%	91,8%	89,7%	91,7%	89,9%
Molienda SAG	Real	89,7%	95,5%	91,3%	94,8%	92,9%
	Presupuesto	89,6%	95,4%	91,9%	95,5%	93,2%
Chancado 2°/3°	Real	91,3%	95,2%	90,0%	94,1%	92,7%
	Presupuesto	84,8%	88,3%	86,6%	88,3%	87,0%

La tabla anterior muestra los resultados de disponibilidad de los 3 procesos o sistemas más relevantes de la Planta Concentradora acumulada por trimestre (Q), cumpliendo con lo presupuestado en 2 de 3 áreas para el año 2017. Respecto a la disponibilidad de la Molienda Sag estuvo 0,3 % bajo el presupuesto, compensado con una mayor disponibilidad en el área de Chancado 2°/3° con un delta adicional de disponibilidad de 5,7%.

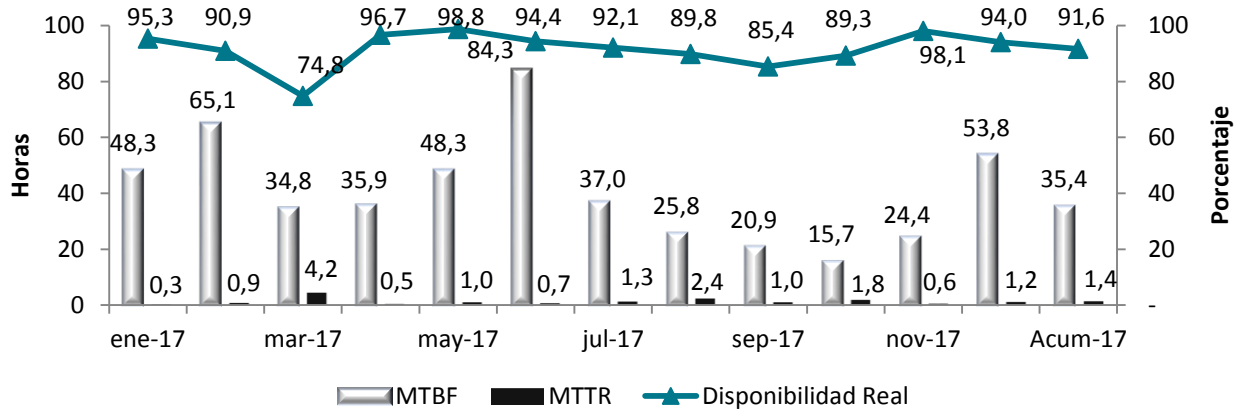


Figura 23: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Chancador Primario 2017

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) del proceso del Chancador Primario de la Planta Concentradora, terminó el año 2017 con: 41,3 horas de MTBF v/s 25 horas presupuestadas y 1,5 horas de MTTR real v/s 1,5 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 16,3 horas de mejor MTBF y en línea el performance para el MTTR.

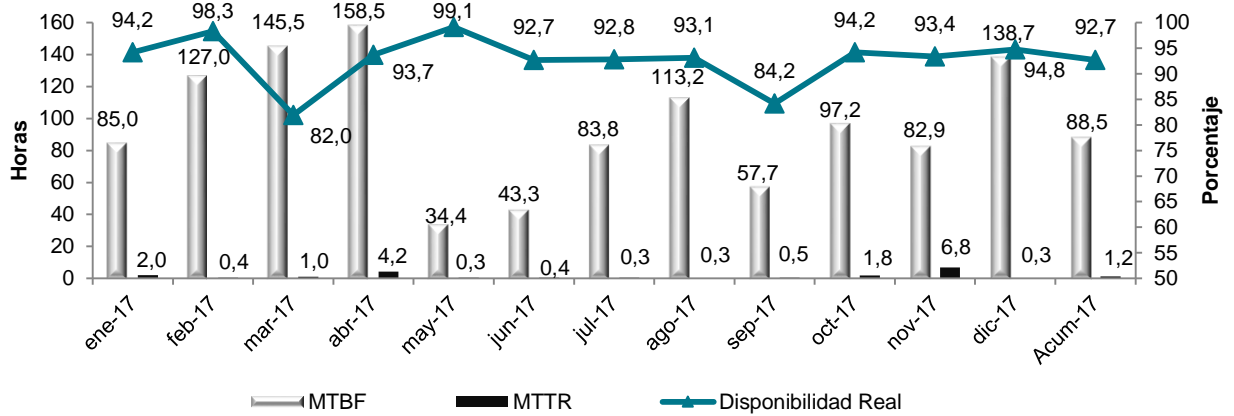


Figura 24: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Chancado Secundario 2017

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) del proceso del Chancador 2°/3° de la Planta Concentradora, terminó el año 2017 con: 92,8 horas de MTBF v/s 90 horas presupuestadas y 1,3 horas de MTTR real v/s 1,0 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 2,8 horas de mejor MTBF y 0,3 horas de menor performance para el MTTR.

