



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

**ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE MODELO DE GESTIÓN DEL CAMBIO EN LA
CONFIABILIDAD Y MANTENIMIENTO DE ÁREA DE GRAVILLA Y PEBBLES EN
PLANTA DE COBRE DE MINERA LOS PELAMBRES.**

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

RODRIGO ANDRES ROJAS TAPIA

**PROFESOR GUÍA
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN
LORETO BURGOS RODRÍGUEZ
GERARDO DÍAZ RODENA**

**SANTIAGO DE CHILE
2017**

RESUMEN

El presente estudio es un análisis de confiabilidad que permita encontrar oportunidades y proponer herramientas para gestionar el cambio en la mejora continua de los procesos de mantención, de manera que se incremente el rendimiento del proceso de conminución en la planta de Pebbles y Gravilla. Esto con el fin de recuperar la capacidad productiva de la planta concentradora de cobre de Minera Los Pelambres. En el año 2016 el dueño dejó de percibir aproximadamente 11 millones de dólares por concepto de material reciclado no chancado.

Se escoge dentro de las técnicas de análisis de confiabilidad el enfoque R-MES, utilizando la base datos el sistema SEP con que MLP reporta las detenciones de equipos y la información que administra la empresa colaboradora que tiene el contrato de mantenimiento en la concentradora. La técnica permite representar los componentes con mayor criticidad de acuerdo a sus eventos de falla y evaluar el desempeño actual del área en estudio. A partir de las brechas encontradas en el análisis de confiabilidad se proponen mejoras en base a criterio experto del analista, las que abarcan aspectos de liderazgo, competencias técnicas y de diseño de equipos.

La aplicación del modelo de confiabilidad y de gestión del cambio entrega los elementos cualitativos necesarios para tomar las decisiones de mantenimiento que mejoren los indicadores de desempeño sobre los equipos de la Planta de Pebbles y Gravilla de la concentradora de cobre de Minera Los Pelambres. Por lo que se recomienda aplicar sistemáticamente sesiones de análisis de desempeño para evaluar impactos en KPI de relevancia como lo son: Disponibilidad, Tratamiento, desviación de gastos, cumplimiento de planes de mantenimiento, KPIs propios de la gestión del mantenimiento y compromisos de planes de acción.

Se propone un modelo de gestión de cambio para implementar las mejoras encontradas y agregar valor en la gestión de la organización que realiza mantenimiento y operación en PyG. Estas propuestas están en mejorar los siguientes aspectos:

- 1.- Aplicar Ingeniería de Planta de acuerdo a criterio experto de Jefe de área de mantención y técnicos mecánicos con alta experiencia para mejorar diseños de chutes y revestimientos que entreguen una mayor disponibilidad al sistema de transporte de material reciclado.
- 2.- Ser disciplinados en la captura de la información de detenciones de equipos y cierres técnicos de OTs.
- 3.- Mejorar la estrategia de inspecciones de equipos y que se cumple plan de inspecciones.
- 4.- Mejorar los preparativos de mantenciones mayores con un HAZOP.
- 5.- Desarrollo de protocolos de entrega de equipos por parte de operaciones y mantenimiento.
- 6.- Desarrollar metodología para identificar causas raíces de problemas en el ámbito competencias técnicas y organizacional, ya que en terreno se observan brechas.
- 7.- Eliminación de Cuellos de Botella de acuerdo a estudio de empresa de Ingeniería.
- 8.- Implementar rigurosidad a estrategia de mantenimiento propuesta en tabla 5.
- 9.- Implementar reuniones semanales para evaluar los KPIs semanales y acumulados.

DEDICATORIA

Dedicado a mi amada familia: mi esposa Vanessa, a mi hija Valentina y futuro hijo en camino, por su comprensión y apoyo para alcanzar este hito. A mis padres por forjarme en los valores y enseñanzas para perseverar y mantener la energía en la vida.

TABLA DE CONTENIDO.

1.	Introducción.....	1
	1.1. Antecedentes Generales.....	1-4
	1.2. Descripción de Planta Concentradora Minera Los Pelambres.....	5-7
2.	Objetivos.....	7-8
3.	Justificación.....	8-9
4.	Metodología.....	9-10
5.	Marco Conceptual, Enfoque R-MES.....	10-16
	5.1. Visión sistémica.....	10-11
	5.2. El enfoque R-MES.....	11-12
	5.3. Modelo de John P. Kotter de Gestión del Cambio.....	12-16
6.	Análisis de confiabilidad de planta Pebbles y Gravilla y aplicación de modelo de gestión del cambio.....	16-62
	6.1.- Análisis de Confiabilidad de planta Pebbles y Gravilla.....	16-44
	6.1.1.- Configuración lógica funcional planta Pebbles y Gravilla (PyG).....	16-24
	6.1.2. Adquisición de datos.....	25-26
	6.1.3. Parametrización de data histórica – ajuste de curvas.....	26-29
	6.1.4. Determinación de etapa en el ciclo de vida.....	29-30
	6.1.5. Obtención de indicadores de desempeño (KPI´s).....	31-34
	6.1.6. Análisis de criticidad.....	35-36
	6.1.7. Oportunidades de mejora.....	36-37
	6.1.8. Mejoras de gestión.....	37
	6.1.8.1. Modelo de Mantenimiento.....	37
	6.1.8.2. Definición de políticas.....	38
	6.1.8.3. Gestión de repuestos críticos.....	38-39
	6.1.8.4. Competencias Laborales.....	39-40
	6.1.9. Mejoras de proyecto.....	40-41
	6.1.10. Plan productivo de mantenimiento.....	41-44
	6.2. Aplicación de Modelo de Gestión del cambio de John P. Kotter.....	44-62
	6.2.1. Paso 1.- Generación del sentido de urgencia.....	44-50
	6.2.2. Paso 2.- Crear una coalición poderosa para el cambio.....	51
	6.2.3. Paso 3.- Desarrollar una visión y una estrategia de cambio.....	51-55
	6.2.4. Paso 4.- Comunicación de la visión.....	55-56
	6.2.5. Paso 5.- Eliminar los obstáculos.....	56-58
	6.2.6. Paso 6.- Generar éxitos a corto plazo.....	58-59
	6.2.7. Paso 7.- Construir sobre el mismo cambio.....	59-60
	6.2.8. Paso 8.- Anclando el cambio.....	60-62
	Conclusiones.....	63
	Glosario y Abreviaturas.....	64
	Bibliografía.....	65
	Anexos.....	66-69

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 "Equipos pebbles y gravilla"	17
Tabla 2 "Mantenciones 2016"	30
Tabla 3 "Ponderación para cálculos indicadores"	34
Tabla 4 "Análisis RCM Chancador"	43
Tabla 5 "Análisis RCM Correas Transportadoras"	43-44
Tabla 6 "Casos de Cambio"	45-46
Tabla 7 "Preparación para el cambio General"	47
Tabla 8 "Preparación del Cambio Organización"	48
Tabla 9 "Preparación del Cambio de Personas"	49
Tabla 10 "Preparación del Cambio de Procesos"	50
Tabla 11 "Visión de Futuro"	52-54
Tabla 12 "Diseñar el Cambio"	55
Tabla 13 "Barreras"	57
Tabla 14 "Hitos del Cambio"	59
Tabla 15 "Asistencia del personal"	60
Tabla 16 "Índices de Seguridad"	60
Tabla 17 "Disponibilidad semana pasada"	61
Tabla 18 "Tonelaje recirculado sin chancar"	61
Tabla 19 "Kpi específicos"	61
Tabla 20 "Acumulado Mes"	62
Tabla 21 "Acumulado Año"	62
Tabla 22 "Compromisos y Vulnerabilidad"	62

INDICE DE ILUSTRACIONES.

Figura N° 1 "Mapa zonal, donde está inserto Minera Los Pelambres"	2
Figura N° 2 "Dotación Minera los Pelambres"	4
Figura N° 3 "Distribución promedio 2014"	6
Figura N° 4 "Resumen de restricción de tratamiento fresco por retorno de pebbles"	7
Figura N° 5 "Comparación Real vs Budget acumulado 2016"	8
Figura N° 6 "Datos para calcular la pérdida Anual"	9
Figura N° 7 "Niveles ConFigura N°ción Lógica Funcional"	16
Figura N° 8 "Lógica funcional Pebbles nivel 1"	18
Figura N° 9 "Lógica funcional Pebbles nivel 2"	19
Figura N° 10 "Lógica funcional Pebbles nivel 2"	20
Figura N° 11 "Lógica funcional Pebbles nivel 2"	20
Figura N° 12 "Lógica funcional correas de emergencia"	21
Figura N° 13 "Lógica funcional correas de emergencia"	21
Figura N° 14 "Lógica funcional correas de emergencia"	22
Figura N° 15 "ConFigura N°ción Lógica de Gravilla"	22
Figura N° 16 "ConFigura N°ción Lógica de Gravilla"	23

Figura N° 17 "ConFigura N°ción Lógica de Gravilla"	24
Figura N° 18 "ConFigura N°ción Lógica de Gravilla"	24
Figura N° 19 "ConFigura N°ción lógica SEP"	25
Figura N° 20 "Administrador de Eventos"	26
Figura N° 21 "Ciclo de Vida de los Eventos"	26
Figura N° 22 "Gráfico con la disponibilidad de planta en relación Budget 2016 – 2017 versus el real"	27
Figura N° 23 "Gráfico Coeficiente de marcha real versus el coeficiente de Budget 2016 – 2017 de PyG"	28
Figura N° 24 "Gráfico con mayores fallas"	29
Figura N° 25 "Análisis Método cálculo SEP"	31
Figura N° 26 "Clasificación de detenciones"	32
Figura N° 27 "Árbol de decisión de detenciones"	32
Figura N° 28 "Categoría del árbol de falla de molienda"	33
Figura N° 29 "Base de Datos Pebbles y Gravilla"	35

LISTA DE ANEXOS.

Figura N° 30 "Lógica de Planta Pebbles y Gravilla	66
Tabla 23 " Estrategia de mantención Pebbles y Gravilla"	66-69

1. INTRODUCCIÓN.

1.1.- ANTECEDENTES GENERALES

Minera Los Pelambres es una Sociedad Contractual Minera que junto a la Empresa Minera Centinela, Minera Antucoya y Minera Zaldivar forma parte de Antofagasta Minerals S.A. (AMSA), división minera del grupo Antofagasta Plc, uno de los diez principales productores de cobre a nivel mundial y el tercero en el país. El grupo está listado en la Bolsa de Valores de Londres e integra el Índice FTSE-100 desde marzo de 2004.

Los accionistas controladores de Minera Los Pelambres son Antofagasta PLC y un consorcio de empresas japonesas compuesto por Nippon Mining & Metals, Mitsubishi Materials, Marubeni, Mitsubishi Corp, Mitsui & Co. Antofagasta PLC, a través de su brazo minero Antofagasta Minerals S.A. (AMSA), administra y controla el sesenta por ciento (60%) de Minera Los Pelambres.

El rol del directorio de Minera Los Pelambres es velar por el cumplimiento de las normativas de los accionistas y por la gestión de la compañía. Está compuesto por siete miembros, quienes no ocupan cargos ejecutivos al interior de la empresa.

El yacimiento de Minera Los Pelambres se ubica a 45 km al este de la ciudad de Salamanca, Provincia de Choapa, en plena cordillera de Los Andes a 3.600 msnm. y su puerto se sitúa en el sector de Punta Chungo, comuna de Los Vilos, todo en la Cuarta Región de Coquimbo.



Figura N° 1 "Mapa zonal, donde está inserto Minera Los Pelambres", Fuente: Informe Reporte de Reportabilidad.

Las instalaciones de la compañía recorren 120 kilómetros de cordillera a mar pasando por las comunas de Salamanca, Illapel y Los Vilos, donde se encuentra su puerto de embarque en el sector de Punta Chungo. En este entorno, donde coexisten más de 40 comunidades y 84 mil habitantes, se desarrollan tradicionales actividades económicas como: agricultura, ganadería de subsistencia, pesca y minería artesanal.

El yacimiento de Minera Los Pelambres es conocido desde los tiempos del imperio Inca, siendo descubierto con fines comerciales en 1910 por una exploración del ingeniero en minas William Braden Burford, dueño de Braden Cooper, quien durante cuatro semanas recorrió los 400 kilómetros que separaban al yacimiento de Santiago. Pese a que los cálculos iniciales indicaron un gran tonelaje de mineral, debido a la baja ley que éste poseía Braden decidió no continuar el proyecto. Después de las labores de Braden no hubo actividad hasta que en 1955, Minera Protectora y Minera Los Pelambres reclamaron manifestación en el sector, realizándose trabajos geológicos de superficie entre 1964 y 1968. Durante los años 1969 y 1971 se realizaron nuevos trabajos de prospección por parte de ENAMI, la que a través de 32 sondajes de 4.098 mts en total, pudo cubicar 428 millones de toneladas de mineral probable con una ley de 0,78% de Cu y 0,033% de Molibdeno. Con esta información en 1978 la transnacional "Anaconda Chile S.A." adquiere la mina y realiza nuevos sondajes. Esta vez fueron 70 mil metros en 111 sectores, completando un total de 39.316 mts. El estudio geológico realizado contempló: tipo de roca, mineralización, estructuras, distribución de vetillas, sulfuros y razones de mineralización, zonificación supérgenea. Los resultados no fueron los esperados y la explotación se realizó sólo como una faena pequeña tipo subterránea.

En 1985 y después 70 años y en manos de muchas empresas, Antofagasta Minerals compró el yacimiento, adquiriendo el 100% del proyecto Pelambres, comenzando así uno de los negocios mineros más ambiciosos en Chile.

Los Pelambres posee un yacimiento del tipo porfídico de cobre y molibdeno, de edad miocénica, depositado en un complejo intrusivo compuesto por un stock tonálico premineral instruido por una serie de rocas porfídicas. Principalmente se explotan sulfuros, entre ellos se encuentran Pirita, calcopirita, calcosina, anhidrita, bornita, molibdenita y covelina. Las operaciones de explotación de mineral se encuentran localizado a 45 Km al este de la ciudad de Salamanca, en la IV región, y solo a 1000 mts. de la frontera geográfica Chile-Argentina. A una altura de entre 3.100 y 3.600 m.s.n.m. La extracción del mineral se realiza a través de una mina a cielo abierto, la que se conecta con el área de procesamiento a través de una correa transportadora que recorre 13 kilómetros. La planta de concentrados, ubicada a una altura de 1.600 m.s.n.m. tiene una superficie aproximada de 5 hectáreas e incluye los sistemas de molienda, flotación y dependencias complementarias.

El mineral chancado es transportado hasta las etapas de molienda (primaria y secundaria), donde es triturado hasta alcanzar el tamaño de liberación de las partículas de cobre. Durante el proceso de flotación, al mineral de cobre sulfurado se le agrega agua, reactivos, aire y es agitado para hacerlo burbujear, consiguiendo el arrastre a la superficie del mineral de interés (Cu y como subproducto el Molibdeno), que se convertirá en concentrado de cobre a ser enviado por un ducto a Puerto. El proceso de producción del molibdeno también se realiza a través de la flotación. Para Minera Los Pelambres el respeto y la seguridad de las personas es lo más importante, por eso ambos conceptos son prioridad en todas las etapas de gestión y desarrollo. Minera Los Pelambres ha mantenido relaciones fructíferas y exitosas con sus trabajadores y sindicatos, lo que es motivo de orgullo para todos los que se desempeñan en la organización.

Este éxito se explica por la implementación de una estrategia que propicia las buenas relaciones laborales, la inclusión, la participación y la equidad dentro de la compañía. Gracias a esto, el uso de instrumentos legales, tales como la negociación colectiva, han sido instancias de diálogo efectivas. Las políticas y planes de gestión de personas están fundados en la Visión, Misión y Objetivos Estratégicos de Minera Los Pelambres y del Grupo Antofagasta Minerals. La estrategia laboral de la compañía se basa en la integridad, la confianza, la responsabilidad personal, el respeto y el cuidado mutuo entre todos quienes la componen. Uno de los principales compromisos es proteger y resguardar los derechos fundamentales de todos los trabajadores propios y colaboradores de empresas contratistas a través del cumplimiento de la legislación vigente y el compromiso con la Declaración Universal de los Derechos Humanos y los diez Principios del Pacto Global de las Naciones Unidas. En las operaciones de Los Pelambres se desempeñan alrededor de seis mil personas de manera directa, entre trabajadores propios y colaboradores de empresas contratistas. Considerando el total de trabajo indirecto que crea la Región de Coquimbo, la compañía genera alrededor de 9 mil puestos de trabajo equivalentes al 2,8% del empleo y se destaca por la calidad de

sus relaciones laborales. La dotación promedio de la empresa con contrato en el año 2016 fue de 919 personas, las cuales se distribuyen de la siguiente forma:



Figura N° 2 "Dotación Minera los Pelambres" Fuente: Página web (<https://web.pelambres.cl/>).

En Minera Los Pelambres existe una práctica de no discriminar por género, tanto en las políticas de reclutamiento y selección de cargos, como en las políticas de remuneración y beneficios para todos los empleados. Al cierre del año 2015, la dotación estaba compuesta 71 mujeres, de las cuales, a lo menos el 40% se desempeñan en la faena.

La mayoría de las ventas se realiza a clientes que refinan o procesan el cobre en Asia y Europa. Aproximadamente, el 85% de la producción del grupo está destinado al mercado asiático. La competencia está dada por todas aquellas empresas mineras de gran tamaño que tienen producción de alta ley y bajos costos que le permiten estar ubicados en los primeros cuartiles de la industria minera. Antofagasta Minerals dedicó importantes esfuerzos a potenciar la cultura del Grupo, fomentando las sinergias y el intercambio de aprendizajes entre sus operaciones mineras. Desarrolló un conjunto de iniciativas basadas en una Carta de Valores, que ayuda a guiar consistentemente procesos clave tales como la gestión de desempeño y el desarrollo de líderes. También fortaleció la gestión de comunicaciones internas, reforzando el equipo, creando nuevos medios y desplegando planes específicos para apoyar las iniciativas principales. Impulsar la competitividad del Grupo requiere desarrollar a sus trabajadores y prepararlos para asumir nuevos desafíos; también, atraer nuevos talentos. En 2014 se realizaron 4,5 horas de capacitación mensual promedio por persona, y se mejoró la encuesta de clima para incluir la medición del compromiso de los trabajadores con la empresa y su intención de permanecer en ella. La información reunida ayudó a mejorar la propuesta de valor de la empresa hacia sus trabajadores.

1.2.- DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA CONCENTRADORA MINERA LOS PELAMBRES

El proceso de chancado de pebbles comienza con el sobre tamaño generado por los clasificadores trommel de la planta de molienda SAG, los que son descargados sobre la correa TAG 310-CV-125. Los pebbles generados en el molino SAG, son divididos para ser procesados en dos circuitos de chancado: chancado de gravilla y chancado de pebbles.

La correa TAG 310-CV-125 descarga sobre las correas TAG 310-CV-126 y 310-CV-112, las que alimentan a las plantas de pebbles y gravilla, respectivamente.

En la planta de gravilla, la correa TAG 310-CV-112 alimenta al harnero TAG 313-SC-001, tipo convencional doble bandeja, cuyo sobre tamaño es descargado sobre una tolva que descarga el mineral sobre las correas TAG 310-CV-113/114/150. Las correas 310-CV-113/114/150 alimentan de forma directa a los chancadores de cono TAG 310-CR-11/12, del tipo HP500 y al chancador TAG 310-CR-04, del tipo HP800, respectivamente.

Los chancadores descargan el mineral sobre la correa TAG 310-CV-151, el mineral es transportado en serie por las correas TAG 310-CV-151/152/153. La correa TAG 310-CV-153 descarga sobre un chute que tiene la flexibilidad de alimentar hacia los molinos de Bolas 4, 5, 6 y 7 mediante las correas dispuestas en serie TAG 310-CV-154@157, o hacia los Molinos SAG 1 y 2, mediante el sistema de correas en serie TAG 310-CV-116@119.

La planta de pebbles es alimentada por la descarga en serie de las correas 310-CV-126/127/128, las que descargan sobre el chute almeja dispuesto sobre los dos (2) harneros convencionales, doble bandeja, TAG 310-SC-002/003, uno (1) en operación y el otro en reserva. El sobre tamaño generado en los harneros descarga en el BIN 25 desde donde es transportado mediante la correa TAG 310-CV-129 que descarga sobre el alimentador TAG 310-FE-57 que alimenta al Chancador de cono MP1000 TAG 310-CR-03, cuya descarga es transportada por la correa TAG 310-CV-718. La correa TAG 310-CV-718, descarga sobre un chute desde el cual se puede descargar mineral a la correa TAG 310-CV-719 que alimenta al molino de bolas 9 y 8, o a la correa TAG 310-CV-130 que conduce el mineral hasta el BIN 25, desde donde el mineral se descarga, por medio de 3 descargas, sobre las correas TAG 110-CV-131/132/708 que transportan el mineral hasta las correas de alimentación a los molinos SAG 1, 2 y 704, respectivamente.

El área de Pebbles y Gravilla se define como una planta de chancado que entrega un producto de recirculación hacia el proceso de molienda con una granulometría bajo 11 [mm]. Los equipos principales por planta son los siguientes:

Gravilla

- 2 Chancadores Metso HP500 con una capacidad de chancado de 245 [Ton/hr]
- 1 Chancador Metso HP800 con una capacidad de chancado de 350 [Ton/hr]
- 1 Harnero horizontal LH (10x20 pies)
- Correas transportadoras

Pebbles

- 1 Chancador Metso MP1000 con capacidad de chancado de 450 [Ton/hr]
- 2 Harnero horizontal LH (10x20 pies)
- Correas transportadoras

A continuación se muestra el impacto sobre el tratamiento fresco de la planta concentradora al retornar los pebbles chancados a molienda primaria (SAGs).