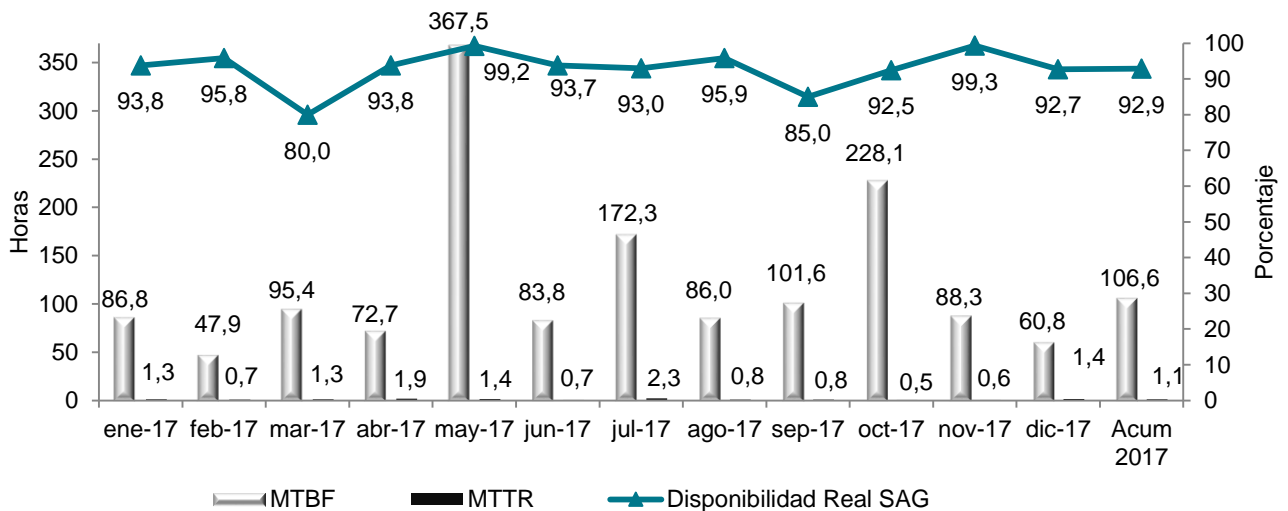


Figura 25: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Molino Sag 2017

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) del proceso de la Molienda Sag de la Planta Concentradora, terminó el año 2017 con: 101,7 horas de MTBF v/s 90 horas presupuestadas y 1,1 horas de MTTR real v/s 2,0 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 11,7 horas de mejor MTBF y 0,9 horas de mejor performance para el MTTR.

6.4.2.3. KPI's de Resultados Planta Hidrometalurgia

Tabla 13: Resumen Disponibilidad Equipos Planta Hidrometalurgia

Proceso Planta Hidrometalurgia	KPI	Q1	Q2	Q3	Q4	2017
Chancado & Apilamiento	Real	80,0%	74,2%	74,3%	79,1%	76,8%
	Presupuesto	80,5%	79,9%	82,2%	82,7%	81,4%
Ripios	Real	78,6%	75,0%	77,3%	79,9%	77,6%
	Presupuesto	81,9%	78,4%	82,4%	81,2%	81,0%
MDC	Real	87,6%	85,1%	81,4%	92,0%	86,5%
	Presupuesto	88,6%	88,2%	84,0%	87,8%	86,0%

La tabla anterior muestra los resultados de disponibilidad de los 3 procesos o sistemas más relevantes de la Planta Hidrometalurgia acumulada por trimestre (Q), cumpliendo con lo presupuestado en 1 de 3 áreas para el año 2017. Respecto a la disponibilidad del área Chancado & Apilamiento estuvo 4,6% bajo el presupuesto, análogamente el área de Ripios estuvo 3,4% bajo lo presupuestado para el año.

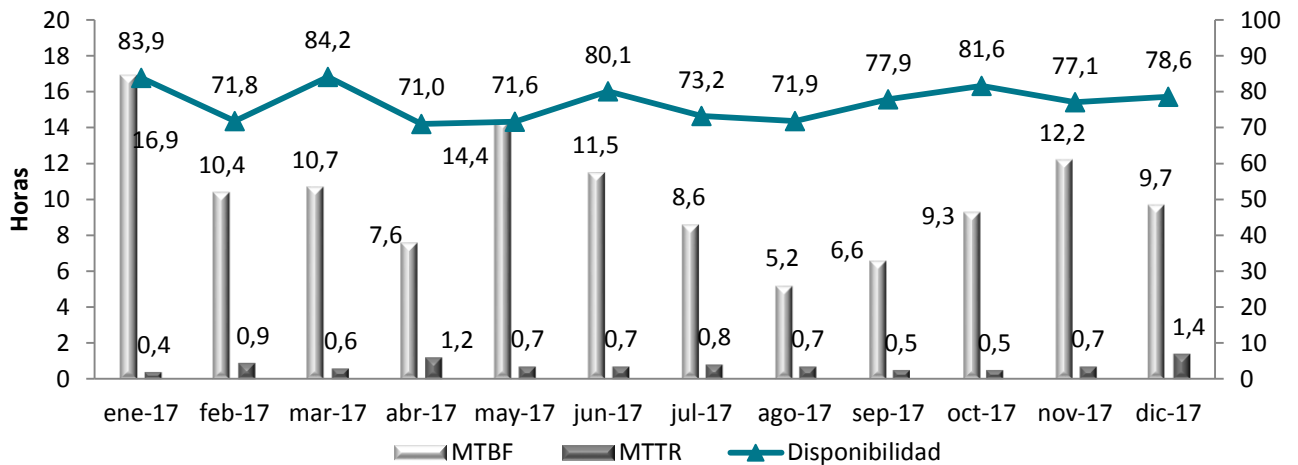


Figura 26: Gráfico MTBF-MTTR– Disponibilidad Chancado & Apilamiento (2017)

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) del proceso de Chancado & Apilamiento la Planta Hidrometalurgia, terminó el año 2017 con: 10,3 horas de MTBF v/s 14 horas presupuestadas y 0,8 horas de MTTR real v/s 2,5 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 3,7 horas de mejor MTBF y 1,7 horas de mejor performance para el MTTR.

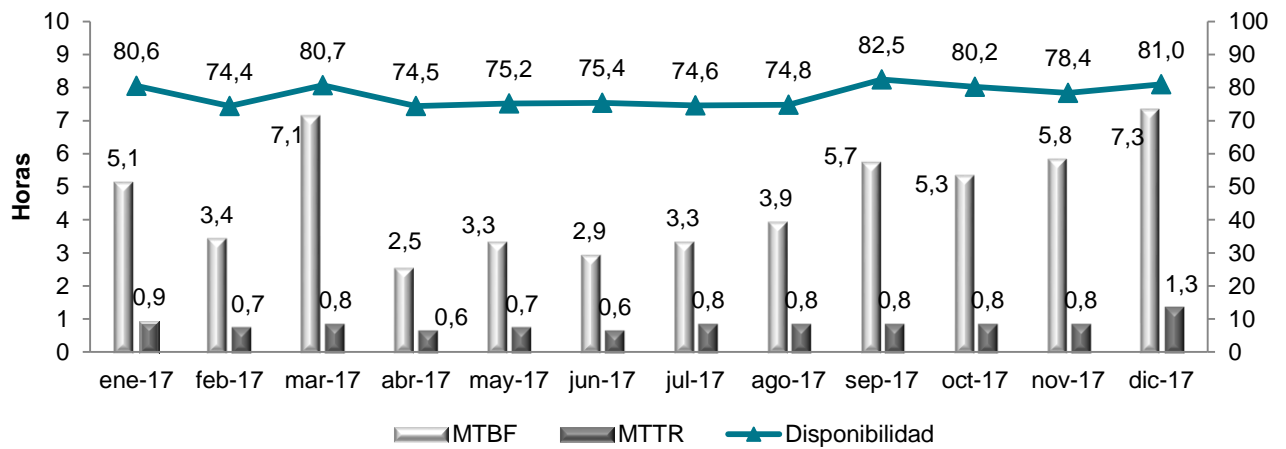


Figura 27: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad Ripios (2017)

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) del proceso de Ripios de la Planta Hidrometalurgia, terminó el año 2017 con: 4,6 horas de MTBF v/s 6,2 horas presupuestadas y 0,8 horas de MTTR real v/s 3,0 horas presupuestadas. Presentando un menor rendimiento de 1,6 horas de mejor MTBF y 2,2 horas de mejor performance para el MTTR.