Existen 3 tipos de productos generados en la Planta de Pebbles y Gravilla. En la Figura N° 3 se muestra la distribución promedio 2014.

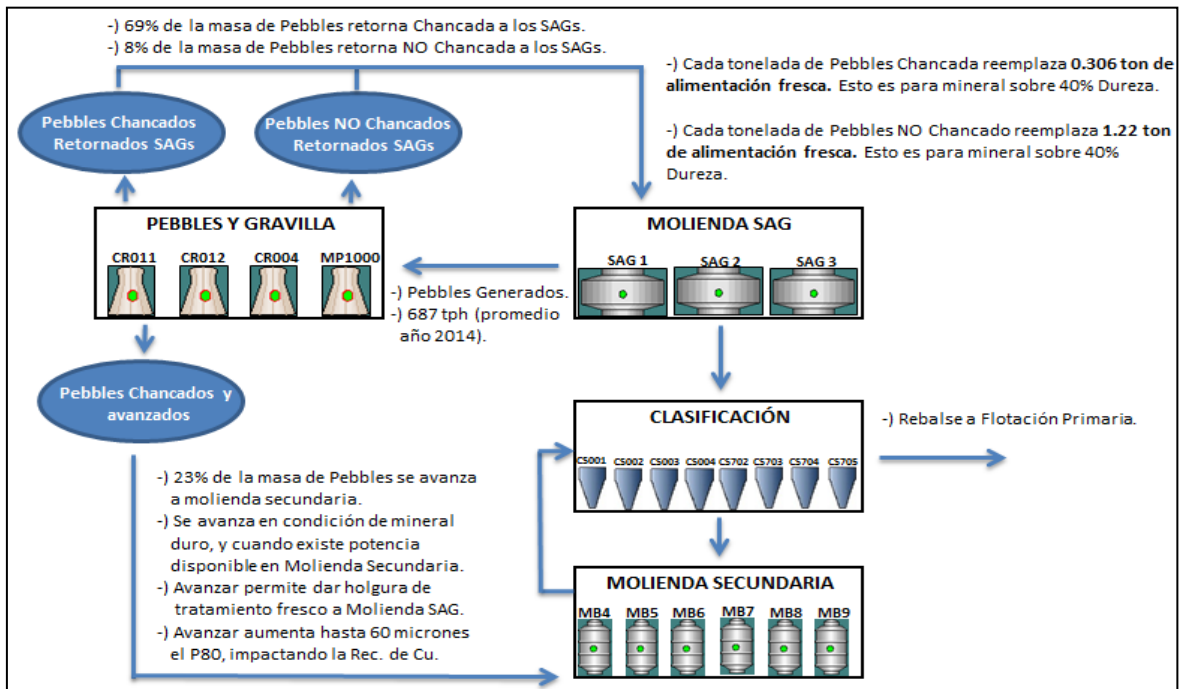


Figura N° 3 "Distribución promedio 2014", Fuente: Informe Reporte de sustentabilidad 2014.

La Figura N° 4 resume la ganancia de alimentación fresca por tonelada de pebbles chancada y No chancada, dependiendo del rango de dureza.

Resumen de restricción de tratamiento fresco por retorno de Pebbles.

	Alim. Fresca/ton Ch.
Promedio para mineral duro (35 - 45%)	-0.306
	Alim. Fresca/ton NO Ch.
Promedio para mineral blando (bajo 15%)	-0.373
Promedio para mineral medio (15 - 35%)	-1.103
Promedio para mineral duro (35 - 45%)	-1.225

Distribución de la masa de pebbles generada en el año 2014.

% Avanzado	% Retornado Chancado	% Retornado NO Chancado
23%	69%	8%

Figura N° 4 "Resumen de restricción de tratamiento fresco por retorno de pebbles", Fuente: Informe Eventos de Pérdida de Planta Concentradora.

El 8% de la masa retornada NO chancada es parte de la operación, imposibilitando disminuir este valor (mantención de chancadores, detención de correas, etc.).

Con durezas bajo el 35% se llega a la máxima alimentación fresca dando holgura al retorno de Pebbles chancado a los molinos SAGs, privilegiando así un menor P80 en molienda secundaria. Minera Los Pelambres, a partir de mediados del año 2014 comienza a tener un proceso de alimentación hacia la concentradora con "mineral de mayor dureza" que trae consigo los primeros problemas de no cumplimiento de los Budget de producción y complicaciones en los procesos, los cuales no fueron correctamente administradas tanto por la operación como por la mantención.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Generar propuestas de gestionar el cambio para mejorar la continuidad de marcha y recuperar la capacidad productiva a partir de un análisis de confiabilidad cualitativo de la Planta Concentradora, en específico en el área de Pebbles y Gravilla de MLP.

Objetivos Específicos

- Identificar Brechas en la operación y mantención de equipos del área Pebbles y Gravilla.
- Encontrar oportunidades de mejora a partir de propuestas para evaluaciones de ingenierías que mejoren la confiabilidad de la planta.
- Generar un proceso controlado de gestionar el cambio en el ámbito del mantenimiento y operación en el área de estudio.
- Identificación de focos de mejoras de impacto a corto plazo y mediano plazo.

- Creación de KPI's de Disponibilidad y Confiabilidad área Pebbles y Gravilla con propuestas de como realizar seguimiento.

3. JUSTIFICACIÓN

En 2016 AMSA promueve el plan de recuperación de la capacidad productiva, donde uno de los focos principales es la confiabilidad de la planta concentradora. La planta de Gravilla y Pebbles con la constante alimentación de la mina con mineral duro tiene un foco particular por su aporte a la conminución que se recircula a los molinos Sag y de bolas, por esta razón se hace imperioso mejorar la continuidad de marcha, confiabilidad y mantenibilidad.

Una de las dificultades actualmente es que el Plan Matriz de Mantenimiento no se hace cargo de necesidades de mantener la continuidad de marcha de la planta concentradora donde, a juicio experto del Jefe de área de mantenimiento, hay una serie de deficiencias en aspectos de diseño, mantenibilidad y operación.

En la Figura N° 3, se presenta un cuadro proporcionado por la superintendencia de planificación planta de Minera Los pelambres, donde se indica la cantidad de horas plantas por detenciones de equipos del área de Pebbles y Gravilla. Estos datos son desde la semana 24 del año 2015 hasta la semana 19 del año 2016.

En esta Figura N° es posible apreciar en líneas destacadas los porcentajes de pérdidas asociados al material de cobre y molibdeno fino producido durante el 2016. Además se puede destacar el tonelaje procesado, donde hay un 5.1% de pérdida.

COMPARACION REAL VS BUDGET						COMPARACION REAL VS FORECAST					
ACUMULADO HASTA	dic-16			VARIACION		ACUMULADO HASTA	dic-16			VARIACION	
	UNIDAD	Real	B	Q	%		UNIDAD	Real	F	Q	%
Cu Fino Eq. Producido	Kton	373,8	389,8	-15,96	-4,1%	Cu Fino Eq. Producido	Kton	373,8	0,0	373,82	#;DIV/0!
Cu Fino Eq. Filtrado (Ppto)	Kton	375,8	389,8	-13,97	-3,6%	Cu Fino Eq. Filtrado (Ppto)	Kton	375,8	377,4	-1,61	-0,4%
Cu Fino Eq. Filtrado (Real)	Kton	375,8	389,8	-13,97	-3,6%	Cu Fino Eq. Filtrado (Real)	Kton	375,8	377,4	-1,61	-0,4%
Cu Fino Producido	Kton	365,5	377,4	-11,88	-3,1%	Cu Fino Producido	Kton	365,549	367,452	-1,90	-0,5%
Cu Fino Filtrado Pagable (Ppto)	Kton	355,2	364,6	-9,44	-2,6%	Cu Fino Filtrado Pagable (Ppto)	Kton	355,155	355,711	-0,556	-0,2%
Cu Fino Filtrado Pagable (Real)	Kton	355,2	364,6	-9,44	-2,6%	Cu Fino Filtrado Pagable (Real)	Kton	355,2	355,7	-0,56	-0,2%
Mo Fino Producido	Kton	7,18	8,73	-1,56	-17,8%	Mo Fino Producido	Kton	7,18	7,46	-0,28	-3,8%
Mo Fino Envasado Pagable (Ppto)	Kton	7,12	8,69	-1,56	-18,0%	Mo Fino Envasado Pagable (Ppto)	Kton	7,12	7,49	-0,37	-4,9%
Mo Fino Envasado Pagable (Real)	Kton	7,12	8,69	-1,56	-18,0%	Mo Fino Envasado Pagable (Real)	Kton	7,12	7,49	-0,37	-4,9%
Tonelaje Procesado	Kton	56.764	59.799	-3.035	-5,1%	Tonelaje Procesado	Kton	56.764,4	58.586,7	-1.822,30	-3,1%
Toneladas por día	Ktpd	155,1	163,4	-8,3	-5,1%	Toneladas por día	Ktpd	155,1	160,1	-4,98	-3,1%
Rendimiento	Tph	7.075	7.233	-158	-2,2%	Rendimiento	Tph	7.075,1	7.262,3	-187,21	-2,6%
Mineral Duro	%	59,1	68,6	-9,5	-13,9%	Mineral Duro	%	59,1	63,2	-4,14	-6,5%
Coefficiente de Marcha	%	91,3	94,1	-2,8	-3,0%	Coefficiente de Marcha	%	91,3	91,8	-0,50	-0,5%
Ley Alim. Cu	%	0,73	0,70	0,02	3,1%	Ley Alim. Cu	%	0,7	0,7	0,02	2,9%
Rec. Cu	%	88,8	89,7	-0,9	-1,0%	Rec. Cu	%	88,8	89,3	-0,54	-0,6%
Conc Cu Producido	Kton	1153	1200	-47,1	-3,9%	Conc Cu Producido	Kton	1.153,4	1.160,8	-7,42	-0,6%
Ley Conc. Cu	%	31,7	31,4	0,3	0,8%	Ley Conc. Cu	%	31,7	31,7	0,04	0,1%

Figura N° 5 "Comparación Real vs Budget acumulado 2016", Fuente: Informe Eventos de Pérdida de Planta Concentradora

Lo declarado por la superintendencia de metalurgia en la Figura N° 6, es que la cantidad en promedio de recirculación sin chancar es de 130 tph. Para realizar una cuantificación de pérdida por recirculación sin chancar se utilizan los parámetros

mostrados en la Figura N° 6. Después de realizar el cálculo se puede determinar que lo dejado de percibir por el dueño monetario es \$11.374.451 dólares anualmente.

Factor perdida	1,2	(20% sobre recirc.)
recirculación	130	tph
afectación	156	tph (rendimiento SAG)
mes	720	horas
coefmarcha	94%	
Ley cabeza	0,65%	
recuperación	89,5%	
Precio	2	Us/lb
1 Ton	2204,6	lb
Costo producción	1,3	US/lb

RECIRCULACION		
mes (ton)	finos Cu	finos Rec
105580,80	686,28	614,22

Mes	
Total libras de Cu no procesada	1.354.101
	costo Prod

Finos año por recirculación	
7370,6	tph

\$ 2.708.203	Ingreso Prod
\$ 1.760.332	Costo Prod.
\$ 947.871	Utilidad
\$ 11.374.451	Perdida año

Figura N° 6 "Datos para calcular la pérdida Anual", Fuente: Informe Eventos de Pérdida de Planta Concentradora.

4. METODOLOGÍA

Es importante comenzar con la comprensión y definición del escenario para un mejor entendimiento del tema, por lo que se genera un levantamiento de los procesos, donde se tuvo que definir las condiciones generales de diseño del proyecto de análisis y aplicación de modelo de gestión del cambio de John Kotter para generar transformación y lograr un mayor éxito en la empresa con respecto a la confiabilidad y mantenibilidad de área de gravilla y pebbles en planta concentradora de cobre de Minera los Pelambres. Por tanto, es importante entender y montar una descripción general del proceso y así comprender el escenario actual de manera de determinar la capacidad productiva y las condiciones de operación del proceso.

Luego es fundamental obtener y validar la data histórica proporcionada por la superintendencia de metalurgia, empresas contratistas y estudios realizados durante el 2016. Con esta información ya procesada y obteniendo la resultados de análisis y sistemas críticos, identificando el impacto particular de cada componente sobre el sistema, es posible aplicar un modelamiento con el enfoque R-MES para definir oportunidades de mejora sobre el proceso con el fin de componer el escenario más óptimo.

Finalmente, a partir del resultado del análisis de confiabilidad y mantenibilidad se generan propuestas para gestionar el cambio con el fin de mejorar el desempeño operacional y de mantención de Pebbles y Gravilla.

5. MARCO CONCEPTUAL, ENFOQUE R-MES

5.1. VISIÓN SISTÉMICA

En términos generales es posible establecer que la complejidad del mundo obliga a la visualización de las relaciones y la integración entre las distintas entidades que componen las diversas redes que estructuran una realidad colectiva, por esta razón, el enfoque sistémico de permite identificar de manera organizada los componentes físicos y la funcionalidades de los elementos que componen un sistema, considerando su interacción o interdependencia.

Este enfoque sistémico no se limita a las complejidades propias de la sociedad, sino que también alcanza a los sistemas técnicos que cada día son más sofisticados e integrados. El enfoque R-MES plantea, dentro del estudio de procesos productivos industriales, la incorporación de la visión sistemática para el establecimiento de los vínculos entre los activos físicos que componen un sistema (plantas y flotas), en el que se precisa su funcionalidad como conjunto integrado de manera de determinar el impacto del comportamiento de cada uno sobre el sistema. Este enfoque, respecto a cómo enfrentar sistemas productivos complejos desde una perspectiva de la seguridad de funcionamiento, representa una opción concreta y confiable para analizar plantas y flotas de gran magnitud, que se caracterizan por la relación de una gran cantidad de equipos, cuyas conFigura N°ciones de funcionamientos son diversas y complejas debido a sus dependencias, los altos niveles de redundancia y los grados de fraccionamiento que presentan, lo que influye en la confiabilidad operacional de los sistemas. Las relaciones existen entre los distintos equipos y sus comportamientos operaciones determinando el impacto económico que implica la indisponibilidad de cada uno de ellos sobre el resultado de los negocios.

El concepto sistema se entiende como una agrupación de componentes básicos, conFigura N°dos de manera tal que desempeñan en conjunto una función determinada, productos del desempeño funcional de cada uno de los componentes del sistema y su interrelación. Los sistemas quedan definidos por las unidades que los componen y por las tareas que realizan dentro de un proceso productivo.

Para conFigura N°ciones complejas con muchos componentes, la definición de los sistemas se realiza de manera jerárquica, de lo más general a lo más específico. Para el caso de las instalaciones industriales, la planta o la flota constituye la entidad integrada que define el sistema y los equipos específicos y sus componentes son las unidades básicas que están agrupados en subsistemas particulares.

El desempeño de un sistema depende del comportamiento y del ordenamiento de los subsistemas que los componen, y estos de sus equipos y componentes constituyentes. La pérdida de funcionalidad de cada equipo afecta de manera distinta el comportamiento de subsistemas y del sistema, ya que el impacto de cada de ellos

depende de la configuración en que se encuentra y de su desempeño particular en el tiempo. El análisis sistémico del proceso productivo busca determinar el impacto del comportamiento de cada equipo o componente a nivel global, de manera de identificar su efecto sobre el negocio.

5.2. EL ENFOQUE R-MES

Para el caso de análisis se aplica el enfoque R-mes que es un modelo global de Ingeniería de Confiabilidad, el cual se caracteriza por un análisis riguroso de la información y de herramientas.

Etapa 1.- Configuración lógica funcional, donde se reconoce el modelo RBD (Reability Block Diagram), donde la configuración básica son: serie, redundancia parcial total, stand by y fraccionamiento.

Etapa 2.- Adquisición de datos, conocer el comportamiento de detenciones, producto de las fallas y mantenibilidad.

Etapa 3.- Parametrización de data histórica – ajuste de curvas, Aplicar distribución de probabilidades para modelar problemas. Ajuste de curvas describe el fenómeno de análisis de falla de un equipo.

Etapa 4.- Determinación de etapa en el ciclo de vida, como consecuencia de la etapa anterior la distribución asociada al comportamiento de falla de un equipo se puede establecer el ciclo de vida de un componente que condiciona la política de mantenimiento y evaluación de confiabilidad.

Etapa 5.- Obtención de indicadores de desempeño (KPI's), con las etapas anteriores se pueden establecer parámetros para configurar el sistema y sus distintos componentes con el cual se pueden hacer estudios y análisis para diagnosticar correctamente las oportunidades de mejora.

Etapa 6.- Análisis de criticidad, este análisis basa su modelo en determinar los costos de la falta para cada equipo y componente. Es muy común el uso de diagramas de Pareto y Jack Knife.

Etapa 7.- Oportunidades de mejora, es la búsqueda de oportunidades de mejora e identificar modos de fallas, se utilizan herramientas como árbol de falla, análisis causa raíz, etc.

Etapa 8.- Mejoras de gestión, se orienta a procedimientos y políticas de que permitan ser más eficiente la operación y mantención buscando a la vez reducir costos.

Etapa 9.- Definición de políticas, definición de estrategias de mantención para minimizar el costo global de acuerdo a contexto operacional, mejoramiento del plan productivo de mantenimiento.

Etapa 10.- Gestión de repuestos críticos, clasificación del nivel de componentes críticos. Se evalúa bajo la perspectiva de “tener” o “no tener” detener repuesto crítico en bodega bajo su impacto en la indisponibilidad.

Etapa 11.- Competencias Laborales, el comportamiento de los equipos depende mucho de las competencias de los operadores, mantenedores e Ingenieros de confiabilidad. Por lo tanto se hace importante la definición de programas de capacitación.

5.3. MODELO DE JOHN P. KOTTER DE GESTIÓN DEL CAMBIO

Paso uno: Incremente la urgencia

No basta con mostrar malos resultados o un incremento en el número de competidores, se debe explicar al equipo qué es necesario cambiar y por qué. Cuanta más gente hable sobre la necesidad de cambio, más urgencia y apoyo tendrá el mismo. Siempre analizando los riesgos para identificar:

- Amenazas potenciales y escenarios de lo que puede pasar en el futuro.
- Oportunidades que podrían o deberían ser aprovechados.
- Comenzando conversaciones y mostrando a los colaboradores la necesidad del cambio.
- Buscando soporte de las partes implicadas en el proceso para reforzar los argumentos.

Paso dos: Organice un equipo guía

Seleccione un equipo adecuado y comprometido con el trabajo. Las políticas y la historia de la organización pueden minar los esfuerzos por crear un equipo fuerte. Enfrentar el problema o cambiar los viejos patrones puede ser difícil si se toma en cuenta que las personas tienden a eludir problemas o endosar el trabajo a los más débiles, lo que condena al equipo al fracaso, pero esto puede evitarse con confianza y gran liderazgo.

Seleccionar a las personas adecuadas implica “atraer”, es decir, inspirar a los miembros del equipo, lo que a menudo implica ser el modelo a seguir; y “alejar”, es decir, redireccionar a quienes son ineficientes o están atados a viejos hábitos y paradigmas, o desvincularlos del equipo. A veces, los consultores o gerentes intentan resolver problemas de equipo mediante estructuras de gestión complejas, lo cual puede incluso funcionar un poco mejor que un equipo mal constituido. Pero una cantidad interminable de subcomités e informes no son la solución. Por el contrario, a menudo se convierten en formas de eludir estructuras formales o informales de poder. Una comunicación honesta y directa, a pesar de ser difícil a corto plazo, generará confianza y a largo plazo funcionará mejor.

Por tanto, hay que:

- Identificar los verdaderos líderes de la organización.
- Pedir compromiso real a estas personas clave que forman el equipo.
- Reforzar el trabajo en equipo constantemente.
- Abordar los puntos débiles del equipo para asegurar un éxito en la implantación.

Paso tres: Desarrolle adecuadamente la visión

Una vez que logre un consenso sobre la urgencia del cambio y constituya un equipo para liderarlo, el equipo puede comenzar a desarrollar una visión. Esta no es un presupuesto, ni un plan ni una estrategia, aunque contribuyen a implementar la visión. Una visión factible requiere adentrarse en territorio desconocido. Una empresa británica utilizó un ejercicio llamado “esbozar imágenes”. La desregulación había dejado a la industria en una encrucijada y las posibles direcciones a futuro eran divergentes y confusas. Los miembros de la gerencia seleccionaron siete opciones amplias y para cada una establecieron a grandes rasgos productos, ingresos, empleados, clientes y competencia. Analizaron las presuposiciones de cada opción y qué se necesitaría para alcanzarlas. Redactaron descripciones cortas y las debatieron en detalle, hasta cómo se verían las oficinas, es decir, esbozaron el panorama. Después de las reuniones, los participantes recibieron un resumen de una página. Una vez esbozadas las opciones, se pudo encargar a los equipos que desarrollaran planes y presupuestos ahora que tenían información específica. De tal manera, se debe:

- Definir los valores fundamentales en los que se basa el cambio.
- Crear un resumen breve, que sintetice lo que vemos que ha de ser el futuro de la organización/departamento o área donde se va a realizar el cambio.
- Definir la estrategia seguir.

Paso cuatro: Comuníquese para lograr aceptación

Cuando los empleados se enteran por primera vez de un gran cambio, sus reacciones a menudo reflejan miedo, cinismo y ansiedad. La comunicación que ignore estos sentimientos se convierte en propaganda. Presente la visión claramente y con honestidad enfrentando con seguridad las reacciones, como el enojo. Para hacerlo correctamente, la mayoría de los equipos necesita practicar, tomar apuntes, realizar juegos de roles y recibir comentarios. En síntesis se debe:

- Hablar a menudo y con pasión acerca de la visión.
- Escuchar las inquietudes y dudas de los demás abierta y honestamente.
- Aplicar la visión a todos los aspectos del trabajo, desde la formación hasta la evaluación de proveedores. Hacer que todo se ajuste perfectamente a la visión.

Paso cinco: Elimine los obstáculos para propiciar la acción

Un obstáculo clásico es el jefe anticuado que recibe toda idea nueva con “ya lo probamos, pero no funcionó” o “lo pensamos y decidimos no intentarlo”. Un cliente clave llegó a un nivel de frustración tal que pidió que despidieran a un gerente. Entonces la empresa lo designó como inspector de calidad en la planta del cliente por varios meses. La experiencia le cambió la actitud completamente. Volvió lleno de ideas sobre cómo la empresa podía mejorar sus productos. Los ejecutivos a menudo ven a toda estructura gerencial media como un obstáculo para el cambio. Pero el cambio no puede ocurrir salvo que los pasos uno a cuatro se lleve a cabo correctamente. Quizás los líderes no han mostrado o comunicado urgencia; quizás el equipo no está funcionando; quizás la visión no está bien desarrollada. Los sistemas, especialmente los procedimientos y estándares de evaluación, son otro obstáculo común. No condene a la gente al fracaso al pedirles que asuman riesgos dentro de un sistema que brinda pocas recompensas por lograr una transformación y un martillazo en la cabeza por fracasar. Recompense a la gente por innovar. El miedo, la ansiedad, el cinismo y otros patrones de pensamiento negativo están detrás de la mayoría de los casos de resistencia al cambio. Recompense nuevos tipos de conducta, brinde modelos a seguir de personas que han experimentado un cambio exitoso, comparta suficiente información y cultive una actitud realista de que no se puede hacer todo al mismo tiempo. Esta etapa es delicada, por lo que en pocas palabras se tendría que:

- Reconocer y dar crédito a las personas que se impliquen de manera notable.
- Identificar aquellas personas que son reticentes al cambio y ayudarlas en lo que sea necesario.
- Tomar acciones para eliminar los obstáculos existentes lo más rápidamente posible.

Paso seis: Genere éxitos a corto plazo

La visión es a largo plazo, pero al principio tenga como meta algunos éxitos inmediatos, pues confirman el trabajo de los líderes de la transformación, estimulan a los empleados trabajadores, debilitan a los escépticos y avivan la confianza de todos en el proyecto de cambio. Aunque al final necesitaban introducir muchos cambios, anunciaron sólo los cuatro objetivos principales, que los empleados leyeron y debatieron. Cuando una meta se lograba, se tachaba de la lista y se agregaba una nueva. Los empleados se sintieron vigorizados al ver el progreso. Sin embargo, nunca exagere o haga propaganda sobre los esfuerzos. En un mensaje semanal, un equipo de transformación sostuvo que “el 90% de nuestros objetivos de prelanzamiento se han cumplido”. Los empleados sabían que esta estimación alta era evidentemente falsa. Después de ello, no confiaron ni en las buenas noticias documentadas. Decayó el ánimo. Un gerente advirtió: “Armar un alboroto es un error”.

Por tanto, es primordial:

- Implementar primero medidas que no necesiten apoyo de aquellos que no apoyan el cambio.
- Escoger objetivos que no impliquen excesivo gasto. Es necesario poder justificar la inversión en cada proyecto.
- Incluso una vez en marcha, revisar los pros y contras potenciales de cada objetivo. Si no se cuenta cada proyecto como un éxito, el proyecto global se debilitará.
- Reconocer el esfuerzo de aquellas personas que ayudan en el cumplimiento de estos objetivos.

Paso siete: No desista

Puede parecer que el paso siete contradice al paso seis, ya que le resta énfasis a los éxitos a corto plazo. Pero, la gente debe mantenerse consciente de que el trabajo no está terminado. Utilice los éxitos a corto plazo como ímpetu para intensificar la urgencia y así reavivar el fuego inicial de la campaña por el cambio. En una compañía, el proyecto de cambio fue liderado por equipos interdepartamentales con poderes amplios.

El agotamiento es otra de las dificultades en esta etapa. La gente siente urgencia, realiza cambios rápidos, todavía sigue haciendo su antiguo trabajo, y simplemente es demasiado. Se instala la desesperanza, pero la solución es sencilla deje de hacer algunas tareas. El cambio real tiene que ser profundo para que sea permanente, por lo que se debe que:

- Analizar lo que se hizo bien y lo que hay que mejorar todavía después de cada fase exitosa del proyecto.
- Establecer y revisar objetivos sobre los que se creó el impulso.
- Crear cultura de mejora continua.
- Contratar, promocionar y destacar a aquellos empleados que más encajan con la misma visión.
- Mantener el espíritu y las ideas frescas, incorporando nuevos agentes de cambio al equipo.

Paso ocho: Logre la permanencia del cambio

Los grupos imponen sus arraigadas normas culturales sin siquiera pensarlo. Debido a que la cultura cala tan hondo, cambiarla es quizás la más difícil de las transformaciones. Si la gente puede abrirse a nuevos valores y procesos, el resto debería ser fácil. De hecho, la cultura cambia sólo después de que las personas han intentado nuevas conductas y están convencidos de que funcionan. Estas nuevas actitudes no se convierten en parte de la cultura sino hasta que se profundizan. Si se mantienen solo mientras los líderes del cambio están a cargo, no se produjo un cambio real. La mayoría de las empresas descubren que deben enseñarles las normas innovadoras a los

nuevos empleados en las sesiones de capacitación y que deben promover al personal que ejemplifica los nuevos valores.

Para llevar a cabo esta permanencia se puede complementar con lo siguiente:

- Divulgar el progreso cada vez que se tenga la oportunidad.
- Seleccionar, personas que se incorporen a la organización, perfiles personales que sean facilitadoras de cambio.
- Mostrar públicamente reconocimiento a las personas claves del grupo de cambio y recordar a cada miembro su colaboración.

6. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE PLANTA PEBBLES Y GRAVILLA Y APLICACIÓN DE MODELO DE GESTIÓN DEL CAMBIO.

6.1. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE PLANTA PEBBLES Y GRAVILLA

6.1.1. CONFIGURACIÓN LÓGICA FUNCIONAL PLANTA PEBBLES Y GRAVILLA (PYG)

En la imagen adjunta se puede identificar los niveles de la configuración de la Pebbles y Gravilla a nivel general, donde se profundizara mas adelante.

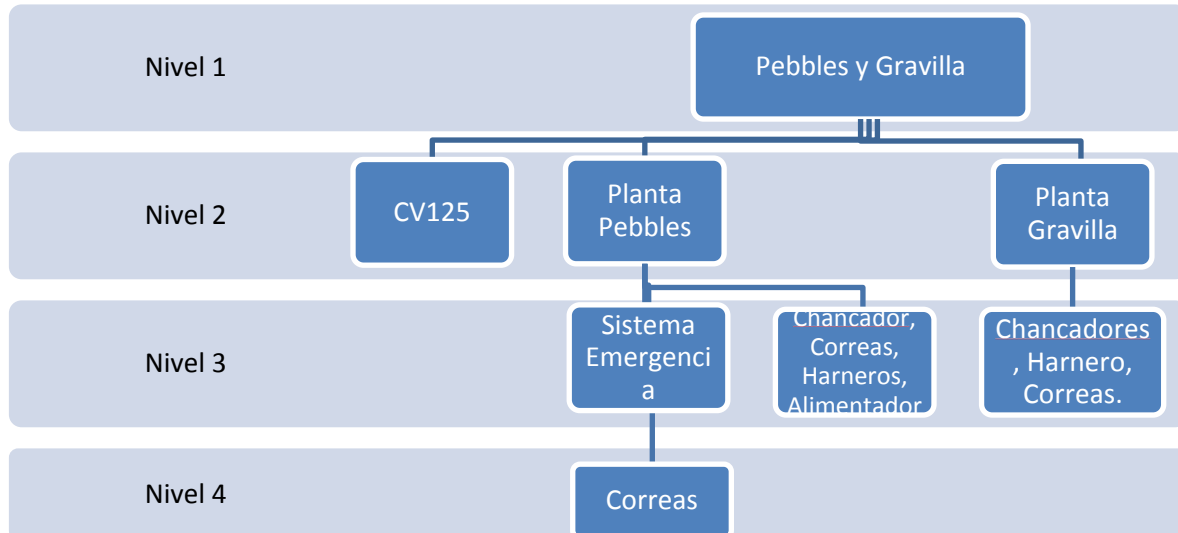


Figura N° 7 "Niveles Configuración Lógica Funcional", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

El nivel 1, deriva al nivel 2, donde la planta pebbles y gravilla son alimentadas por la correa CV125. Luego en el nivel 3, la planta pebbles deriva el sistema de emergencia, el que está compuesto por un sistema de correas que tiene como objetivo la recirculación sin chancar para dar continuidad al proceso de conminución de la planta. El nivel 4, conlleva a las correas de recirculación sin chancar a los Sag.

ConFigura N°ción lógica funcional planta Pebbles y Gravilla

En Tabla 1 se muestra los equipos componen el área de PyG., cabe destacar que las dos primeras siglas corresponden al equipo y los 3 números designados a cada equipo.

EQUIPOS PEBBLES Y GRAVILLA			
Pebbles y Gravilla (Nivel 1)	Planta Gravilla (Nivel 2)	Planta Pebbles (Nivel 2)	Sistema Emergencia (Nivel 3)
CV125	CV112 SC001 CR011 CR012 CR004 CV151 CV152 CV153 CV154 CV116 CV117 CV118	CV126 CV127 CV128 SC002 SC003 CV129 FE057 CR003 CV718 CV719 CV130 CV131 CV132 CV708 Sistema Emergencia	CV704 CV705 CV706 CV707

Tabla 1 "Equipos pebbles y gravilla", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

A continuación se explica cuadro por cuadro y por niveles los procesos de la planta concentradora y cómo funciona el recorrido del mineral.

En imagen adjunta se observa lógica funcional de nivel 1, donde la Correa 310CV125 es la principal.

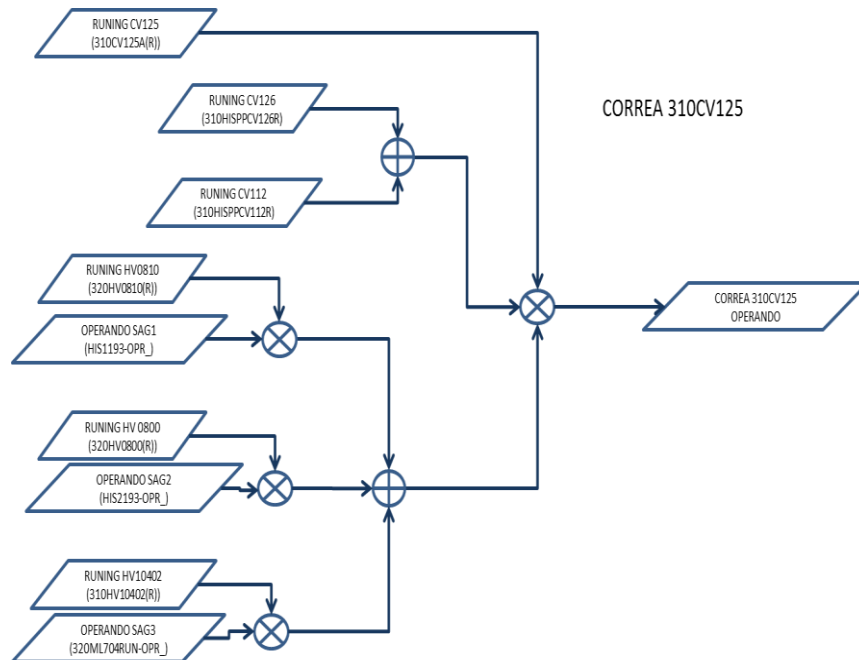


Figura N° 8 "Lógica funcional Pebbles nivel 1", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

Estos diagramas se interpretan desde la izquierda hacia la derecha. Por tanto, la 310CV125 para que funcione es necesario que la CV125 esté en funcionamiento.

- La CV126 y la CV112 este corriendo para que la CV125 siga operando.
- La HV0810(Válvula) y el Sag1 estén corriendo.
- La HV0800(Válvula) y el Sag2 estén corriendo.
- La HV10402(Válvula) y el Sag3 estén corriendo.

En imagen adjunta se observa lógica funcional de Pebbles nivel 2.

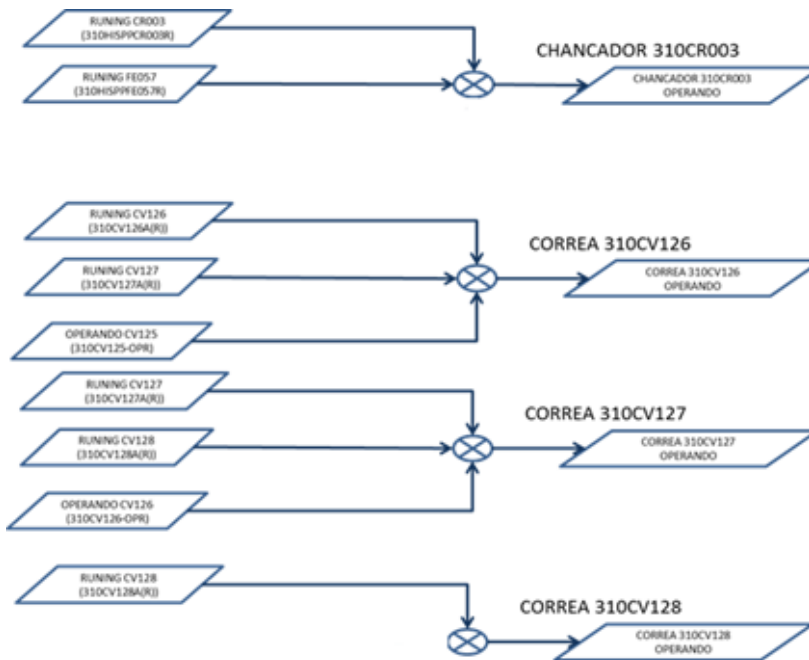


Figura N° 9 "Lógica funcional Pebbles nivel 2", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

Para continuar con el proceso hacia la correa CV126, es necesario que:

- La CV125, CV126 y la CV127 estén corriendo.

Por lo tanto para que la CV127 siga operando es necesario que:

- La CV126, CV127 y la CV128 estén corriendo.

Luego para que la CV128 siga operando es necesario que:

- La CV127, CV128 y la CV128 estén corriendo.

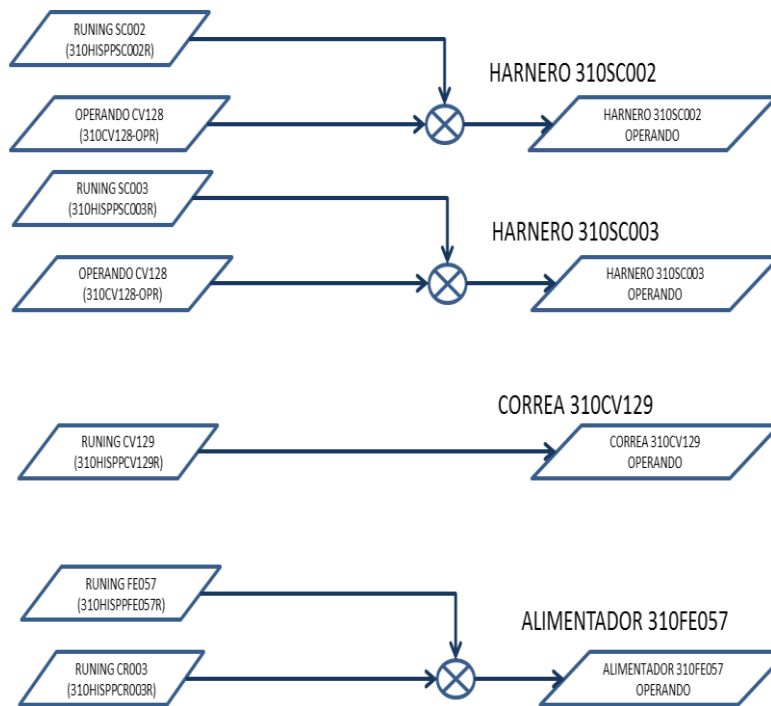


Figura N° 10 "Lógica funcional Pebbles nivel 2", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

Cuando se llega a los harneros, que son los que clasifican con mayor granulometría, estos descargan en el BIN25, donde continúa el transporte del mineral hacia la correa CV129 , luego al BIN27 y por último al Feeder FE057.

El chancador que disminuye la granulometría bajo 11 mm, el cual descarga en la correa CV718 se muestra a continuación en la Figura N° 11.

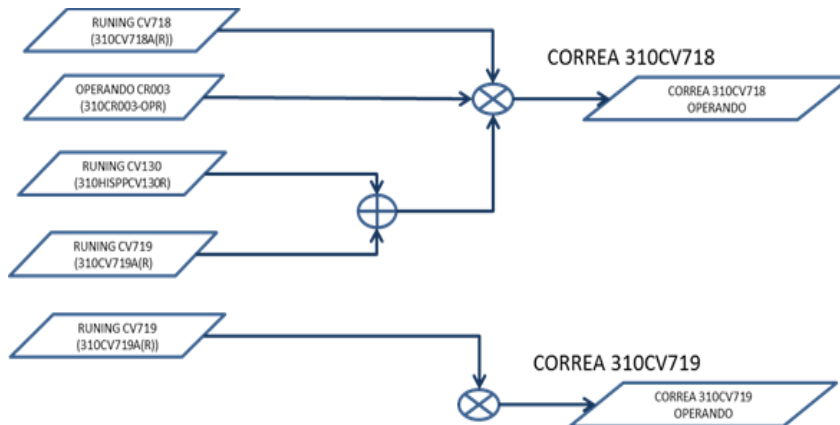


Figura N° 11 "Lógica funcional Pebbles nivel 2", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

La CV718 descarga a la CV719 y/o CV130.

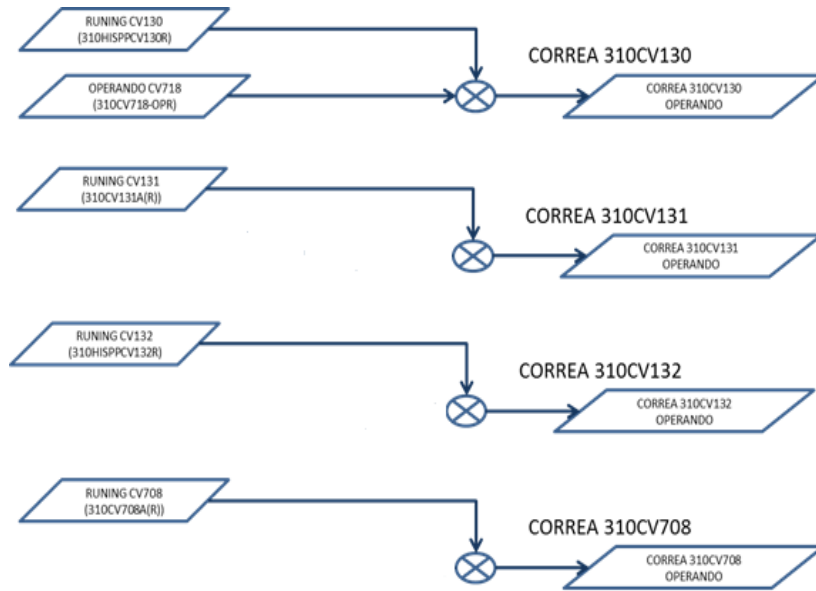


Figura N° 12 "Lógica funcional Pebbles nivel 2", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

Se continúa con el mismo proceso de la CV130 hacia la CV131 y este a la CV132, pero sólo opera siempre y cuando el BIN26 este con carga, ya que el BIN26 alimenta al CV130 y a las correas de emergencia.

En la Figura N° 13 se observa lógica funcional de las correas de emergencia.

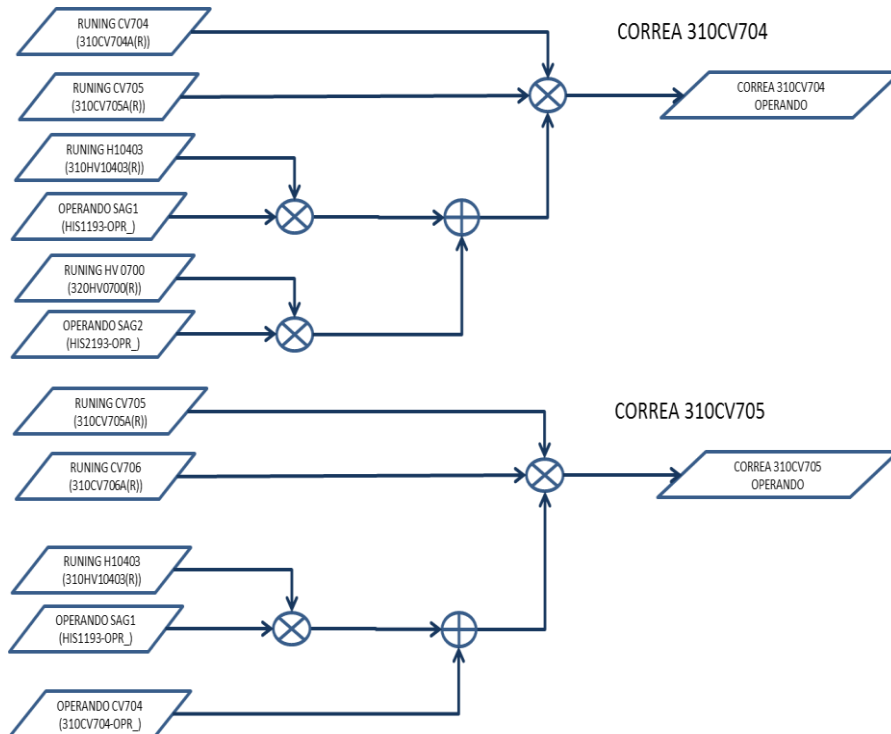


Figura N° 13 "Lógica funcional correas de emergencia", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

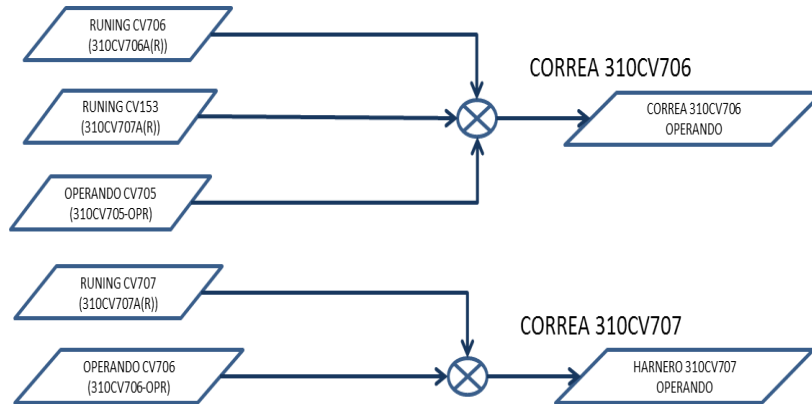


Figura N° 14 "Lógica funcional correas de emergencia", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

Las válvulas se activan y dan acceso a la gravilla en caso de que la CV125 se detenga y la forma de operación desde la CV704 a la CV707 es la que se indica en la Figura N° 14.