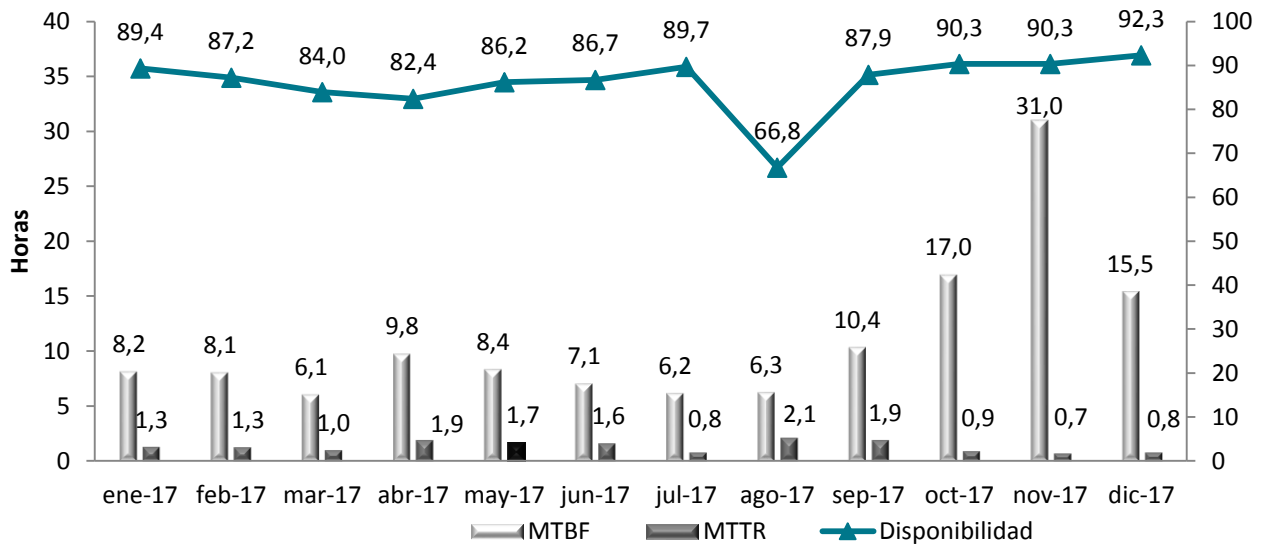


Figura 28: Gráfico MTBF-MTTR – Disponibilidad MDC (2017)

Los “tiempos medios entre falla” y “tiempos medios para reparar” (MTBF/MTTR) del proceso de la Maquina Despegadora de Catados (MDC) de la Planta Hidrometalurgia, terminó el año 2017 con: 11,2 horas de MTBF v/s 8 horas presupuestadas y 1,3 horas de MTTR real v/s 1,5 horas presupuestadas. Presentando un mejor rendimiento de 3,2 horas de mejor MTBF y 0,2 horas de mejor performance para el MTTR.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente apartado presenta las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de tesis.

7.1. Conclusiones

Durante el desarrollo de esta tesis surgió una serie de preguntas relevantes: ¿Se puede implementar un nuevo Modelo Operativo que estandarice las tareas de mantenimiento en forma transversal a toda la Compañía?, ¿Esta nueva forma de operar generará inestabilidad a los procesos que generen pérdidas a los procesos productivos?, entre otras.

Buscando responder estos cuestionamientos y los objetivos de este trabajo se realiza un levantamiento en la medida que el Modelo Operativo se comenzó a implementar a mediados del año 2017, documentando los cambios a los procesos que afectaron a la Gerencia de Mantenimiento de Minera Centinela.

Los focos principales de este trabajo son identificación y describir el nuevo Modelo Operativo, con los cambios implementados en los sistemas, procesos, organización y personas y como estos cambios se espera que afecten positivamente en los activos mantenibles de la compañía, la disciplina operacional y la cultura organizacional.

En la implementación de un cambio con estas características siempre existen debilidades y amenazas en este nuevo Modelo Operativo con su metodología, las que deben ser implementadas de manera masiva sin pruebas previas, por lo que el éxito final dependerá del liderazgo de su gente, la implementación de procesos y procedimientos comunes con seguimientos sistemáticos y estrictos en el desempeño de la gestión de los activos que están bajo la responsabilidad de la Gerencia de Mantenimiento.

Una serie de herramientas seleccionadas para asegurar el éxito de la implementación de un nuevo Modelo Operativo para la Gerencia de Mantenimiento de Minera Centinela buscando y orientando la mejora continua de la siguiente manera:

- Metodología clara y formal utilizando las mejores prácticas de la industria en la gestión del mantenimiento.
- Prácticas comunes, procesos estandarizados, roles y responsabilidades claras de todos los trabajadores de la gerencia de mantenimiento.
- Metodología de mejora continua, con análisis de los resultados en forma sistemática utilizando métricas formales con la implementación de KPI's de procesos y resultados que busca identificar de manera prematura desviaciones en la Gestión del Mantenimiento.
- Desarrollo de los empleados con una organización bien estructurada y organizada, hace más sencillo las posibilidades de movilidad interna de los empleados para su desarrollo profesional.
- Implementación de Foros (reuniones) como un espacio para lograr la interacción de las diferentes áreas o personas en la búsqueda de un objetivo

común, con programación de repetitividad y formalidad obligada de seguimiento de los compromisos.