En la figura 15 se observa configuración lógica de la Gravilla.

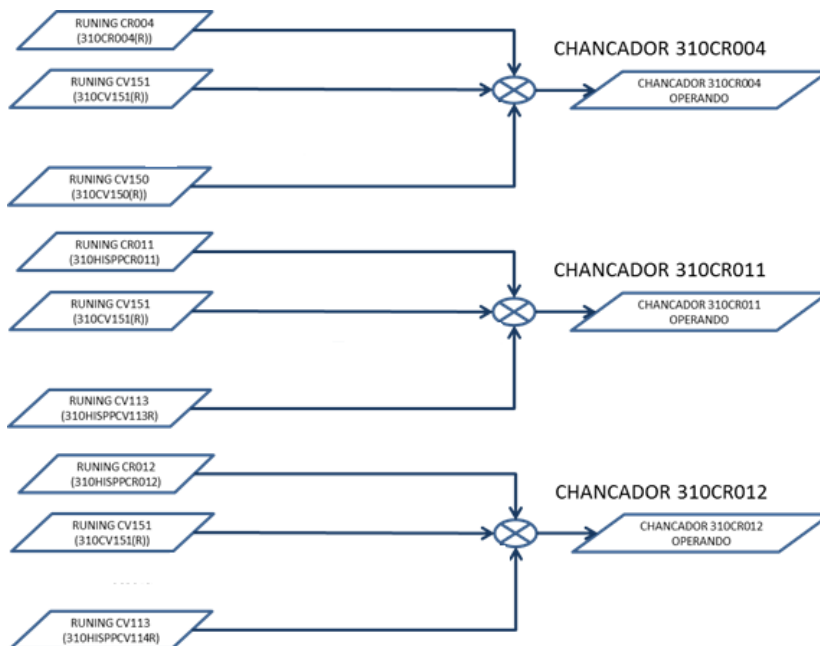


Figura N° 15 "Configuración Lógica de Gravilla", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

La CV112 lleva la gravilla que se descarga al harnero que descarga al BIN11 como se indica en Figura N° 16.

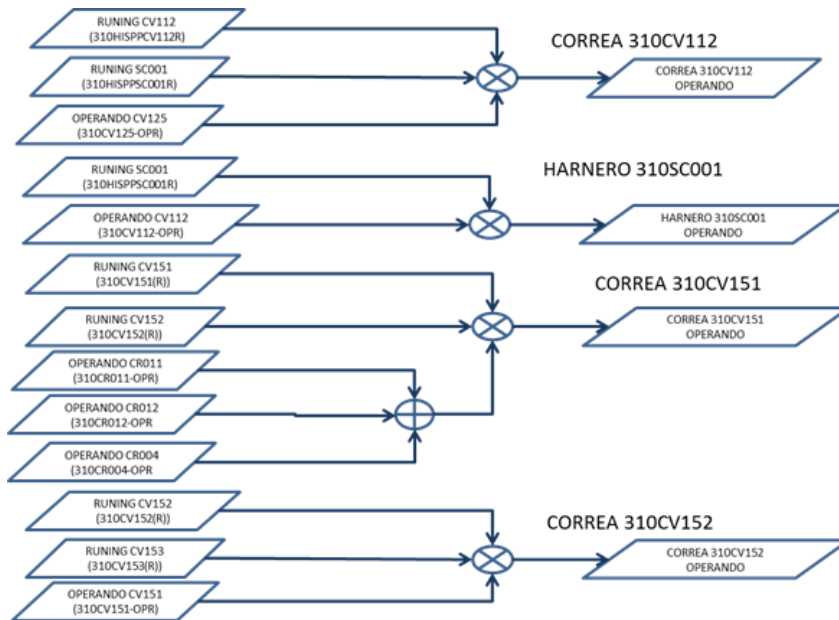


Figura N° 16 "Configuración Lógica de Gravilla", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

La CV113 descarga en el chancador CR011, CV114 descarga en el chancador CR012 y la CV150 descarga en la CR004.

Estos chancadores descargan a una sola correa CV151, esta descarga en la CV152 y esta otra en la CV153 respectivamente como se muestran en la Figura N° 17.

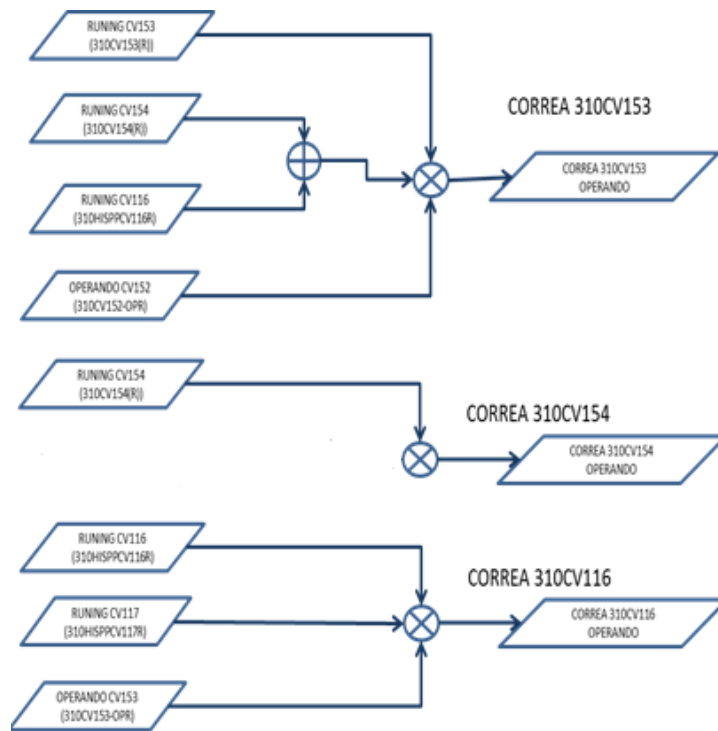


Figura N° 17 "Configuración Lógica de Gravilla", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

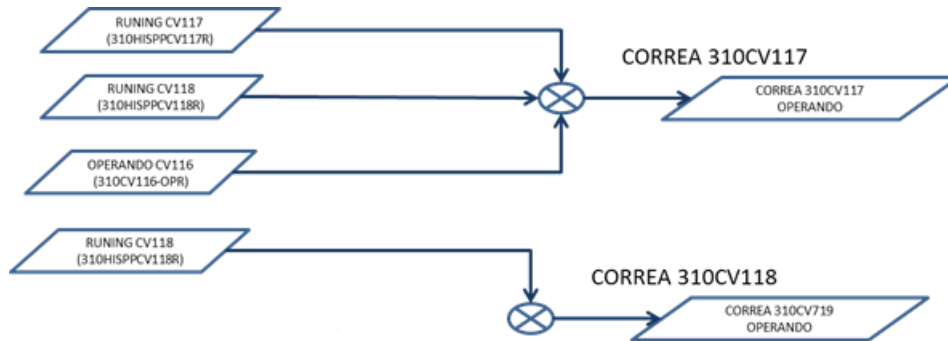


Figura N° 18 "Configuración Lógica de Gravilla", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

Después pasa a dos sistemas de correa a:

1. CV154, CV155, CV156 y CV157, donde estos derivan en los molinos bola.
2. CV116 descarga en CV117, este en CV118 y este a CV119 como se muestra en la Figura N° 18.

La correa CV118 y la CV020 descarga también en el Sag1 y la CV118 y la CV021 descargan también en el Sag2.

6.1.2. ADQUISICIÓN DE DATOS

En agosto de 2016 se implementa la plataforma SEP que tiene como objetivo imputar las causas de las detenciones en PyG y que entrega información oficial a la Minera. En Figura N° 19 se muestra la configuración de la lógica SEP.

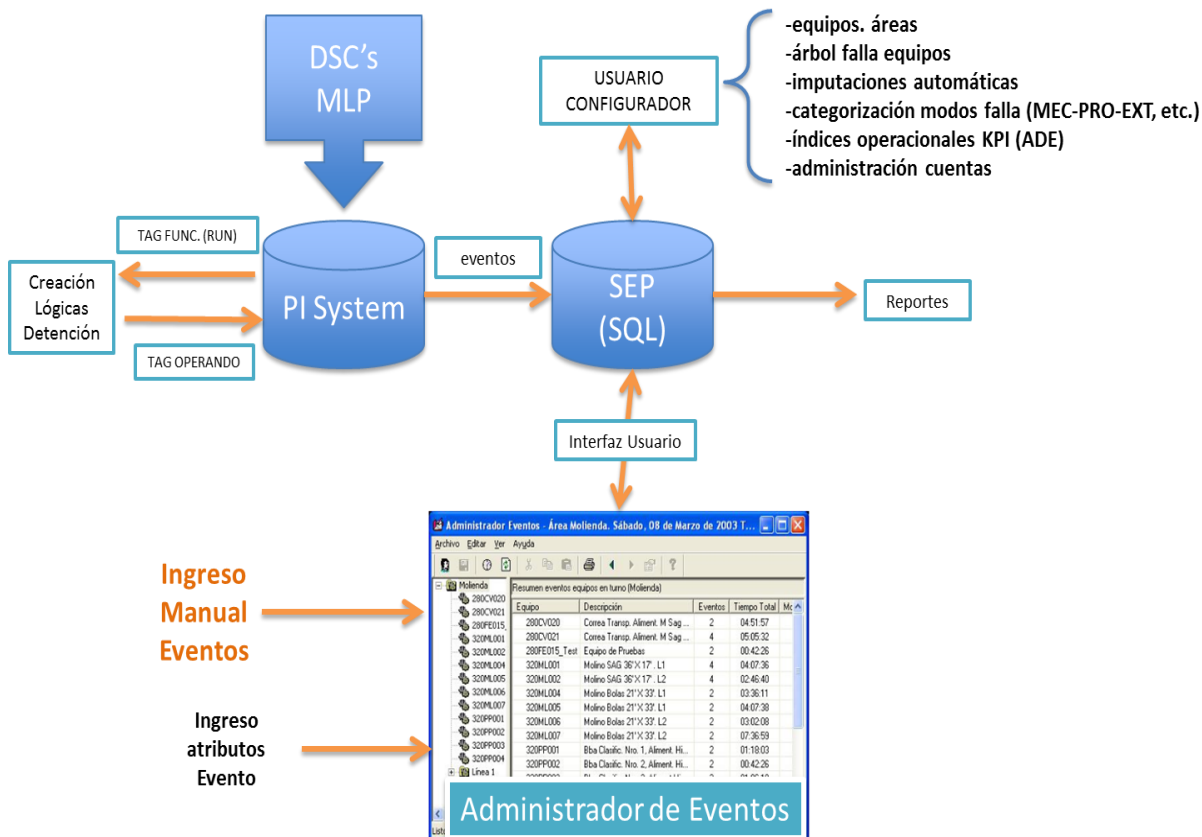


Figura N° 19 "Configuración lógica SEP", Fuente: Informe Sistema Eventos Plantas (SEP) Pebbles y Gravilla.

La Figura N° 20 muestra cómo el administrador de eventos puede imputar la causa de la detención.

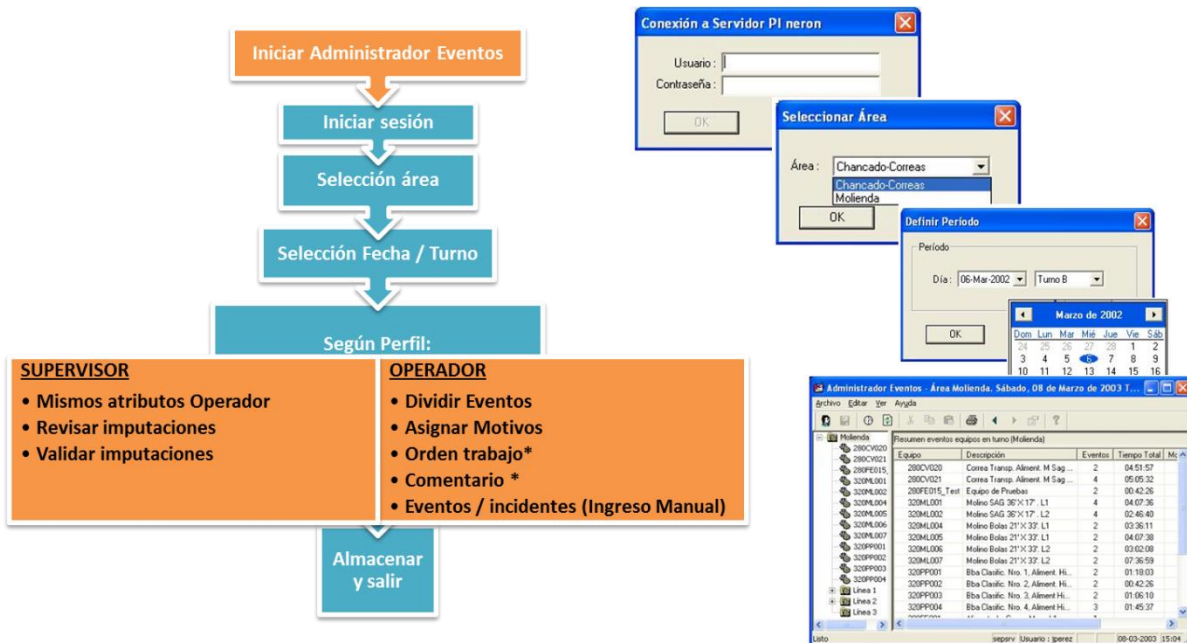


Figura N° 20 "Administrador de Eventos", Fuente: Informe Sistema Eventos Plantas (SEP) Pebbles y Gravilla.

Ciclo de vida evento:



Figura N° 21 "Ciclo de Vida de los Eventos", Fuente: Informe Sistema Eventos Plantas (SEP) Pebbles y Gravilla.

6.1.3. PARAMETRIZACIÓN DE DATA HISTÓRICA – AJUSTE DE CURVAS

Luego de indagar en la información que posee el área de mantención MLP y de la empresa contratista que ejecuta mantención y que aún posee la planificación de la mantención como dentro de sus funciones, se evidencia que no existe data histórica confiable de PyG, ya que los planificadores, programadores y Jefes de área no tienen la información para construir una parametrización de los datos, sólo tenemos la información cargada desde agosto a la fecha en SEP, pero al revisar los gráficos generados con la información que está en la plataforma uno puede evidenciar errores que son nefastos para realizar análisis certeros y robustos.

A partir de la información del SEP, se debe destacar que la información cargada en el SEP parte en Agosto del 2016 y para efecto de ésta tesis se utiliza la información hasta Enero 2017.

En la Figura N° 22 se muestra un gráfico con la disponibilidad de planta en relación Budget 2016 – 2017 versus el real.

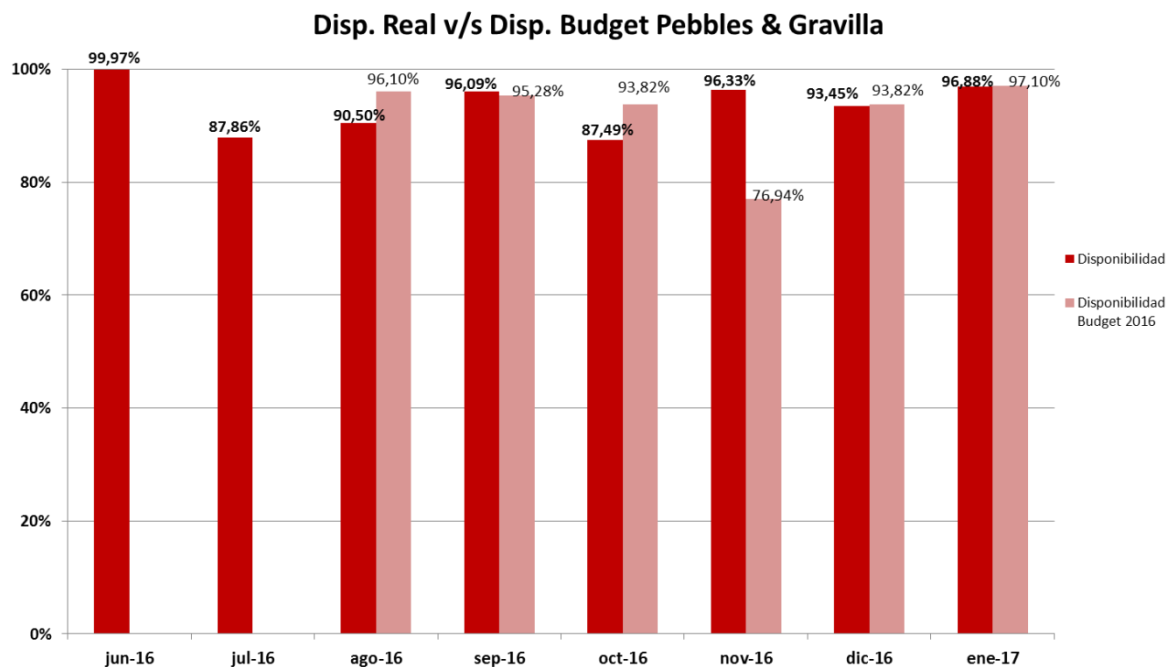


Figura N° 22 "Gráfico con la disponibilidad de planta en relación Budget 2016 – 2017 versus el real", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

Se destaca alto nivel disponibilidad de planta en relación Budget 2016 - 2017, siendo esto consecuencia de las malas imputaciones en diferentes detenciones ocurridas en planta.

Si bien han ocurrido detenciones considerables (Chancador CR003 "MP-1000", detenido 40 horas), estas han sido ocultas e indicadas como detenciones operacionales, las cuales deberían ser mecánicas.

En la Figura N° 23 se observa el coeficiente de marcha real versus el coeficiente de Budget 2016 – 2017 de PyG.

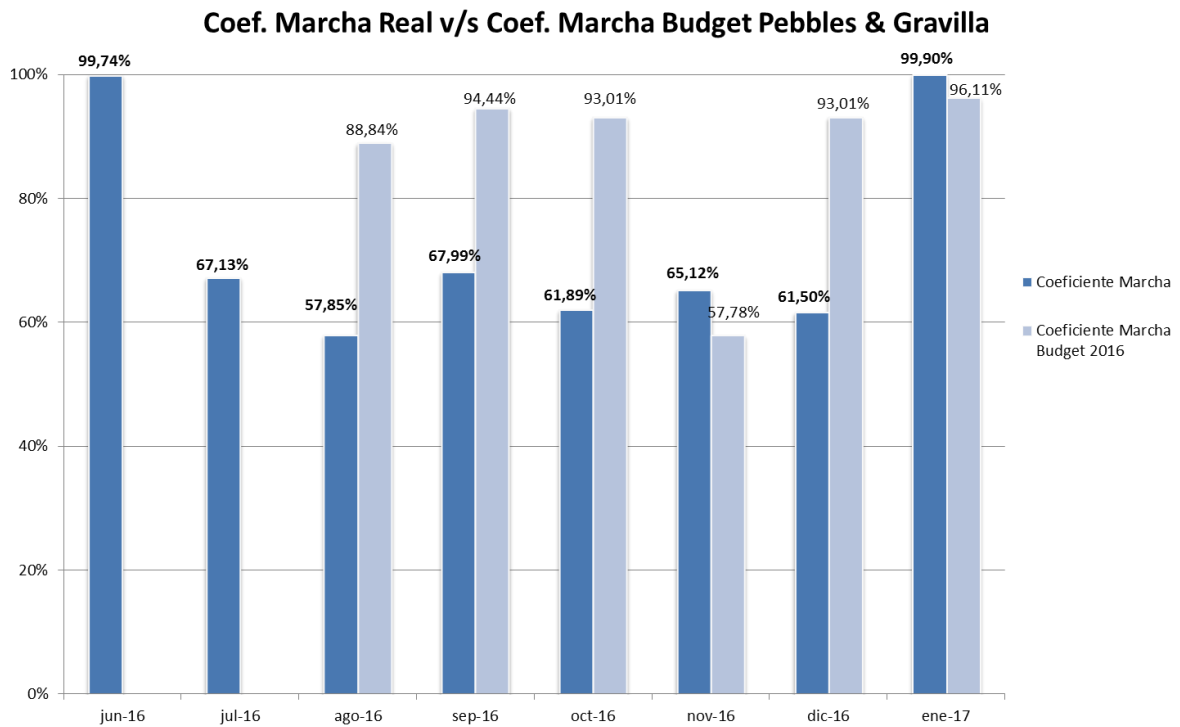


Figura N° 23 "Gráfico Coeficiente de marcha real versus el coeficiente de Budget 2016 – 2017 de PyG", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

Al revisar el gráfico de coeficiente de marcha se observa que existe una información errónea, que se debe a la mala imputación de las detenciones de los equipos.

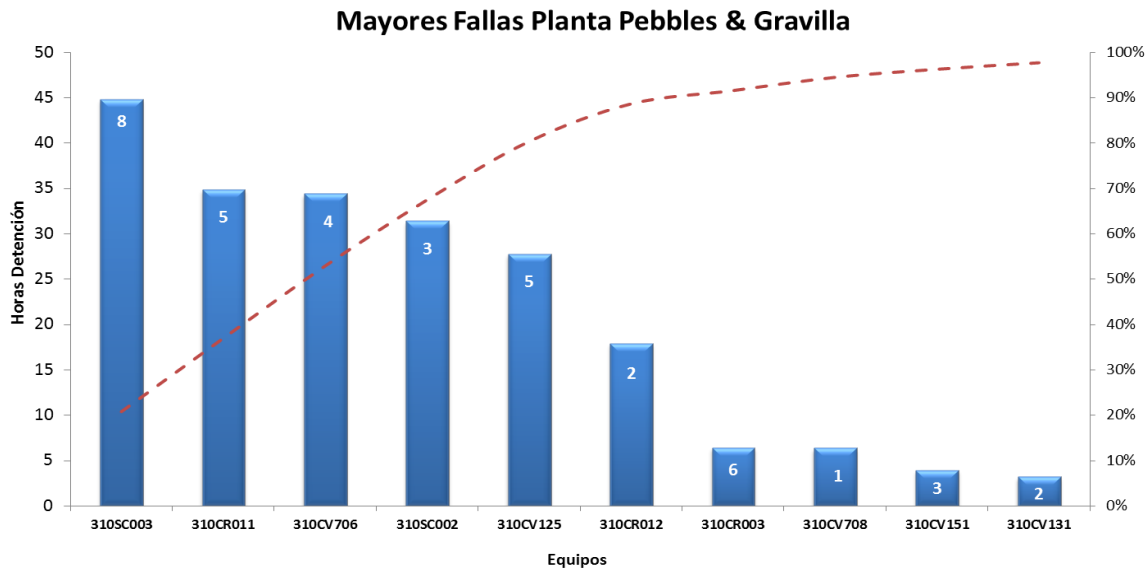


Figura N° 24 "Gráfico con mayores fallas", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

Se destacan los equipos con mayores tiempos y cantidades de detención en planta Pebbles & Gravilla 2017, los cuales son:

- Harnero Vibratorio SC003, Falla Deck "Caída Módulos" (aumento de horas detenido equipo).
- Chancador Cono CR011, Rotura de Líneas y Corte Correas Transmisión.
- Cinta Transportadora CV706, fractura Manto Polea Tensora, Cambio Polea.
- Harnero Vibratorio SC002, rotura Cajón Receptor Finos.
- Cinta Transportadora CV125, se realiza Cambio de Poleas, Reparación de cinta transportadora "empalme" y Reparación de chute de Alimentación.
- Chancador Cono CR012 Corte Correas Transmisión.

6.1.4. DETERMINACIÓN DE ETAPA EN EL CICLO DE VIDA

No es posible determinar el ciclo de vida de los equipos debido a que no es factible aplicar modelos probabilístico por no contar con la información histórica requerida para tener un análisis con información representativa. Además, la actual tesis se enfoca en realizar un análisis cualitativo de la mantención y confiabilidad de la planta PyG de la concentradora, entonces al no contar con la información suficiente cuantitativa esta etapa dentro del enfoque R-mes no será aplicable para poder tomar decisiones para encontrar oportunidades de mejora al ciclo de vida de los equipos. Por tanto, a criterio experto se puede indicar que a modo general los equipos de Pebbles y Gravilla deben estar insertos dentro del modelo de mantenimiento preventivo, buscando que todos los equipos puedan estar insertos de un programa semanal de mantenimiento que corresponde a un mantenimiento operacional y un mantenimiento mayor que se presenta con una frecuencia de acuerdo al seguimiento a los desgastes de componentes de equipos.

Los estados de los activos tienen que estar sujetos a un mantenimiento preventivo en el cual la lógica de intervención se presenta a continuación en la tabla 2.

Proyecto	Empresa	Horas de intervención	Mes de la intervención
Cambio Chute de Descarga Correa CV-153	LICITACION	72 hrs	Octubre
Recuperación de Chutes de alimentación 310CV113, 310CV114 y 310CV150	MINCORP	72 hrs	Octubre
Reparación y modificación interior Bin25	CICO LTDA.	100 hrs.	Noviembre
de Chute CV-129	SAN PEDRO INGENIERIA	48 hrs.	Noviembre
Modificación Compuerta 310CV125	CAINSA	40 hrs.	Noviembre
Mantenimiento general compuerta almeja (chute descarga)	MINCORP	60 hrs	Noviembre
Cambio Ducto de Descarga Bandeja de Finos CV-127 (sector contrapeso CV-127)	Ingeniería realizada por empresa Mega Mec. Ejecución adjudicada empresa CDS		
Reparación Chute de descarga CV-125 (hacia CV-112 y CV-126)	MINCORP	24 hrs	ejecutado
Cambio cajón receptor de finos CV-126, CV-112	Hadysic		ejecutado
Cambio de drenaje ST-612 (estanque de finos planta de pebbles)	MINCORP		ejecutado

Tabla 2 "Mantenciones 2016", Fuente: Informe de la superintendencia de Confiabilidad 2016.

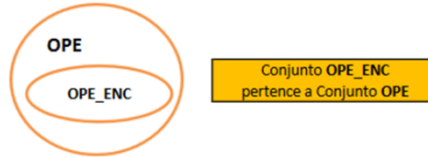
El cuadro anterior se conformó en Agosto 2016 en base a la experiencia del equipo de mantenimiento de PyG, debido a los mayores desgastes y contingencias por roturas en chutes que era consecuencia de tratamiento de mineral más duro.

Los equipos componentes de los equipos principales de la PyG como son motores, reductores y equipos rodantes deben estar sujetos a un mantenimiento predictivo, alimentado con las recomendaciones de monitoreo de condiciones.

6.1.5. OBTENCIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPI'S)

A partir de la información que proporciona el SEP se puede determinar los KPI de disponibilidad y coeficiente de en marcha como se muestra en Figura N° 25.

Análisis Método cálculo SEP



T. Disponible															18						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	REV	PRO	MEC	ELEC	INST	13	
T. Utilizable eq															13						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	OPE_ENC	REV	PRO	MEC	ELEC	INST	12
T. Utilizable pta															12						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
T. Efectivo			MET	INVIE	EXT	PROY	AAR	AAB	CTRLA	OPE						4					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2						4					

T. Disponible= T. Utilizable eq + REV + PRO + MEC + ELEC + INST	18
T. Disponible= T. Utilizable pta+ REV + PRO + MEC + ELEC + INST + OPE_ENC	18
T. Disponible= T. Efectivo + MET + INVIE + EXT + PROY + ARR + ABB + CTRL + OPE + REV + PRO + MEC + ELEC + INST	18
T. Utilizable eq= T. Efectivo + OPE + MET + INVIE + EXT + PROY + ARR + ABB + CTRL	13
T. Utilizable eq = T. Disponible - (REV + PRO + MEC + ELEC + INST)	13
T. Utilizable pta = T. Efectivo + OPE - OPE_ENC + MET + INVIE + EXT + PROY + ARR + ABB + CTRL	12
T. Utilizable pta = T. Disponible - (REV + PRO + MEC + ELEC + INST + OPE_ENC)	12
T. Efectivo = T. Utilizable eq - (OPE + MET + INVIE + EXT + PROY + ARR + ABB + CTRL)	4
T. Efectivo = T. Utilizable pta - (OPE - OPE_ENC + MET + INVIE + EXT + PROY + ARR + ABB + CTRL)	4
T. Efectivo = T. Disponible - (OPE + MET + INVIE + EXT + PROY + ARR + ABB + CTRL + REV + PRO + MEC + ELEC + INST)	4

$DISP_{eq} = T. Utilizable eq / T. Disponible$
 $DISP_{pta} = T. Utilizable pta / T. Disponible$

 $UTIL_{eq} = T. Efectivo / T. Utilizable eq$
 $UTIL_{pta} = T. Efectivo / T. Utilizable pta$
 $CM = T. Efectivo / T. Disponible$

CM = DISP x UTIL

Figura N° 25 "Análisis Método cálculo SEP", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

De acuerdo a la información que muestra la Figura N° 26, la clasificación de detenciones son las siguientes:

Ítem	Equipo	Situación	Imputación Correcta	Imputación errónea	buena práctica	mala práctica
1	CR003	El alimentador FE057 presenta imprevisto mecánico y detiene el CH003	Enclavamiento-->Detención operacional por imprevisto mecánico de otro equipo	Imprevisto Mecánico -->Otras causas Mecánicas	Se debe identificar el origen de la falla : 1.-Imprevisto Chancador (MEC-ELEC-INST); comentario opcional 2.-Imprevisto equipo periférico(OPE-Enclavamiento), se debe ingresar causa y equipo en falla en comentario	catalogar la detención del chancador como un imprevisto del molino
2	CR004	Una mala maniobra operacional termina con la activación de pull cord en la correa CV125, lo cual implica una detención completa de la planta	Enclavamiento-->Detención operacional por causa operacional de otro equipo	Causa Operacional -->Otras causas operacionales	identificar que la detención fue por causas operacionales de otro equipo, el camino correcto es por el nodo " Enclavamiento "	No diferenciar y catalogar como una falla operacional propia del Chancador.
3	CV126	Detención de equipo por Desprendimiento de Guarderas CV126 (componente mecánico específico)	Imprevisto Mecánico-->Falla de Guarderas	---	Si catalogo no contiene una falla de componente específica, se debe ingresar el motivo mas cercano: Motivo: Imprevisto Mecánico-->Falla de Guarderas e ingresar el detalle en el comentario. Comentario: Desprendimiento de Guarderas CV126	Dejar Motivo en blanco por falta de un modo de falla específico
4	CR012	Cambio de revestimiento por actividades de mantenimiento mayor	Mantenimiento Programada-->Cambio Revestimiento	Mantenimiento Programada -->Mantenimiento Programada	MANT. PRO: cualquier actividad de mant. Planificada distinta al cambio de revestimiento. El traspaso de cambio de revestimiento a otros trabajos de mantenimiento programada, se debe hacer notar a través de una división del evento, ajustando los horarios que correspondan.	Catalogar como " mantencion programada " todas las actividades de mantenimiento planificado, sin hacer la distinción con " cambio de revestimiento "

Figura N° 26 "Clasificación de detenciones", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

En la Figura N° 27 se muestra el árbol de decisión de detenciones.

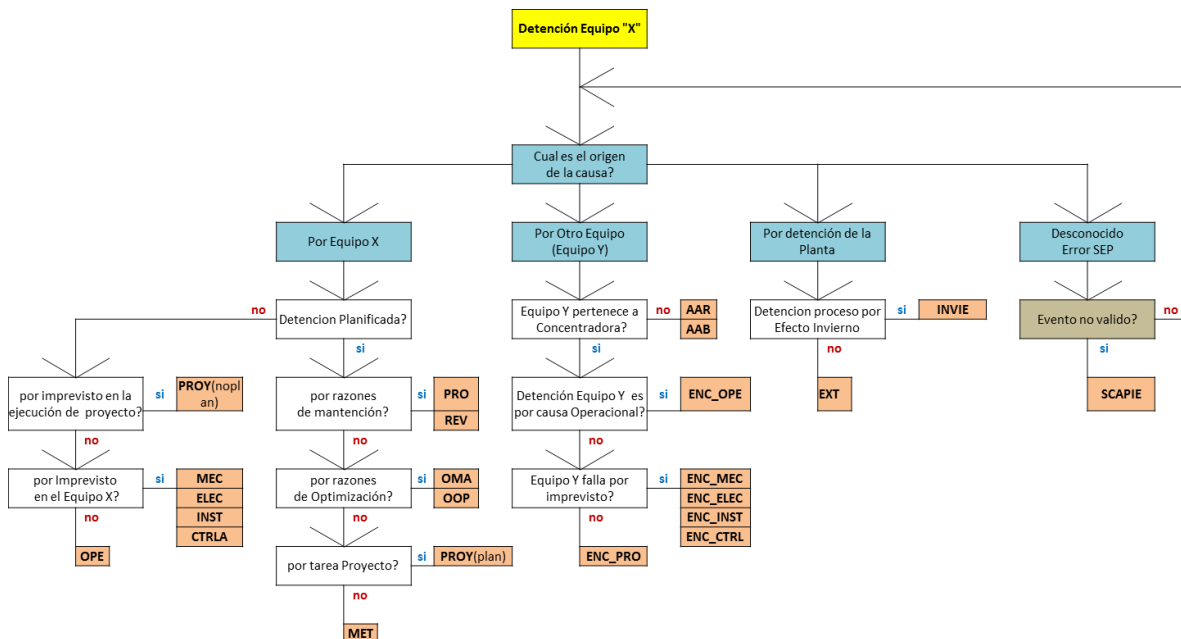


Figura N° 27 "Árbol de decisión de detenciones", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

En la Figura N° 28 se muestran la categoría del árbol de falla de molienda que se utilizará en PyG, el responsable de imputar las detenciones en el sistema son los operadores en acuerdo con supervisor de mantenimiento.

Categorías Estándar Molienda (Interés Mantenimiento)	
PRO	Mantenimiento Programada
REV	Cambio Revestimiento
MEC	Imprevistos Mecánicos
ELEC	Imprevistos Electricos
INST	Imprevistos Instrumentación
ENC_OPE	Enclavamiento --> Detención por causa operacional de otro equipo
ENC_MEC	Enclavamiento --> Detención por imprevisto mecánico de otro equipo
ENC_ELEC	Enclavamiento --> Detención por imprevisto eléctrico de otro equipo
ENC_INST	Enclavamiento --> Detención por imprevisto de instrumentación de otro equipo
ENC_CTRL	Enclavamiento --> Detención por imprevisto de Control de otro equipo
ENC_PRO	Enclavamiento --> Detención por mantenimiento programada de otro equipo

Categorías Estándar Molienda (Interés Operaciones)	
EXT	Causas Externas
INVIE	Efecto Invierno
OMA	Optimizacion Mantención
OOP	Optimizacion Operacional
PROY(plan)	Detención Programada Proyecto
PROY(noplan)	Detención Imprevista Proyecto
MET	Solicitud Metalúrgia
AAR	Restricción proceso Aguas Arriba
AAB	Restricción proceso Aguas Abajo
SCAPIE	Falla Plataforma SEP
OPE	Causas Operacionales
CTRLA	Imprevistos Control Automático

Figura N° 28 "Categoría del árbol de falla de molienda", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

$$DISPONIBILID = \frac{(HRS_PERIODO - HRS_REV - HRS_PRO - HRS_MEC - HRS_ELEC - HRS_INST - HRS_OPE_ENC) \times 100}{HRS_PERIODO}$$

$$CM = \frac{HRS_PERIODO - HRS_REV - HRS_PRO - HRS_MEC - HRS_ELEC - HRS_INST - HRS_CTRLA - HRS_OPE - HRS_EXT - HRS_INVIE - HRS_MET - HRS_PROY \times 100}{HRS_PERIODO}$$

En tabla 3 se muestra la Ponderación para Cálculos de Indicadores

	tph	Peso Gravilla
CR011	225	28,13%
CR012	225	28,13%
CR004	350	43,75%

	tph	Peso Pebbles
CR003	500	100,00%

	tph	Peso Pb&Gr	Peso Pb&Gr
CR011	225	17,31%	
CR012	225	17,31%	61,54%
CR004	350	26,92%	
CR003	500	38,46%	38,46%

Tabla 3 "Ponderación para cálculos indicadores", Fuente: Informe Superintendencia de Confiabilidad 2017.

Observación: conFigura N°ción RBD Chancadores Gravilla fraccionado (paralelo).

Ejemplo: calculo disponibilidad periodo 24hrs (día)

hrs_ope_enc (CR003)=2,5hr → por falla mecánica alimentador FE057

hrs_elec(CR004)=1,6hr → por falla eléctrica motor

hrs_mec(CR003)=1,1hr → por falla operacional de otro equipo CV718

$disp_ppg = ((24h - h_ope_enc(CR003)*0,3846 + h_elec(CR004)*0,1731 + h_ope(cr3)*0,3846) \times 100) / 24$

$disp_ppg = ((24h - 1,238h) \times 100) / 24h = 94,84\%$

$disp_pp = ((24h - h_ope_enc(CR003)*1 + h_ope(CR003)*1) \times 100) / 24$

$disp_pp = ((24h - 2,5h) \times 100) / 24h = 89,58\%$

$disp_pg = ((24h - h_elec (cr4)*0,4375) \times 100) / 24h$

$disp_pg = ((24h - 0,7h) \times 100) / 24h = 97,08\%$

6.1.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es un conjunto de metodologías que permiten definir la jerarquía o prioridades de un proceso, sistema y/o equipos, según el parámetro de valor conocido criticidad que es proporcional al riesgo, generando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando los esfuerzos y recursos técnico-económicos en áreas y eventos que tienen mayor impacto en el negocio.

Como alternativa se trabaja con una planilla con las actividades realizadas por empresa colaboradora, que proporciona información para definir cuáles son los componentes y equipos más críticos y que tienen más fallas en un intervalo de tiempo de enero hasta julio del 2016.

Como primera medida se realiza un estudio de la información con respecto a los Componentes totales versus actividades No Programadas, determinando de acuerdo a un orden de criticidad de mayor a menor, cuales son los componentes con mayores fallas en el intervalo de tiempo mencionado anteriormente:

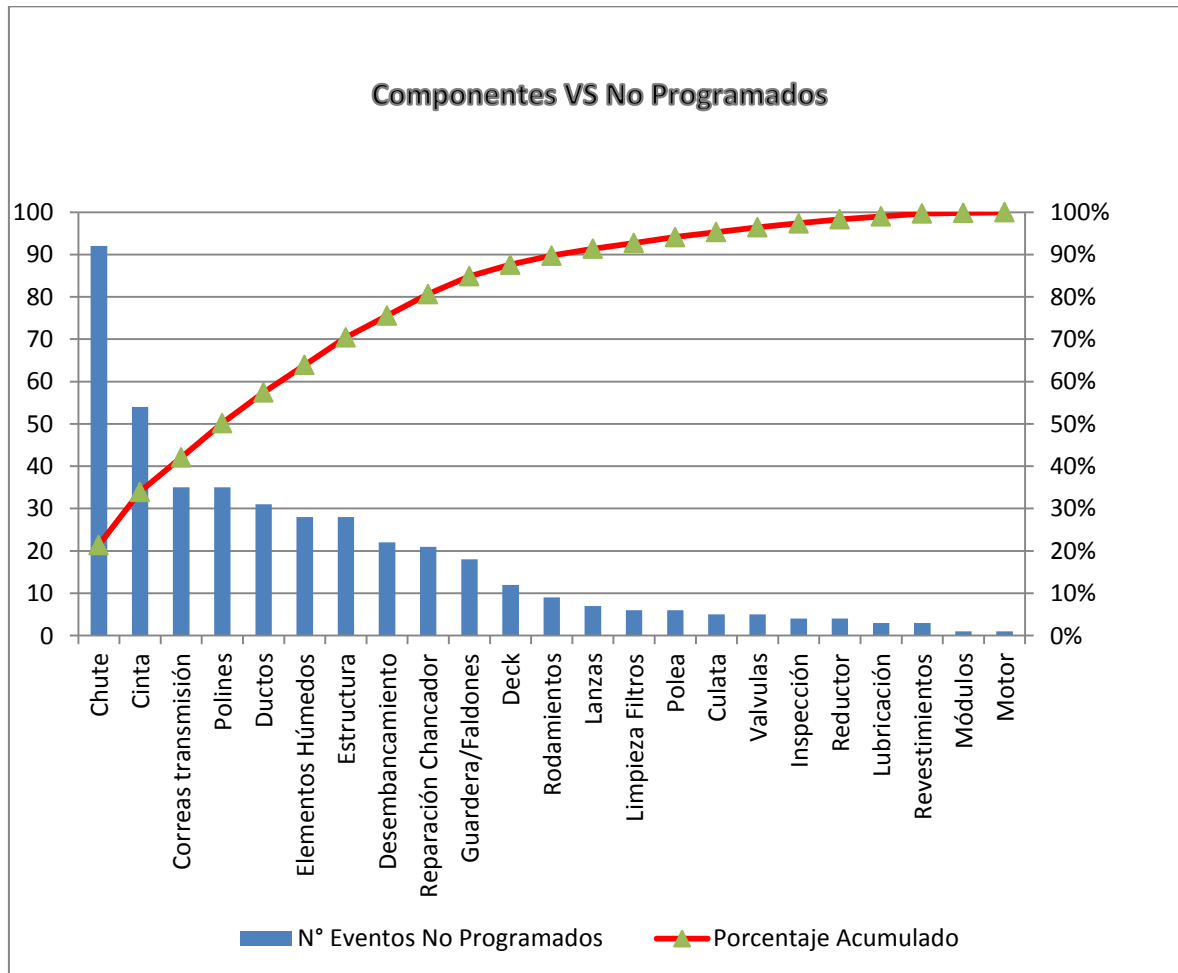


Figura N° 29 "Base de Datos Pebbles y Gravilla", Fuente: Base de Datos FLSmith

En la Figura N° 29 se muestran los componentes con mayor frecuencia de eventos son los siguientes:

1. **Chute**, a mediados del 2016 se hace un ajuste de frecuencia de la mantenciones mayores de pebbles y gravilla, donde lo que más se ve afectado son lo chutes de traspaso, por lo que se decide realizar el mantenimiento correctivo de 2 a 3 meses.
2. **Cinta**, se ve afectado por deslizamientos estructurales, por lo que se requiere mejorar el sistema generando una revisión topográfica de la linealidad de los conveyors.
3. **Correas de transmisión**, se da por la mala instalación y por la sobrecarga del sistema motriz que genera cortes en las correas.
4. **Polines**, se debe a trabamientos de polines por falta de limpieza o a contaminación de los conveyors.
5. **Ductos**, por falta de repuestos y no tener un programa de mantenimiento de los ductos. Además, no hay un desarrollo de mejora del tipo de material expuesto a desgaste.
6. **Elementos Húmedos**, hay que mejorar las bombas con una mayor durabilidad y también generar un plan de mantenimiento.
7. **Estructura**, hay un mal diseño de los equipos no críticos y falta de mantenciones.
8. **Desembancamiento**, mejorar el control de mineral que llega a los cajones que transportan el material fino.
9. **Reparación chancador**, se debe a una operación anormal de la planta concentradora donde pasan las bolas de los molinos que se generan en inchancables, por ende genera problemas a los chancadores.