Como reflexión o conclusión final la implementación de un nuevo Modelo Operativo, apoya la creación de cultura organizacional y disciplina en el trabajo para los procesos de gestión, permitiendo que los equipos de trabajo del mantenimiento sean los responsables de garantizar que el sistema ERP SAP represente la condición real del estado de los activos físicos (sistemas y equipos). Desde la generación de una necesidad de trabajo y una notificación de calidad, que pase por los procesos de planificación, programación, ejecución y cierre del trabajo. Para analizar de manera más efectiva los resultados, que permita mejorar los procesos y la estrategia de mantención definida para los activos. Esta es la base para obtener resultados sostenibles y predecibles, reduciendo el esfuerzo y centrándose en el liderazgo para avanzar en productividad, la mejora continua y la innovación que busque generar valor para el negocio.

7.2. Recomendaciones

Dado que este mismo Modelo Operativo fue implementado de manera paralela en las Gerencias de Mantención de todas las Compañías de AMSA, se recomienda que se realicen talleres para compartir brechas detectadas en las diferentes Compañías, buscando generar sinergias con los aprendizajes y acciones implementadas que apoyen a disminuir esfuerzos y recursos.

Se espera que el resultado de la implementación del Modelo Operativo sea exitoso dado que cuenta con toda la confianza y apoyo de la organización, se recomienda mantener el seguimiento de su implementación en el mediano y largo plazo, con una verificación continua del cambio cultural de modo de garantizar la sostenibilidad del Modelo.

Un aspecto que es recomendable considerar es mantener el monitoreo del cambio cultural y la aceptación de este Modelo Operativo en las personas en el mediano y largo plazo, para asegurar el éxito de un cambio tan relevante, utilizando herramientas que sean capaces de detectar pérdidas de valor por un mal alineamiento de las personas.

Los principales impactos de este modelo fueron el cambio organizacional, la implementación de procesos estándares para áreas con objetivos comunes y la implementación de una cultura de mejoramiento continuo basada en la revisión sistemática y continúa del rendimiento basado en KPI de gestión y resultados donde las metas claras y simples fueron el principal motor de gestión.

Importante destacar que un cambio tan relevante en la manera de hacer las cosas en una compañía de la envergadura de Minera Centinela no puede ser posible sin el compromiso de la alta gerencia, el apoyo y alineamiento de todos los trabajadores, en especial del equipo de liderazgo de la organización.

8. BIBLIOGRAFÍA

- **Pauta para la normalización de Tesis de Grado o Titulación FCFM (enero 2012).**
- **[M. Gomez, 2016]** “Introducción a la Metodología de la Investigación Científica”,
- **[SISIB – 2009]** “Redacción de Citas Bibliográficas Guía y ejemplos”, Universidad de Chile Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas
- **[Adolfo Arata, Luciano Furlanetto - 2005]** Manual de gestión de activos y mantenimiento.
- **[Adolfo Arata, Luciano Furlanetto - 2005]** “Organización liviana y gestión participativa mantenimiento”.
- **[Adolfo Arata, Alessio Arata - 2013]** “Ingeniería de la confiabilidad”
- **[Milgrom,P.& Roberts,J. - 1993]** “Economía, Organización y Gestión de empresa”, Ariel Economía, Barcelona.
- **[MOLINS PERA, 1988]** “Teoría de la Planificación” Editorial CEP – FHE – UCV, Caracas Venezuela.
- **[HayGroup, 2017]** “Implantación Estratégica” www.haygroup.com
- **[Ross, Weill, Robertson, 2006]** “Enterprise Architecture as Strategy”, Harvard Business School Press.
- **<http://simplicable.com>** What is a Target Operating Model?
- **[Amsa- 2017]** www.aminerals.cl “Preguntas frecuentes sobre Modelo Operativo”
- **[Centinela, 2015]** “Manual de gestión de activos físicos de Minera
- **[Escondida, 2016]** “Manual de Mantención”
- **[Rubén Klimasauskas, 2012]** “Mantenimiento en Minería”
- **[MAI, 2003]** Manual de la Gestión del Mantenimiento Industrial”, M.A.I. XXI Ltda. Consultores en Mantenimiento, Administración e Ingeniería.
- **[MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, 2008]** “Mantenimiento Predictivo y Proactivo” <http://mantenimientoindustrial17.blogspot.cl>.