6.1.7. OPORTUNIDADES DE MEJORA

Las oportunidades de mejora identificadas de acuerdo a criterio experto de los jefes de mantención y técnicos mecánicos del área que ayudarán a mejorar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad son los siguientes:

- 1.- Mejorar el tipo de revestimiento a los chutes de traspaso de la planta. Un caso muy complejo es el chute de alimentación de la correa CV129 de la Pebbles, el cual no cumple con la frecuencia de mantenimiento dispuesto en el Budget.
- 2.- Cambio en los diseños de los chutes de traspaso como son:
 - Chute de descarga CV112.
 - Chute de descarga CV117

- Chute de alimentación CV153
- Chutes de descarga chancadores de gravilla.

3.- Los problemas detectados en la planificación y el área de confiabilidad son los siguientes:

- a.- Falla del proceso de captura de información no teniendo una planilla de seguimiento.
- b.- No se carga correctamente la información en los cierre de OTs en ERP por parte de supervisor de empresa contratista.
- c.- Falta de información por no haber un programa de inspecciones, debido a la reducción de personal.

6.1.8. MEJORAS DE GESTIÓN

Para mejorar la gestión se identifican las siguientes iniciativas:

- 1.- En los procesos de preparativos de las mantenencias mayores de la planta de Pebbles y de Gravilla se debe utilizar el proceso HAZOP como se realiza en las mantenencias mayores del área molienda.
- 2.- Para las mantenencias mayores incluir un equipo de mecánicos exclusivo para la actividad de cambio de rodamientos.
- 3.- Desarrollar protocolo de entrega de equipos por parte de operaciones.
- 4.- Desarrollar protocolo de equipo luego de una mantención.
- 5.- Desarrollar procedimientos más detallados que incluya información técnica por ejemplo: tolerancias de ajustes, cantidad de torque en ajustes apernadas de acuerdo a catálogo de equipos.
- 6.- Los actuales programas de trabajo describe las actividades generales de una mantención, se requiere mayor detalle para que se realice una mantención con tiempos reales, ya que en gran parte de las mantenencias se entregan los equipos con un atraso de 2 a 3 horas aproximadamente.

6.1.8.1. MODELO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede ser aplicado considerando diversas estrategias. La selección dependerá del análisis del costo-beneficio realizado según diferentes modelos y considerando los siguientes puntos:

- La tasa de falla de equipo o componente en cuestión debe ser creciente.
- El costo total de una intervención de emergencia correctiva debe ser superior al costo total de una intervención preventiva.
- Existen solo dos estados operacionales posibles para el equipo o componente: funcionamiento o no funcionamiento.

A criterio experto hay que mantener un plan de mantenimiento preventivo, por un lado la gravilla debe tener un mantenimiento cada 2 meses por el desgaste que ha tenido los chutes de traspaso. Y por otra parte, los pebbles deben estar sujetos a constantes cambios de revestimiento del chancador de pebbles.

6.1.8.2. DEFINICIÓN DE POLÍTICAS

Al buscar la política de mantenimiento óptima es aconsejable dirigir el análisis por alguna de las estrategias siguientes:

- La política estática proviene de un mantenimiento preventivo periódico basado en la edad del componente y una sustitución oportunista en el caso de la detención de la instalación. El nombre estática se debe a que no está previsto introducir modificaciones en el intervalo de mantenimiento tras una detención e intervención de emergencia.
- La política dinámica difiere de la estática, ya que luego de que cada intervención se calcula nuevamente el intervalo de sustitución preventiva. Esta política utiliza toda la información que describe el estado efectivo del sistema en el momento de reactivar la producción: intervenciones afectadas, componentes sustituidos o renovados, el estado de los componentes no sustituidos, y cualquier otro hecho ocurrido que sea trascendente desde el punto de vista de la confiabilidad.

La selección de políticas de mantenimiento esquematiza la selección de políticas de mantenimiento según la etapa del ciclo de vida del equipo o componente y los costos totales asociados a cada política, estos costos son:

- Costo total de mantenimiento correctivo
- Costo total de mantenimiento preventivo.
- Costo de total de mantenimiento preventivo sintomático.

6.1.8.3. GESTIÓN DE REPUESTOS CRÍTICOS

Desde la perspectiva de la ingeniería de la confiabilidad, esto es, considerando los aspectos de confiabilidad y mantenibilidad en los sistemas productivos, los modelos de gestión de repuestos se enfocan a ser un soporte de la operación de los componentes, asegurando que los requerimientos de funcionalidad a nivel sistémico sean cumplidos. Se entiende como repuestos críticos a todos aquellos que están sujetos a componentes cuyas fallas generan consecuencias operativas considerables. Además, el carácter crítico puede estar asociado a impactos ambientales de seguridad de las personas.

La optimización de la gestión de repuestos críticos implica la definición de criterios, para los cuales el nivel de stock y/o el punto de reorden son óptimos. Si bien, el criterio de minimización de costo global desde un punto de vista operativo, por lo cual es necesario realizar análisis desde otros ángulos diferentes. En general, los criterios habituales para la gestión de repuestos críticos son:

1. **Costos:** considera todos los costos asociados a la gestión de repuestos y a aquellos relacionados con el impacto operacional por ausencia del repuesto.
2. **Disponibilidad:** corresponde al impacto que genera en la disponibilidad del sistema/ equipo la falta de un repuesto crítico específico.

3. **Confiabilidad instantánea del stock:** entendida como la probabilidad de que el repuesto esté disponible de acuerdo a un instante de tiempo.
4. **Confiabilidad de intervalo del stock:** probabilidad de no tener roturas de stock para cualquier instante de un intervalo de tiempo dado.

En general, se puede indicar que en la gestión de repuestos no hay una gran dispersión de acuerdo al criterio de reposición automática o a pedido. Además, hay que mejorar en los repuestos no catalogados como los ductos de descarga de bombas de finos, que no son equipos críticos pero han impactado en la continuidad de marcha por roturas y falta de repuestos.

Con respecto a la gestión de repuestos hay una debilidad con los gestores, con respecto a las activaciones que son tardías a los requerimientos de la planta concentradora y una forma de mejorar este problema es teniendo una planificación a mediano plazo sobre dos meses, cambiando el plan actual que se realiza cercano a dos semanas de una mantención.

6.1.8.4. COMPETENCIAS LABORALES

La experiencia en la industria, el factor humano es un agente importante en las causas raíces de los problemas, entendiendo que las organizacionales también son derivadas de decisiones humanas. Es por esta razón que resulta estrictamente necesario considerar este eje de acción como posible foco de mejora desde el punto de vista de la acción, debiendo desarrollar e innovar continuamente en las siguientes líneas de acción:

- Implementar metodologías que permitan identificación de causas raíces de los problemas, idealmente a causas raíces humanas y organizacionales. Cabe mencionar que el objetivo de este punto no es buscar culpables, sino más bien identificar responsabilidades que marginen el riesgo operacional y que, dependiendo de las políticas de la compañía, se tomen las medidas correspondientes. Por ejemplo, mejorar los procedimientos, ya que estos ayudan al técnico a asegurar una correcta ejecución.
- Se ejecutan mantenciones de acuerdo a lo que le enseña el compañero y no por capacitaciones formales, lo que requiere disponer de recursos para mejorar las competencias humanas y técnicas. Con esta intervención, la probabilidad de desarrollar tareas de manera más eficaz, eficiente y sustentable aumenta. Por ejemplo, si se capacita al personal de mantenimiento encargado de un área o equipo crítico, es evidente que el resultado en términos de confiabilidad y mantenibilidad será positivamente influenciado.
- Cultura organizacional, directamente relacionada con las malas prácticas que están aceptadas en la organización. Por ejemplo, no utilizar los procedimientos de tensado de correas de transmisión y no dejarlo explícito en los

procedimientos. También el uso inadecuado de revestimiento de policerámicos como alternativa a placas de acero.

- Definición y selección de perfiles de trabajo para las diferentes actividades a desarrollar, es decir, identificar correctamente la persona competente para el puesto de trabajo, o bien, el puesto de trabajo según el perfil del trabajador.

En la supervisión en terreno se observa problemas en cambios de rodamientos. Esto implica brechas en especialización.

También, falta de conocimientos técnicos de los equipos más complejos que tiene la planta que son los chancadores.

En lo que respecta a los mecánicos, hay malas prácticas en las reparaciones de los chutes donde hay una tendencia a parchar y no reparar en forma definitiva.

Por otra parte, en la operación hay malas prácticas con respecto a las inspecciones de los equipos principales, monitoreo y seguimiento de vulnerabilidad, malas mantenciones con la limpieza de equipos. Esto implica falta de reconocimiento de la criticidad de los equipos.

Existe también mal control de los procesos por sobre carga y mala operación de los equipos y falta de compromisos en la generación de avisos para actividades de mantención. Existe la oportunidad de homologar buenas prácticas operacionales.

6.1.9 MEJORAS DE PROYECTO

Con el jefe de área operaciones se solicitó a una empresa de Ingeniería la evaluación del proceso productivo de Pebbles y Gravilla, en el cual se requiere un análisis de la capacidad integral, poniendo especial énfasis en la capacidad de cada uno de sus componentes (chancadores, harneros, buzones de traspaso y correas).

Las conclusiones y recomendaciones del estudio fueron las siguientes:

- La estadística operacional refleja que la planta concentradora tiene un tratamiento de 162 kt/d, con una generación de 10,8% de pebbles, equivalente a 788 t/h.
- El análisis realizado permite concluir que las plantas son capaces de procesar en forma conjunta la máxima generación de pebbles considerada en el estudio, equivalente a 1.184 t/h de pebbles.
- La planta de gravilla tiene una capacidad nominal establecida por los equipos de procesos de 850 t/h. La planta de pebbles tiene una capacidad nominal establecida por la capacidad del chancador MP1000 de 650 t/h. La planta de pebbles utiliza en promedio un 25% de su capacidad horaria, debido a restricciones en la molienda secundaria, por lo que se recomienda realizar un estudio conceptual que analice alternativas de optimización del circuito de alimentación y manejo de pebbles en el molino de Bolas N°9, de tal forma de maximizar el uso de la planta de chancado de pebbles.

- Con el objetivo optimizar la operación de los chancadores 310-CR-11/12, se recomienda la instalación de variadores de velocidad en las corras 310-CV-113/114 o analizar la alternativa de instalar alimentadores de correa, de tal forma de controlar la alimentación a los chancadores, manteniendo la operación a cámara llena.
- Para solucionar las restricciones operacionales de la planta de gravilla, se recomienda modificar los siguientes chutes: Chute descarga correa 310-CV-112, BIN 11, Chute descarga correa 310-CV-151 y Chute descarga correa 310-CV-152.
- Con el fin de maximizar el procesamiento de los pebbles generados durante la mantención de alguna de las plantas, especialmente la planta de pebbles, se recomienda repotenciar el sistema de corras de la planta de gravilla aproximadamente un 20%.
- Los costos de inversión estimados con una precisión de $\pm 35\%$ para el proyecto son 2,5 MUSD.
- Los límites de batería del presente estudio, no consideraron el análisis del sistema eléctrico y el manejo de pulpa del bajo tamaño del harnero, por lo que se recomienda lo siguiente:
 - Realizar un estudio de cuellos de botella, que permita revisar las holguras y/o restricciones del sistema eléctrico de las plantas.
 - Realizar un estudio conceptual, que permita revisar el sistema de bombeo asociado al manejo del “underflow” de los harneros de gravilla y pebbles.
 - Se recomienda realizar, durante las siguientes etapas de ingeniería, simulaciones dinámicas para verificar las modificaciones propuestas en cada uno de los chutes.
 - Se recomienda implementar las modificaciones propuestas, según el siguiente orden de prioridad:
 - * Chute descarga correa 310-CV-112, BIN 11, Chute descarga correa 310-CV-151 y Chute descarga correa 310-CV-152.
 - * VDF corras 310-CV-113/114 o incorporación de alimentadores de correa.
 - * Repotenciamiento de motores de los sistemas de corras.

6.1.10 PLAN PRODUCTIVO DE MANTENIMIENTO

Del análisis y evaluación económica de la oportunidad de mejoras identificadas, se decide sobre la conveniencia de la implementación de cada una de ellas. Toda oportunidad se debe quedar reflejada en el plan de productivo de mantenimiento, manifestación práctica de la ingeniería de la confiabilidad. La contribución al valor económico de la empresa queda representada por la dinamización del plan matriz, que permite el mejoramiento continuo de la gestión de los activos y de las instalaciones en término de la reducción de los costos globales y del aumento de los beneficios durante todo el ciclo de vida de los equipos.

Una oportunidad de mejora evaluada, pero no implementada y no reflejada en el plan productivo de mantenimiento, es limitar a la ingeniería de la confiabilidad a ser instrumento de control, siendo que su rol no es solo el de auditar, sino también mejorar y proyectar el beneficio del resultado del negocio.

Existen diversos indicadores y métodos que permiten priorizar los tiempos y asignación de recursos entre los que destacan el diagrama de Ishikawa, árboles de falla, entre otros.

Para la presente tesis se utilizara el método RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad).

Este método trata una estrategia que permite optimizar programas de mantenimiento considerando distintos criterios, entre los que se encuentran: seguridad, calidad de producción, costo de mantenimiento o disponibilidad. El método RCM formula siete preguntas acerca del activo que se analiza para identificar las necesidades reales de mantenimiento del mismo:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su contexto operativo actual?
- ¿De qué manera el activo puede dejar de cumplir sus funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla funcional?
- ¿En qué forma afecta cada falla funcional?
- ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?
- ¿Qué debería hacerse si no se pueden hallar tareas preventivas/predictivas aplicables?

A continuación, se presentan los análisis RCM de los chancadores y correas transportadoras, principales equipos que presentan mayor número de eventos de fallas.

En tabla 4, se muestra un análisis RCM de un chancador en el cual se indica la fallas de lubricación y componentes principales que han ocurrido en la planta de PyG.

Función	Subsistema	Funciones	Modos de Falla	Efectos de Falla	Consecuencia De la Falla	Acción Preventiva o Correctiva
Reducir de Tamaño el mineral	Eje principal	Chancado de mineral	Alta temperatura de aceite Elevados picks de consumo de corriente Presencia de viruta en la malla de retorno	Daño de buje superior de cabeza	Alimentación de carga descentrada Mecanismo de liberación en mal estado	Tener habilitado los electroimanes y que sean eficientes en la captación de elementos ferrosos Control en el proceso de molienda y que

						no pasen bolas desde molinos Sag a sistemas de PYG.
	Sistema de lubricación	Mantener chancador con temperatura dentro de rango	Falla de bomba de lubricación Bomba incapaz de levantar el flujo/presión requerida	Insuficiente flujo/presión de aceite	Fugas de aceite Falla de Framme Incremento del volumen de cavidades por donde fluye el aceite Bujes desgastados	Cambio de aceites Reemplazar las partes dañadas

Tabla 4 "Análisis RCM Chancador". Especialista de Metso en Minera Los Pelambres.

En tabla 5, se muestra un analisis RCM de las correas transportadoras en el cual se indica la fallas sus componentes principales que han ocurrido en la planta de PyG.

Función	Falla	Componentes	Modos de Falla	Efectos de Falla	Consecuencia De la Falla	Acción Preventiva o Correctiva
Trasladar material desde un Punto a otro	Sistema a motriz	Motor	Sobrecarga Mal montaje Falla rodamientos Falla aislación Ingreso polvo Humedad	Aumento T° bobinado Ruptura de elementos Desbalanceo eje, exceso ruido Fuga de corriente		Motor de repuesto Rodamientos y sellos de repuesto Rodamientos y sellos de repuesto Aspirado de motor
		reductor	Bajo o sobre nivel de aceite Pérdida propiedades del aceite Sobrecarga Deterioro partes Internas Desalineamiento Poleas, correas sueltas Elementos mecánicos sueltos	Exceso o cambio de ruido Aumento de T° Vibraciones	Pérdida de lubricación Desgaste prematuro Detenciones Reemplazo de componentes	Cambiar lubricante Normalizar nivel de aceite Reemplazar partes dañadas Alinear y Cambiar sellos, juntas. Reparar fisuras Apretar pernos Tensar correas Revisar poleas
		Rodamientos	Rodamientos trabados Desgaste prematuro	Vibraciones Aumento de T° Pistas desFigura N°das Desprendimient	Contaminación de Lubricantes Detenciones Cambio de rodamientos	Aumentar limpieza Verificar sellos Cambiar rodamientos

				o de metal en los anillos		
Poleas	Polea motriz	Falla de la polea		Desplazamiento de la correa en un punto particular	Correa desalineada	Inspección
	Polea de cola					Alineamiento
Polines y rodillos	De carga de impacto	Polines trabados		Correa desplazada en un punto en particular	Correa desalineada	Cambiar polines
	Centrador	Acumulación de material			Correa curvada	Instalar raspadores y limpiadores
	Retorno de transición	Rodillos alineados escuadra	no a	Correa curvada hacia un lado en toda la longitud	Desgaste prematuro de la correa	Mover estación de polines en dirección de avance
		Rodillos nivelados	no	Abrasión en la cubierta inferior		Nivelar rodillos

Tabla 5 "Análisis RCM Correas Transportadoras"

6.2. APLICACIÓN DE MODELO DE GESTIÓN DEL CAMBIO DE JOHN P. KOTTER

6.2.1. PASO 1.- GENERACIÓN DEL SENTIDO DE URGENCIA

Es importante generar un cambio para obtener mejoras a corto plazo, identificando los riesgos y posibles amenazas potenciales, y así generar oportunidad en lo que conlleva a los siguientes puntos clave para componer mejores escenarios en:

- **Obtener una data confiable que permita realizar un análisis eficiente**, el trabajo de asegurar una información suficiente y con calidad óptima para realizar el análisis, ha significado para esta organización, el primer paso de análisis de data automatizado y bajo un modelo específico, por lo que con este paso se abren expectativas de realizar otros estudios en base a otras técnicas. Se destaca la data histórica del colaborador de ejecución de la mantención como información confiable de la cual es posible obtener información relevante para realizar un seguimiento continuo de los equipos. Por otro lado se debe mencionar lo importante de la información que entrega el SEP, donde es relevante al momento de imputar los datos.
- **Alternativas para reducir gasto asociadas al mantenimiento**, extendiendo la vida útil de los equipos depende de varios factores: Calidad de los componentes, estrategias de mantención, estrategia de operación, comportamiento del proceso. Al centrarse en aquellos relacionados con el mantenimiento se debe analizar las estrategias de mantenimiento y la calidad de los componentes. Mejorar los diseños para mejorar la vida útil de los revestimientos de chutes. Se puede estudiar el comportamiento de chute de alimentación CV129 que pueda alcanzar la campaña (que es) de revestimiento de bowl y head de Chancador MP1000.
- **Estrategia de repuestos**, dentro de la gestión de mantenimiento, la estrategia de repuestos tiene una importancia primordial por varios motivos, entre ellos, el gran movimiento de capital involucrado, que por una planificación deficiente en términos de una demanda mayor que a lo proyectado puede provocar eventos de indisponibilidad de equipos y que por otro lado si se enfrenta una demanda menor que lo proyectado puede llevar a contar con un alto valor de capital

inmovilizado. A criterio experto hay que mejorar la estrategia y generar un análisis, debido a que muchas respuestas aún están con reposición a pedido, la cual debe cambiar a reposición automática.

En la tabla N° 6, Se explica el caso del negocios a partir de los elementos básicos que explican la necesidad y justificación del cambio. El ejecutivo y/o lider del cambio debe tener clara las ideas claves que soportan la oportunidad de mejora de acuerdo a lo analizado en capítulo 7 del presente documento y que deben estar presente los mensajes de comunicación que debe entregar a la organización.

Casos de Cambio		
Elementos	Ideas Claves	Mensajes de Comunicación
Contexto de Negocios	Cumplimiento de la producción (Cobre fino)	MLP cumple sus compromisos de producción
	Cumplimiento de presupuesto y disminución de costos en base a mejoras detectadas en análisis de confiabilidad	Crear un presupuesto real a la necesidad actual de la planta y luego tener el seguimiento para disminuir los gastos
Necesidades del Negocio	Mejorar la confiabilidad de los activos de la planta Concentradora	Debemos maximizar el rendimiento y uso de nuestros activos
	Mejorar los KPI del área de mantenimiento MLP	Cumplimiento semanal de KPIs: avisos atrasados, órdenes atrasadas, adherencia al plan y trabajo planificado. Incluir Disponibilidad y MTTF y MTTR.
	Optimizar estructura organizacional área de Mantención MLP	Ser innovadores en nuestro procesos de mantenimiento
Por Qué no Podemos Cumplir las Necesidades del Negocio con la Forma Actual de Trabajar	Los indicadores de confiabilidad de los equipos de la planta Concentradora han venido disminuyendo a lo largo del tiempo, generando pérdidas de producción.	Continuamos con la inercia de lo que alguna vez dio resultado. Hay que eliminar lo que está obsoleto,
	Planes de mantenimiento robustos y que sean reflejo de la necesidad de mantenimiento de la planta	Están mejorando las frecuencias en base a la experiencia y errores que se ha generado en la planta de Gravilla y Pebbles que se deben a cambios en los parámetros operacionales
	No contamos con información confiable y fidedigna de la área en estudio	Hay que mejorar la captura de información y es esencial fortalecer y ser riguroso en el uso del sistema SEP.
	Cumplimiento de los KPIs de mantenimiento y m	Los KPIs de mantenimiento son consecuencia de un trabajo bien hecho. En lo inmediato mejorar la estrategia de adquisición de repuestos.

Información que Justifica el Cambio	No hay un plan matriz robusto que defina la dotación	Si existe un correcto plan matriz de mantención se puede tener mayor asertividad en los las HH comprometidas anualmente, una buena gestión del administrador de contrato, oportunidades de optimización, etc.
	Baja productividad de empresas colaboradoras	No existe un estudio de productividad, sin embargo a criterio experto se sabe que las horas efectivas de intervención de los mecánicos son aproximadamente de un 35%.
Beneficios del Cambio	Procesar gravilla chancada en un 100%.	Cumplir con los compromisos de producción.
	Luego de tener información con el uso del SEP, mejorar disponibilidad y confiabilidad del circuito de Pebbles y Gravilla	Cumplir con KPIs de disponibilidad y confiabilidad
	Disminución de mantenimiento correctivo	Cumplir con KPIs de mantenimiento.
	Ser líder en la forma de gestionar el mantenimiento en MLP	Mejorar la imagen en la organización

Tabla 6 "Caso del Cambio", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit

En las tablas siguientes, se muestra la situación actual con una evaluación tipo semáforo de los elementos para preparar el cambio de acuerdo a criterio experto del analista. Se visualiza la tabla N° 7, la cual muestra el estado actual general para preparar el cambio en el cual se observa que no hay ningún elemento de cambio que tenga un estado grave de tratamiento. Sin embargo, están en amarillo los elementos asociados a los procesos, sistemas y elementos de control como son:

- Los sistemas para gestionar mantenimiento como uso de SAP y SEP no son correctamente utilizados.
- Los procesos de conformación de planes a partir de inspecciones y de reuniones formales no son constantes y disciplinados.
- La operación de los equipos no es confiable ya que existen eventos que son generados por mala operación de los equipos provocando imprevistos que impacta en el cumplimiento de programa de mantenimiento semanal.
- En las mantenciones mayores se contrata personal de mantención con baja competencias técnicas.
- Con respecto al control de los procesos, en el área de PyG no existe una herramienta en el cual el lider del área pueda realizar seguimiento a la gestión de mantención.

Evaluación de Preparación para el Cambio: General		
Elemento del Cambio	● ● ●	Estado Actual
Requisitos Legales	■	De acuerdo a las exigencias que se indican en bases técnicas y bases comerciales se interactuará con las empresas contratistas que entregan el servicio de mantención
Infraestructura de Sistemas informático / Telecomunicaciones	■	Sistemas SEP y ERP existente implementados pero no se imputa correctamente la información.
Documentación	■	Se cuenta con un contrato, descripción de roles y un plan matriz mejorable
Estabilidad de Procesos	■	En primera instancia una adaptación compleja y reticente. A mediano plazo estabilidad en los procesos y mejora en las estrategia de repuestos y de planificación
Complejidad de Procesos / Sistemas	■	Un cambio complejo que involucra un ajuste de dotaciones en base a un plan de trabajo. Sistemas SEP y ERP existente implementados pero no se imputa correctamente la información.
Controles	■	Sistema gestión de desempeño en base a KPIs de mantenimiento. No hay un seguimiento periódico formal
Excelencia operacional	■	Se ejecutó el proceso de ajuste de costos. Desviaciones en cumplimiento de programas de mantenimiento en el último periodo.

Tabla 7 "Preparación para el cambio General", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit

Se muestra en la tabla 8 la condición actual de los elementos de cambio organizacional. Se puede observar que ya se generaron los cambios en estructura como consecuencia de la implementación de nuevo modelo que se basa en el cumplimiento de KPIs propios del mantenimiento y que son la base del convenio de desempeño de los profesionales a cargo del mantenimiento de PyG.

Evaluación de Preparación para el Cambio: Organización		
Elemento del Cambio	● ● ●	Estado Actual
Liderazgo	●	No está establecida la estrategia de comunicación del cambio, sólo las ideas que se recomiendan para establecer un discurso. Las metas y objetivos están establecidos de acuerdo a KPIs y son intrínsecas a la correcta gestión del mantenimiento y operación de la planta PyG.
Comunicaciones		
Objetivos y Metas		
Resultados		
Procesos	●	La gerencia de mantención de MLP implementó el cambio en el organigrama, en el cual los procesos de planificación y confiabilidad se realizan con personal propio.
Rediseño de Procesos		
Implementación de Nuevos Procesos		
Estructura	●	Actualmente la Gerencia de Mantenimiento realizó un cambio en la estructura organizacional la cual está consolidada.
Rediseño de la Estructura Organizacional		
Rediseño de Cargos		
Sistemas / Métricas	●	Están diseñados los KPIs pero falta un procedimiento de seguimiento para hacer sostenible el cambio. Los convenios de desempeño de todos los trabajadores de la gerencia de mantenimiento tienen como eje principal los KPIs de mantenimiento, producción y seguridad.
Fijar Nuevas Metas de Desempeño		
Fijar Estándares de Calidad		
Servicio al Cliente		
Indicadores Claves		
Personas / Cultura	●	Hay una brecha en la productividad que se debe a los imprevistos y programaciones de actividades deficientes. Actualmente ha habido cambio en los equipos de trabajo que ha provocado la pérdida de personal con experiencia.
Mantener o Mejorar la Productividad		
Establecer Nuevos Equipos		
Capacitar en Nuevas Competencias		

Tabla 8: "Preparación del Cambio Organización", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit.

La tabla N° 9 muestra la condición actual de la preparación de la gestión del cambio en las personas. Este campo tiene un mayor avance, ya que el cambio en la estructura organizacional y establecimiento de roles y funciones está correctamente definido. Pero, aún se observa que las personas cumplen tareas que no necesariamente deben realizar o creen que otros deben realizar, en definitiva las funciones aún están confusas en los aspectos de responsabilidad.

Evaluación de Preparación para el Cambio: Personas		
Elemento del Cambio	● ● ●	Estado Actual
Descripción de la visión del futuro completa y comunicada	● ● ●	Están las ideas con los mensajes de comunicación establecidos
El caso de cambio completo y comunicado	● ● ●	Esta generado el caso, pero no se ha comunicado para generar el estado de urgencia que necesita este proceso de gestión del cambio.
Plan definido y con hitos acordados para la gestión del cambio de las personas	● ● ●	No se ha definido plan de implementación de la gestión del cambio. En la actual tesis sólo se indican los Hitos más relevantes para programar el cambio.
Estructura organizacional definida y aprobada	● ● ●	Esta establecida de acuerdo a nuevo modelo implementado por MLP, está en etapa de consolidación.
Roles y responsabilidades definidas para etapa del cambio	● ● ●	No definidas en el actual documento, se recomienda continuar con el propuesto con el cambio organizacional de la gerencia de mantención.
Nuevos roles y responsabilidades definidas post-cambio	● ● ●	Definido en nueva estructura organizacional. Sin embargo, en la realidad se observa que aún no cambia la cultura de trabajo.
Las personas tienen las competencias requeridas para sus nuevos roles	● ● ●	Falta un proceso de identificación y de mejora en el personal de la empresa que ejecuta la mantención en PyG. Sólo se ha identificado brechas técnicas de mantenedores de acuerdo a observación de terreno del jefe de área mantención del área PyG.
Plan de retención de personas claves diseñado y aprobado	● ● ●	Definido en nueva estructura organizacional.
Gerentes y supervisores están preparados para liderar el cambio	● ● ●	Están conscientes pero no se les ha transmitido la urgencia.
Plan comunicacional diseñado y aprobado	● ● ●	Están identificados los mensajes comunicacionales pero no está diseñado el plan en su totalidad.
Plan de gestión de transiciones personales diseñado y aprobado	● ● ●	Ya se implementó luego de cambio organizacional.
Desafíos individuales identificados y con planes para enfrentarlos	● ● ●	No se ha definido.

Tabla 9 "Preparación del Cambio de Personas", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit

Se muestra en la tabla N° 10 la condición actual de la preparación del cambio en los procesos. Se evalúa con un estado normal identificando como deficit en los procesos la falta de un procedimiento o herramientas de seguimiento de la gestión del mantenimiento a través de los KPIs, la necesidad cambio de la estrategia de mantenimiento y de estrategia de repuestos. En los Budget incluir las mejoras de diseño de estudio de eliminación de cuellos de botella que debe culminar con el estudio económico.





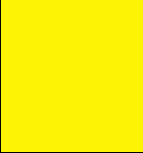





Evaluación de Preparación para el Cambio: Procesos		
Elemento del Cambio	  	Estado Actual
Requisitos legales cubiertos		Están dentro del Marco legal y normativo medio ambiental.
Estabilidad de los procesos actuales		De acuerdo a lo que se identificó en el análisis hay oportunidades de mejora en todos los procesos del ciclo de gestión del mantenimiento, lo cual es estable pero con grandes oportunidades de mejora.
Complejidad de los procesos actuales		Están establecidos los procedimientos y los procesos productivos tienen la tecnología para optimizar la producción.
Documentación de procesos existe y está actualizada		Están actualizados, pero pueden estar sujetos a mejoras en optimizar procesos y hacer más seguro producir y mantener equipos.
Brechas existentes de controles identificadas		Están identificadas y se recomiendan mejorar con la aplicación de la gestión del cambio.
Requisitos del cliente identificados		Están identificados, pero debe ser partícipe del cambio para mejorar confiabilidad PyG.
Indicadores claves identificados y comprendidos		Los KPIs están identificados y se propone una forma de efectuar el seguimiento. Paso 8 del modelo de Kotter.

Tabla 10 "Preparación del Cambio de Procesos", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit

6.2.2. PASO 2.- CREAR UNA COALICIÓN PODEROSA PARA EL CAMBIO

Generar un mejor alineamiento entre las superintendencias de planificación de mantención y operaciones con los cambios propuestos por la superintendencia de mantención, ya que tienen una participación fundamental en los procesos de mantenimiento y operación de Pebbles y Gravilla para asegurar la implementación del cambio aportando con ideas y estrategias.

Existe un actor muy relevante para el éxito de la gestión del mantenimiento para asegurar confiabilidad operacional, éste es la empresa colaboradora que ejecuta el mantenimiento, por lo tanto es imperioso crear una alianza de colaboración para generar un mayor compromiso de sus trabajadores y motivar a ejecutar actividades de mantención de calidad. Además, son participes activos del uso del SAP los cuales deben ser rigurosos con la información que ingresan semanalmente de los turnos.

6.2.3. PASO 3.- DESARROLLAR UNA VISIÓN Y UNA ESTRATEGIA DE CAMBIO

El plan de acción para disminuir los eventos de fallas de los componentes y criticidad de los mismos y generar una estrategia de cambio importante para sustentar la estrategia de la confiabilidad operacional, se propone utilizar la metodología de mejoramiento continuo, con un plan con actividades concretas de mejoramiento, el cual se destaca el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

Con esto es posible mejorar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos y componentes críticos, analizando los riesgos para identificar posibles fallas, analizando la información de fallas declaradas, y así generar planes de mejoramiento con respecto a los componentes estudiados:

1. Chute
2. Cinta
3. Correas de transmisión
4. Polines
5. Ductos
6. Elementos Húmedos
7. Estructura
8. Desembancamiento
9. Reparación chancador

El ejecutivo y líder del cambio debe aplicar las tablas N° 11 y 12 que corresponden a la visión de futuro y diseño del cambio respectivamente, el cual contiene las ideas claves y los mensajes de comunicación que corresponde al cuarto paso del modelo utilizado.

En la tabla 11, se sugiere al superintendente tener una visión de futuro de todos los aspectos en los cuales debe liderar para generar el cambio. Se establecen los mensajes de comunicación para que pueda transmitir a la coalición que debe conformar con los superintendentes de otras áreas, supervisión y empresa colaboradora.

Visión del Futuro			
Elementos	Ideas Claves	Mensajes de Comunicación	
Estrategia	Clarificar la Estrategia	Aplicar la estrategia de planes de mantenimiento de la Planta Concentradora MLP y afinar el standar job requeridas en cada área.	
	Evaluar Riesgos	Los riesgos de este cambio en la organización son mínimos ya que esta implementado el cambio organizacional. Los riesgos en la ingenierías de eliminación de cuellos de botella son menores ya que se deben ejecutar en base a un plan de volver a lo original	
Liderazgo	Alinear la Estrategia	Se alinearán los esfuerzos de la organización, stakeholders y equipos en función de las conclusiones del análisis de confiabilidad	
	Articular el Caso de Cambio	Se deben alinear los indicadores de desempeño del área de Mantenimiento y realizar el seguimiento semanal para trabajar en planes de acción inmediato si los indicadores no cumplen con las metas.	
	Describir el Estado Futuro	El estado futuro esperado es un área de mantenimiento optimizada en su estructura organizacional y con una dotación adecuada, que permita asegurar la confiabilidad de los activos del área Pebbles y Gravilla.	
	Fijar los Principios del Cambio	Se requiere un liderazgo efectivo de la supervisión, con foco en los resultados del negocio global y un seguimiento continuo de los KPIs de mantención. Además, asegurar y evaluar las competencias técnicas de los mantenedores que ejecutan y planifican.	
	Definir los Roles y Estilos del Liderazgo		Se define un cargo de experto en mantenimiento de molienda que se preocupe de las vulnerabilidades de PyG y que lidere el proceso de análisis de fallas y proponga al equipo ejecutivo las medidas correctivas a tomar.
			El estilo de liderazgo requerido es del tipo directivo, debido a la rapidez que requieren las soluciones.
			Existirá además un Sponsor del cambio, que será el Gerente de mantención de MLP.
	Identificar los Recursos Requeridos	Se trabajará con la empresa contratista en la revisión de los planes de mantenimiento de los equipos PyG, ya que es la base para definir los especialistas que se requieren.	
Evaluar la Preparación para el Cambio	Se realizarán reuniones quincenales con el equipo ejecutivo, para mostrar avances, enfocar y tomar decisiones. Se realizarán comunicados mensuales a toda la organización mostrando la importancia que tiene este cambio para la planta concentradora y los avances obtenidos a la fecha.		

	Determinar el Ritmo del Cambio	El análisis no es rápido, podría tomar seis meses. Una vez definidas las acciones correctivas estas deben ser implementadas a la brevedad. Los efectos del cambio no serán inmediatos, dada la magnitud de los activos. Se espera ver resultados a lo largo de un año.
Procesos, Tecnología, Infraestructura	Rediseñar Procesos	En base al análisis cualitativo del análisis de confiabilidad del mantenimiento de PyG realizado, se propone mejorar los procesos de seguimiento de KPIs y de la estrategia de planificación de la mantención de PyG de acuerdo a lo indicado en el actual documento, entre otros aspectos.
	Determinar Competencias Requeridas	Identificar competencias claves de personal mecánico y eléctrico. Es clave que todos los turnos tengan todas las especialidades y experiencia
	Identificar Cambios Tecnológicos Requeridos	Utilización de sistema SEP y SAP correctamente y en forma oportuna.
	Determinar Cambios en Infraestructura y Equipos	Están identificados los cuellos de botella y malos diseños en el circuito de transporte de mineral del área PyG. Se requiere concluir el estudio e incluir en la planificación las mejoras en diseño de equipos.
Organización y Cargos	Diseñar la Organización	Como se mencionó anteriormente se contará con líder del cambio, el apoyo de las áreas internas y contratistas del mantenimiento, además del Sponsor del proyecto. La organización tuvo cambios y se está consolidando.
	Diseñar los Cargos	Están definidos e implementados en nuevo modelo
	Fijar Roles & Responsabilidades	Se constituye una nuevo modelo en la organización de MLP la cual internalizó los cargos críticos y están definidos los roles y cargos.
Sistemas Gerenciales	Desarrollo de las Personas	Se diagnosticarán las brechas en competencias del personal de mantención y se solicitará planes de capacitación para asegurar la correcta ejecución de las acciones que cada cargo ejecutará.
	Comunicaciones Internas	Comunicar los desafíos y compromisos de producción de Cu y cumplir los KPIs de mantenimiento.
	Relaciones Laborales	Se tratará abiertamente las modificaciones en estructura y cargos. La organización sabe que es posible que existan ajustes de personal. La política de puertas abiertas con los trabajadores ayudará a disipar la incertidumbre.
	Reconocimiento	Se reconocerá al personal que ocupe los cargos que se definan.
	Apoyo al Desempeño	No están consideradas compensaciones o nuevos bonos. Sin embargo, el hecho de buscar con el cambio los cumplimientos de los KPI del área y del negocio global, traerá consigo un aumento de los montos de los bonos existentes.

	Toma de Decisiones, Seguimiento, Responsabilidad	Durante el desarrollo del cambio, las decisiones serán de responsabilidad del líder del proyecto que es el superintendente de mantención concentradora de MLP.
	Movilidad	Se contempla que puede existir movilidad del personal contratista hacia MLP.
	Egreso	Si el resultado del análisis indica que hay personal que no califica o que los puestos a llenar son menos que el personal existente, habrán egresos. Estos serán tratados como casos especiales y se les planteará una salida convenida.
Métricas	Avance de la Gestión del Cambio	El avance será reportado de manera quincenal al equipo ejecutivo y mensualmente a toda la organización.
	Efectividad del Equipo de Proyecto	Medición de avance del proyecto de acuerdo al cronograma de implementación de mejoras captadas por el análisis de brechas detectadas en el actual documento.
	Costo y Cronograma	Los costos por sobre el presupuesto están asociados a:
		1-Proceso de capacitación.
		2-Egresos convenidos
Captura de Beneficios	Generar un cronograma para realizar seguimiento de implementación de mejoras.	
		El principal beneficio viene dado por el aumento de confiabilidad y por lo tanto oportunidad de aumento de producción. Disminución del costo de mantención al disminuir el mantenimiento correctivo (30% más caro que el programado).
Cultura	Valores Organizacionales	No existe cambio al estado actual de los valores de MLP.
	Plan de Compromiso	Capacitación y egresos convenidos.
	Comunicaciones	Política de puertas abiertas, comunicados mensuales a toda la organización, transparencia con respecto a la posible reducción de personal.

Tabla 11 "Visión de Futuro", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit.

Diseñar el Cambio		
Cambio Propuesto	Ideas Claves	Mensajes de Comunicación
Personas	Los diferentes roles deben tener claridad de sus responsabilidades y compromisos	Cada trabajador debe tener definido su rol y responsabilidades
	Identificación cargos claves	Profesionales con alta experiencia y competencias de liderazgo acordes al cargo
	Debilidad competencias técnicas de los cargos	Asegurar que las competencias técnicas necesarias para desarrollar las actividades de mantención sean cubiertas en todos los turnos.
Operaciones	Adaptarse a la estructura de mantenimiento acorde con las necesidades del negocio.	Internalizar la planificación del mantenimiento y fortalecer el departamento de confiabilidad para cumplir con los desafíos actuales
	Evaluar los planes de mantenimiento de los equipos de PyG.	Si se asegura un buen plan matriz de mantenimiento se puede trabajar en optimizar el proceso.
	Definición de procedimiento en uso de herramientas de control y ERP.	Actualizar procedimientos y utilizar correctamente ERP llenando los campos necesarios para llevar trazabilidad de las actividades de mantención.
	Operación correcta de los equipos	Una buena operación es la base para mantener coeficiente de marcha, alcanzar mayor vida útil a los equipos entre campañas de mantención y disminuir imprevistos.
Clientes	Superintendencia de operaciones alcance mayores rendimientos de los equipos.	Para lograr mayor rendimiento de los equipos, el equipo de mantención de PyG debe asegurar disponibilidad y confiabilidad.
	Superintendencia de operaciones sea disciplinada con las inspecciones rutinarias y generen los avisos en SAP.	Los operadores deben ser agentes importantes del mantenimiento con las inspecciones rutinarias y generen los avisos en SAP.
	Superintendencia de operaciones sea rigurosa con las imputaciones de detenciones de equipos en el SEP para identificar brechas de los KPIs de disponibilidad.	Los operadores deben tener la práctica de imputar correctamente para tener una estadística representativa de las detenciones de equipos.

Tabla 12: "Diseñar el Cambio", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit.

6.2.4. PASO 4.- COMUNICACIÓN DE LA VISIÓN

Es necesario mejorar y expandir la comunicación junto al equipo de trabajo que pertenece al proceso de Pebbles y Gravilla, generando reuniones de seguimiento del proceso de cambio para identificar las desviaciones en base a lo establecido en las mensajes de comunicación indicados en las tablas de la visión de futuro y caso del cambio y el diseño del cambio. Además, de calendarizar las charlas que ayuden a los operarios entender los planes que se están tomando para mejorar el proceso, esto genera empatía con el trabajar pues estará al tanto de las posibles fallas y planes de contingencias que se tomaran, por lo tanto el trabajador tendrá mayor información con para enfrentar problemas futuros.

Se sugiere realizar un video explicativo y motivador que muestre la importancia del proceso productivo de la PyG, los problemas detectados y lo que se quiere llegar a realizar en el área como visión de futuro. Los mensajes de comunicación propuestos en el paso 1 y 3 del modelo de Kotter deben asertivos y entregados con convicción para que sea escuchado y quede puedan convencer e influir en el equipo de mantención y operación del área PyG. Se debe escuchar y tomar las acciones a las sugerencias que se transmiten en las reuniones de seguimiento del cambio.