9. ANEXOS

9.1. ANEXO A: KPI de Procesos y Resultados

9.1.1. KPI de Procesos

9.1.1.1. KPI-01-Solicitud de trabajos atrasados

Este indicador es aplicable en la etapa de identificación y se encarga de los avisos abiertos que no han sido tratados en 7 días o más.

Descripción: Calcula la cantidad de avisos de mantenimiento abiertos que no han sido tratados en 7 días o más v/s el total de avisos de mantenimiento abiertos. Los avisos abiertos atrasados ya sea por falta de aprobación, rechazo, o por falta de Orden de Mantenimiento ya asignada.

Objetivo: Impulsa que los tiempos de respuesta de la Supervisión y Planificación en gestionar los avisos, estén dentro de un marco satisfactorio de rendimiento, que se expresa en un umbral máximo de avisos no tratados en forma porcentual.

$$KPI - 01 = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Solicitud de trabajos pendientes} > 7 \text{ dias}}{\text{Total de solicitudes de trabajo pendientes}} \%$$

9.1.1.2. KPI-02- Horizonte de Planificación

Este indicador es aplicable en la etapa de identificación y se encarga de la cantidad de órdenes abiertas en 7 días o más desde su fecha de inicio extremo.

Descripción: Tiempo transcurrido entre la fecha en que la orden es creada y la fecha de inicio del trabajo (fecha real de inicio). La fecha inicio real, será la fecha de la primera notificación de la OT.

Objetivo: Proveer una indicativo de como proactiva o reactivamente la organización está trabajando, en qué nivel de proporción del trabajo, responde a un periodo de tiempo de planificación mínimo de 7 días. La consulta se realiza en forma semanal mirando el snapshot sacado al final del plan ejecutado.

$$KPI - 02 = \sum_{i=0}^n \frac{\text{OT ejecutadas con horizonte de planificacion} > 7 \text{ dias}}{\text{Total de ordenes de trabajo ejecutadas}} \%$$

9.1.1.3. KPI-03-Capacidad Programada

Este indicador es aplicable en la etapa de planificación y se encarga del tiempo la fecha en que la orden es creada y la fecha de inicio de trabajo.

Descripción: Cantidad de Horas Hombres comprometidas por puesto de trabajo a un programa semanal sobre Horas Hombres Disponibles del mismo puesto de trabajo para el mismo período. Capacidad de carga utilizada por puesto de trabajo cuando se congela el plan.

Objetivo: Esta métrica provee una perspectiva adicional a los KPI's de Adherencia y Capacidad Programada, proveyendo una medida de la utilización de los ejecutores del mantenimiento en aquel trabajo que fue planificado y programado

$$KPI - 03 = \sum_{i=0}^n \frac{HH \text{ Programada de un equipo de trabajo}}{HH \text{ disponible del equipo de trabajo}} \%$$

9.1.1.4. KPI-04-Adherencia al programa semanal

Se encarga Cantidad de HH comprometidas en un programa semanal sobre las HH disponible.

Descripción: Operaciones de órdenes de mantenimiento comprometidas en un programa semanal de Mantenimiento, y que fueron efectivamente ejecutadas y con la fecha/hora, contenida entre una ventana de 24 horas; entre 6 horas antes y 18 horas después, respecto de la fecha/hora programada de dicha operación.

Objetivo: Focalizar el esfuerzo de disciplina operacional, en adherir rigurosamente al plan de mantenimiento programado, minimizando las variaciones de dicha demanda a lo estrictamente necesario.

$$KPI - 04 = \sum_{i=0}^n \frac{N^{\circ} OT \text{ del programa semanal ejecutado}}{N^{\circ} \text{ total de OT del programa semanal congelado}} \%$$

9.1.1.5. KPI-05-Trabajo Planificado

Este indicador es aplicable en la etapa de ejecución y se encarga de la operación de órdenes ejecutadas entre menos de 6 horas y más de 18 horas de la fecha.

Descripción: Cantidad de Horas Hombres reales de trabajo Planificado y Programado ejecutado del plan, sobre el total ejecutado en el mismo periodo.

Objetivo: Esta métrica provee una perspectiva adicional a los KPI's de Adherencia y Capacidad Programada, proveyendo una medida de la utilización de los ejecutores del mantenimiento en aquel trabajo que fue planificado y programado.

$$KPI - 05 = \sum_{i=0}^n \frac{HH \text{ tareas programadas semanales reales ejecutadas}}{HH \text{ total reales ejecutadas}} \%$$

9.1.1.6. KPI-06-Ordenes atrasadas

Este indicador es aplicable en la etapa de análisis y mejora continua, se encarga de la Cantidad de HH reales de trabajo planificado y programado sobre el total de HH.

Descripción: Calcula la cantidad de órdenes de mantenimiento abiertas que no han sido terminada su ejecución en 7 días o más desde su fecha de inicio v/s el total de órdenes de mantenimiento abiertas.

Objetivo: Impulsa que los tiempos de respuesta de la ejecución en realizar las ordenes, estén dentro de un marco satisfactorio de rendimiento, que se expresa en forma porcentual.

$$KPI - 06 = \sum_{i=0}^n \frac{OT \text{ pendientes } > 7 \text{ dias sin cierre}}{\text{Total de ordenes pendientes}} \%$$

9.1.1.7. KPI-07-Ordenes canceladas

Este indicador es aplicable en la etapa de análisis y mejora continua, se encarga de las órdenes que fueron canceladas sin ejecución.

Descripción: Cantidad de OT's canceladas provenientes de los planes matrices (PM02) respecto del total de OT's PM02 ejecutas en el mismo periodo.

Objetivo: Promueve la responsabilidad de los Ingenieros de mantenimiento como dueños de las estrategias de mantenimiento (planes de mantenimiento en SAP) haciendo visible la cantidad de órdenes que han sido canceladas, sin haberse ejecutado.

$$KPI - 07 = \sum_{i=0}^n \frac{OT's \text{ PM02 Cerradas sin ejecución del plan semanal}}{OT's \text{ PM02 Cerradas del plan semanal}} \%$$

9.1.1.8. KPI-08- Cumplimiento Semanal

Este indicador es aplicable en la etapa de ejecución y se encarga de la operación de órdenes ejecutadas sobre el total de las órdenes programadas.

Descripción: Ordenes de trabajo ejecutadas del programa semanal y cerradas técnicamente respecto del total de órdenes del programa.

Objetivo Focalizar el esfuerzo de disciplina operacional de ejecutar la totalidad de los trabajos programados en la semana.

$$KPI - 08 = \sum_{i=0}^n \frac{OT's \text{ Ejecutadas y Cerradas Tecnicamente del Programa Semanal}}{\text{Cantidad Ordenes de Trabajo del Programa}} \%$$

9.1.2. KPI de Resultado

En el área de mantención se han incorporado diversos KPIs, los cuales permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos, monitoreo de gestión o identificar falencias en la gestión de activos. Con ello se logran identificar oportunamente las principales desviaciones en los desempeños de los equipos y se establecen acciones (con plazos y responsables) que eviten su repetición. El establecimiento de estos indicadores fueron planteados en función de la norma ASARCO (American Smelting & Refining Co.).

9.1.2.1. KPI-Disponibilidad Mantención

Descripción: Corresponde a la disponibilidad del equipo entregada por el área de Mantenimiento, no considera los tiempos de reserva dado que si existen tiempos de reserva es responsabilidad del área de Operaciones.

Objetivo: Mide estrictamente el impacto de la mantención sobre la disponibilidad del equipo.

$$Disp_{Mecanica} = \frac{(tiempo\ operativo)}{(tiempo\ nominal - reserva)} * 100 (\%)$$

9.1.2.2. KPI-Utilización Efectiva

Descripción: Es la fracción del tiempo, en la cual el equipo es operado, respecto al tiempo en que el equipo se encuentra en condiciones de cumplir su objetivo de diseño.

Objetivo: Muestra cuanto aprovecha operaciones del esfuerzo de mantenimiento por entregar equipos disponibles.

$$Utilización_{Efectiva} = \frac{tiempo\ efectivo}{tiempo\ disponible} * 100 (\%)$$

9.1.2.3. KPI-Tiempo medio entre fallas

Descripción: Media aritmética del tiempo entre fallas de un sistema o un equipo.

Objetivo: Muestra cuan frecuente son las paradas de un equipo, este valor sirve para determinar la confiabilidad del equipo.

$$MTBF = \frac{tiempo\ operativo}{cantidad\ de\ fallas} (hrs)$$

9.1.2.4. KPI- Tiempo medio de reparación

Descripción: Media aritmética del tiempo destinado a reparaciones.

Objetivo: Permite monitorear los tiempos de reparaciones de los equipos. Un valor bajo de MTTR implica que el esfuerzo necesario para poner en servicio un equipo es bajo.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo de mantenimientos no programadas}}{\text{cantidad de fallas}} \text{ (hrs)}$$

9.2. ANEXO B: Foros Área de Mantenición

9.2.1. Foros Área de Mantenición

9.2.1.1. Reunión de desempeño y KPI's de resultados

(Frecuencia mensual)

Producto: Compromiso de toda la gerencia para cerrar brechas en KPI y desempeño

Descripción Y Objetivos	Participantes
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar resultados de seguridad y calidad de la ejecución. • Revisar tendencia de KPIs de resultados con toda la gerencia y acordar acciones críticas para cierre de brechas. • Revisar tendencias de costos y productividad en FTEs (Full-Time Equivalent). • Revisar status de acciones acordadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Superintendente Confiabilidad (Líder) • Gerente Mantenimiento • Superintendente de Planificación • Superintendente de Ejecución del Mantenimiento. • Ingenieros Sénior: Confiabilidad, Planificación y Jefes Turno • Superintendente de Operaciones • Administradores de EECC • Responsable de Abastecimiento

9.2.1.2. Reunión Gerencia Mantenimiento

(Frecuencia semanal)

Producto: Acciones de mejora y cierra de brechas

Descripción Y Objetivos	Participantes
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar eventos pasados de Seguridad y oportunidades • Revisar KPIs de proceso de cada subproceso e identificar y acordar acciones para cierre de brechas • Revisar status de acciones acordadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente Mantenimiento (Líder) • Superintendente Mantenimiento • Ingenieros, Planificadores y Jefes de Turno de cada subproceso • Ingeniero de Gestión (minuta)

9.2.1.3. Reunión Excelencia Operacional Mantenimiento

(Frecuencia semanal)

Producto: Validación de acciones, dar solución a barreras y cuantificación de resultados parciales.

Descripción Y Objetivos	Participantes
<ul style="list-style-type: none">• Celebrar el éxito• Revisar si los planes de trabajo comprometidos se cumplieron• Acordar planes de trabajo de muy corto plazo• Mantener mente abierta, desafiar para acelerar y garantizar implementación de soluciones	<ul style="list-style-type: none">• Sponsor (L)• Dueños de iniciativas• PMO & Mejora Continua

9.2.1.4. Reunión de priorización por proceso

(Frecuencia semanal)

Producto: OTs priorizadas y planificación semana +1 a +12

Descripción Y Objetivos	Participantes
<ul style="list-style-type: none">• Revisar de órdenes de trabajo en pipeline desde la semana +1 a la semana +12• Priorizar ordenes de trabajo y su coordinación con grandes eventos• Obtener acuerdo de las partes involucradas	<ul style="list-style-type: none">• Planificador (L) y Programador• Ingeniero de Conf & MonCon• Ing. Senior Proceso• Abastecimiento

9.2.1.5. Reunión Programación Semana +1

(Frecuencia semanal)

Producto: Programa Semana +1 - Compromiso de las áreas y firma del programa semanal

Descripción Y Objetivos	Participantes
<ul style="list-style-type: none">• Revisar plan semanal con órdenes de trabajo preparadas y dispuestas en un programa• Revisar cambios relevantes en plan• Acordar cambios en el plan y establecer programa definitivo.	<ul style="list-style-type: none">• Programador y/o Planificador (Líder)• Ingeniero Confiabilidad & MonCon• Ingenios Sénior Mantenimiento y Operaciones

9.2.1.6. Mejoras, Cambios y Vulnerabilidad

(Frecuencia semanal)

Producto: Planes y acciones de mejora

Descripción Y Objetivos

- Revisar desviaciones de resultados de la semana anterior
 - Analizar las causas raíces de resultados que no cumplen con metas de producción
 - Definir acciones a tomar para solucionar desviaciones de resultados
-

Participantes

- Ing. Senior Conf (L)
- Ing. Conf, Planif y Jefe Turno

9.2.1.7. Recursos Compartidos

(Frecuencia semanal)

Producto: Asignación de recursos

Descripción Y Objetivos

- Nivelación de recursos compartidos según prioridad y criticidad de las OTs de modo tal que maximice objetivo de la compañía

Participantes

- SI Planificación (L)
 - Planif. y Progr. (Mina y Planta)
-

9.2.1.8. Reunión Inicio / Cambio de turno (por equipo)

(Frecuencia diaria)

Producto: Entrega plan diario

Descripción Y Objetivos

- Revisar información de seguridad y datos relevantes de la jornada anterior
 - Entregar datos de los cumplimientos y no cumplimientos de trabajos del día anterior y las metas u objetivos esperados del día
 - Distribución de las órdenes de trabajo del día
-

Participantes

- Supervisor / Jefe de Turno Mantenimiento (Líder)
- Supervisor Contratista
- Supervisor Operaciones