6.2.5. PASO 5.- ELIMINAR LOS OBSTÁCULOS

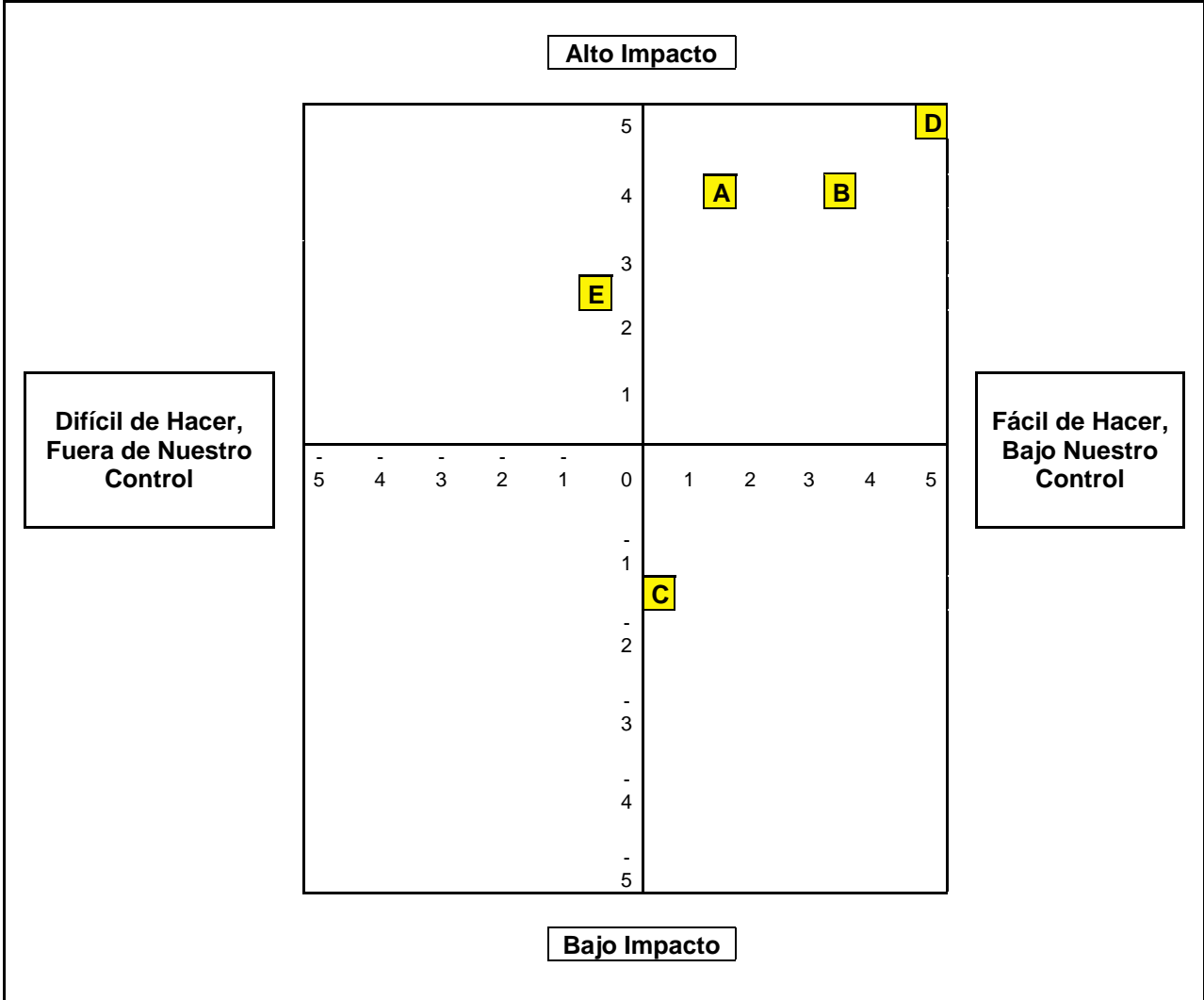
Generalmente es complicado cambiar la forma de pensar de los trabajadores, por lo que muchas veces se generan conflictos en cuanto a conocimientos y otros factores externos e internos, lo cual no es medida desligar al trabajador de la empresa, entonces para tener una participación eficiente el operador se toman las siguientes medidas:

- Generando Reconocimiento
- Buen clima laboral.
- Capacitaciones para los mecánicos y operadores.
- Buena relación con empresas colaboradoras.

El trabajo en equipo está vinculada en que tan fuerte es la coalición entre el área de ejecución, confiabilidad, planificación del mantenimiento y operaciones, bajo el punto de vista de una buena preparación de los cambios para transmitir seguridad y convencer que lo propuesta de cambio es la mejor vía para ser exitoso en los mejoras que resultaron del análisis de confiabilidad en la presente tesis.

Para el ejecutivo y lider del cambio se recomienda que visualice e internalice cuales son las barreras que el analista interpreta que pueden generar complicaciones en la gestión de las mejoras propuestas en el área de PyG. De acuerdo a lo que se muestra en la tabla 13.

Barreras



Barreras:

- A** La estrategia en el plan mantenimiento no se modifiquen para ajustarse a los desafíos de la operación por los cambio en los parámetros de procesamiento.

- B** Cultura organizacional acostumbrada a una forma de trabajar hace más de 15 años. Difícil de cambiar.

- C** Identificación de competencias individuales poco efectiva ya que no se ha hecho un diagnóstico.

- D** Implementación y cumplimiento de la nueva estrategia de mantenimiento no se cumple con rigurosidad por privilegiar producción.

- E** Plan de eliminación de cuellos de botella no se ejecute por privilegiar la producción.

Tabla 13, "Barreras", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit

Como conclusión de la tabla 13, un punto clave para no tener restricciones en la gestión del cambio, es la implementación de la estrategia de mantenimiento y que no sea modificada, esto implica una rigurosidad en los frecuencias de mantención y que la planificación de la producción sea asertiva con sus planes.

Además, la cultura organizacional y la forma de trabajar son una traba actualmente la cual debe cambiar a medida que las funciones queden comprendidas por los trabajadores que realizan la gestión de la mantención.

6.2.6. PASO 6.- GENERAR ÉXITOS A CORTO PLAZO

En todo proceso de cambio existen dos factores que son claves para saber llevar cualquier nuevo proceso y estos son disciplina operacional y enfoque de procesos, es por esto que solo sabremos que un proceso de cambio está instalado cuando la gente lo integre por completo en sus funciones y lo haga propio (parte de su trabajo).

Generar un diagnostico de brechas técnicas de capacitación con los siguientes objetivos de entrenamiento:

1. Proveer de un Training efectivo para todo el personal de la empresa que se vea impactado con la implementación y las nuevas prácticas.
2. Estar preparados para la puesta en marcha y estabilización (Personal capacitado, con acceso al sistema y comunicado).
3. Estar en coordinación con el equipo de entrenamiento interno de la compañía, para lograr optimizar los recursos y además compartir las estrategias con todas las áreas y futuras implementaciones.
4. Contar con infraestructura acorde a las necesidades de training en faena.

Por otro lado hay que ser rigurosos con la estrategia de planificación y mostrar resultados de tratamiento de gravilla recirculada sin chancar, se espera que sea más baja, de lo contrario si es igual o mayor tener una justificación, ya que los proyectos de mejora no son a corto plazo.

Para generar los éxitos a corto plazo se plantean hitos de implementación de mejoras propuestos en análsis de confiabilidad. El ejecutivo y/o lider debe generar éxitos en los plazos propuestos mostrados en la tabla 14 de Hitos del cambio.

Hitos del Cambio				
Actividad Clave	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Término	Comentarios
Utilizar correctamente ERP en el proceso de administración del trabajo de la mantención en PyG. Ser evaluados semanalmente en reunión que debe liderar superintendente de mantención.	Superintendente Mantención Concentradora	1-Jun-17	30-Aug-17	Supervisores de mantención deben ser disciplinados en el uso de ERP para tratar avisos, generar Ots y realizar cierre técnica.
Analizar y mejorar planes de mantenimiento, estrategia de repuestos, ruta de inspecciones y herramienta HAZOP para mantenciones.	Planificador PyG	1-Jun-17	30-Aug-17	Aplicar estrategia de mantención propuesta en tabla 23 en anexo de la presente tesis.
Realizar evaluación de competencias técnicas a mecánicos y eléctricos de mantención PyG.	Adm. de contrato Empresa colaboradora	1-Jun-17	1-Jul-17	En Julio adm. de contrato debe entregar planes de acción para mejorar competencias del cargo según lo que indica en contrato.
Consolidación de la nueva organización.	Gerente Mantención	1-Mar-17	30-Jun-17	Consolidación Junio 2017
Definir cambios de diseño de estudio cuello de botella, depende de evaluación económica. Complementar con ingeniería de planta.	Jefe de área operaciones PyG y superintendente de mantención de concentradora	Está en proceso	31-Dec-18	Evaluación a fin de año para implementar en el 2018.
Control y seguimiento de las mejoras.	Superintendente Mantención Concentradora	1-Jun-17	1-Dec-17	Comparar resultados de desempeño entre periodos para ver verificar si la gestión del cambio tuvo efectos positivos.

Tabla 14: "Hitos del Cambio", Fuente: Adaptado de ExxonMobil Change Management Toolkit.

6.2.7. PASO 7.- CONSTRUIR SOBRE EL MISMO CAMBIO

Crear cultura de mejora continua por parte de los trabajadores e incentivar siempre al compromiso de mantener una mantención productiva eficaz para evitar fallas que alteren la continua actividad.

Ser constante con los mensajes de comunicación para que la cultura organizacional cambie y se mantenga la que se pensó en la visión de futuro. Una buena manera de persistir con el cambio es mantener el sentido de urgencia generando una reflexión con el equipo de mantención de PyG del estado de avance y de los resultados obtenidos en el corto plazo luego de los cambios.

Concretar las mejoras de proyectos de ingeniería de planta como cambio de diseños de chutes, el tipo de revestimientos, búsqueda de repuestos que sean más eficientes.

Es importante estar siempre en búsqueda de trabajadores con un perfil acorde a los conocimientos necesarios para asegurar calidad en los actividades de mantención.

No sólo hay que mantener el actual plan de mantenimiento, siempre hay que implementar mejoras continuas a todos los sistemas que tienen relación directa con los procesos Pebbles y Gravilla, utilizando nuevos recursos tecnológicos como la informática, nuevos planes de confiabilidad o tener siempre en cuenta nuevas alternativas que puedan mejorar el proceso.

6.2.8. PASO 8.- ANCLANDO EL CAMBIO

Siempre es importante recalcar que los estudios realizados a los procesos y que la información de las plataformas de AMSA deben ser utilizadas constantemente para que el trabajo y las medidas tomadas tengan una mirada positiva y continua para efectuar planes de acción que conlleven a mejorar el desempeño operacional y de mantenimiento.

La propuesta de valor del analista luego de implementar la metodología de Kotter es generar una herramienta simple que le sirva al líder del cambio mantener lo que ha generado. Por lo tanto se propone que todos los lunes de cada semana el líder del área de mantenimiento de PyG muestre los resultados de desempeño para llevar un seguimiento continuo y solicitar planes de acción y generar compromisos para mejorar el desempeño de forma inmediata. Se sugiere tener una tabla de seguimientos, la cual le llamaremos Tablero de Desempeño en el cual se evidencie y se discuta lo siguiente:

Tabla 15 de asistencia del personal para llevar registro y seguimiento.

Asistencia			
	Invitados	Real	% Asistencia
Personas			

Tabla 15 "Asistencia del personal" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia.

En tabla 16, se indican los Índices de seguridad de la Gerencia de Mantenimiento, con los cuales se puede discutir cuales son los accidentes o cuasi accidentes de alto potencial donde se puede extraer las lecciones aprendidas para ser difundidas en el equipo de ejecución de la empresa colaboradora.

Índices de Seguridad			
Índice Frecuencia		Índice Gravedad	

Tabla 16 "Índices de Seguridad" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia

La disponibilidad es el KPI más relevante y que genera la palanca para exigir producción a la superintendencia de operaciones planta. En la tabla 17 se debe indicar la planificada y real para discutir porque no se ha logrado la disponibilidad comprometida, ya que generalmente se atribuye a una mala operación o reprocesos de

mantenimiento, pero en la discusión se puede encontrar otras causas como son repuestos defectuosos, programas de mantención errados, etc.

Disponibilidad - Semana pasada			
	Pebbles	Gravilla	Correas de Alimentación a SAG
Planificada			
Real			
Desviación			

Tabla 17 "Disponibilidad semana pasada" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia.

En la tabla 18 se quiere revisar cual es la cantidad recirculada sin chancar y comparar con lo planificado para discutir las causas y determinar planes de acción de ser negativa la desviación.

Tonelaje recirculado sin chancar			
	Pebbles	Gravilla	Correas de Alimentación a SAG
Planificada			
Real			
Desviación			

Tabla 18 "Tonelaje recirculado sin chancar" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia.

Los KPIs específicos del desempeño de la ejecución de la mantención se muestran en la tabla 19. Estos para partir el proceso de seguimiento mientras la organización se consolida, no van a ser tan exigentes, pero próximo año se debe elevar la exigencia.

KPI	Meta	Pebbles	Gravilla	Correas de Alimentación a SAG
Avisos Atrasados	5%			
Trabajo Planificado	70%			
Adherencia al Programa	65%			
Ordenes de mantenimiento atrasadas	10%			
Horas PM	Plan/Real			
Horas MC acumuladas al mes	Plan/Real			

Tabla 19 "KPIs específicos" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia.

Es importante como líder de proceso de mantenimiento comprender y tener claro en que consiste el presupuesto y tener la explicación clara a las desviaciones la que se han producido. Si se observa una desviación negativa al completar la información indicada en las tablas 20 y 21, se recomienda generar planes de acción para recuperarse en los meses que quedan antes de Diciembre o tener una justificación para mejorar

presupuesto del próximo año.

Gastos Acumulado Mes			
	Pebbles	Gravilla	Correas de Alimentación a SAG
Planificada			
Real			
Desviación			

Tabla 20 "Gastos Acumulado Mes" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia

Gastos Acumulado Año			
	Pebbles	Gravilla	Correas de Alimentación a SAG
Planificada			
Real			
Desviación			

Tabla 21 "Gastos Acumulado Año" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia.

Los compromisos representados en la tabla 22 deben revisarse en reunión de gestión

Descripción	Responsable	Fecha	Status

Tabla 22 "Compromisos" Tablero de desempeño PYG. Elaboración Propia.

de la superintendencia de mantención de la concentradora con el fin de recordar y/o reprogramar las actividades comprometidas para realizar seguimiento a las actividades críticas para mejorar continuamente la gestión de mantenimiento.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que, dada la cantidad de equipos y recursos disponibles para los trabajos de mantención e inspecciones preventivas, los planes de acción para mejorar los indicadores de desempeño de mantenimiento es el control de componentes para anticipar fallas la cual debe estar complementado de la generación de compromisos los cuales deben tener un seguimiento semanal a través de Tablero de Desempeño que se sugiere en el paso 8 de la gestión del cambio.

En lo que respecta a la implementación de la estrategia de mantenimiento programado e inspecciones preventivas, dadas las distribuciones de fallas y la periodicidad de las mantenciones, se debe ser disciplinado en respetar el plan de mantención y estrategia propuesta con el objetivo de minimizar las contingencias de mantención y ser eficiente en el uso de los recursos.

Es importante, al momento de realizar los diseños de los equipos e infraestructuras, hacer simulaciones que envuelvan más allá de la producción y rendimientos de equipos. Realizar simulaciones que involucren los conceptos de disponibilidad y confiabilidad de los componentes asociados que permiten asimilar un comportamiento más apegado a la realidad. Este consejo se enmarca en aplicar estratégicamente la propuesta de mejora de ingeniería que se menciona en ésta tesis para eliminar cuellos de botella.

Para evitar el deterioro anticipado de los equipos y determinar el recurso humano y presupuesto óptimo para realizar mantención es necesario evaluar y mejorar plan matriz de mantenciones en base a estrategia de planificación de la mantención propuesto en tesis. Lo anterior, complementado con programas de mantención robustos que optimice los tiempos productivos de mantención para asegurar lo disponibilidad comprometida y la imagen del equipo que mantiene y opera el área de PyG.

Para implementar las mejoras en la gestión del mantenimiento resultantes de análisis de confiabilidad, se recomienda al líder del equipo de mantención de PyG aplicar los 8 pasos de la gestión del cambio que en el mediano plazo debe visualizarse resultados positivos en la cantidad de material chancado recirculado a la molienda y en los KPIs de confiabilidad, disponibilidad y en los propios del mantenimiento que el ejecutor del mantenimiento debería hacer sostenible con un seguimiento de acuerdo a lo que se indica en el actual documento.

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

Pebbles: Fragmento de roca de un tamaño de 4 a 64 [mm].

PyG: Pebbles y Gravilla.

SAG: Molinos semiautógenos.

R-MES: permite desarrollar análisis sistémicos históricos y probabilísticos de la Confiabilidad y Disponibilidad de sistemas productivos complejos.

CV: Correas.

SC: Harneros.

CR: Chancadores.

FE: Feeder o alimentador.

HV: Válvula.

SEP: Sistema de eventos plantas.

SAP: ERP de AMSA.

BIBLIOGRAFÍA

- Ingeniería de Confiabilidad, Teoría y aplicación en proyectos de capital y en la operación de instalaciones industriales a través del enfoque R-MES. Autor: Adolfo Arata y Alessio Arata.
- Las Claves del Cambio. Autor: John P. Kotter.
- Pascual Rodrigo J. (Septiembre, 2008) El arte de mantener Dpto. Ing. Mecánica. U. de Chile.
- Barrientos Gabriel, Razeto Mario (Marzo, 2009) Análisis de Fallas en equipos industriales Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad de Concepción.
- [3] Viviana Meruane (Marzo, 2012) Gestión de activos físicos Apuntes para el curso ME5701 Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad de Chile.
- Gestión de Personas III, Gestión del Cambio, Profesor Jacques Clerc MBA versión industria Minera Universidad de Chile.

ANEXOS

A continuación se muestra la imagen que describe gráficamente la disposición de equipos principales de la Molienda y que aparece la Pebbles y Gravilla como parte de éste proceso.

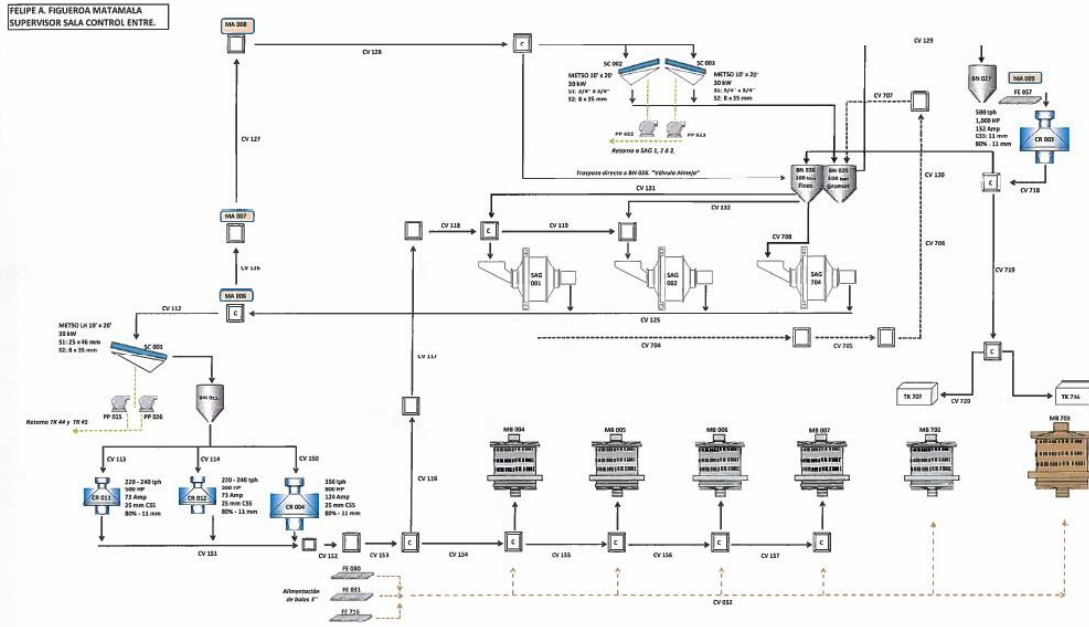


Figura N° 30 "Lógica de Planta Pebbles y Gravilla", Fuente: Informe Sala de Control 2016.

A continuación se muestra la tabla 5 que demuestra la estrategia de mantenimiento de la Pebbles y Gravilla anualmente.

Estrategia de mantenimiento Pebbles y Gravilla			
Línea	Equipo	Frecuencia	Duración
1	Línea 1	35	12
1	Correa CV113	35	12
	Electroimán MA04		
	Chancador CR011		
2	Línea 2	35	12
2	Correa CV114	35	12
	Electroimán MA05		
	Chancador CR012		
3	Línea 3	85	24
3	Correa CV150	110	24
	Electroimán MA11		
	Chancador CR004		
4	Línea 4	60	24

4	Correa CV112	60	24
	Correa CV151		
	Correa CV152		
	Correa CV153		
	Electroimán MA10		
	Harnero SC001		
	BN011		
	Cajón ST613		
	Correa CV116		
	Correa CV117		
	Correa CV118		
	Correa CV119		
	Bomba PP023		
	5		
5	Correa CV154	60	18
	Correa CV155		
6	Línea 6	60	12
6	Correa CV156	60	12
	Correa CV157		
7	Línea 7	30	12
7	Correa CV704	30	12
	Correa CV705		
	Correa CV706		
	Correa CV707		
8	Línea 8	70	36
8	Correa CV126	70	48
	Electroimán MA07		
	Correa CV127		
	Electroimán MA08		
	Correa CV128		
	Cajón ST612		
	Bomba PP695		
	Correa CV129		
	BN027		
	Feeder FE057		
	Electroimán MA09		
	Chancador CR003		
	Correa CV718		
	Correa CV130		
9	Correa CV131	60	12
10	Correa CV132	60	12
11	Correa CV708	60	12

12	Correa CV719	60	12
13	Correa CV125	60	12
Lógica de Intervención Flotación			
Línea	Equipo	Frecuencia	Duración
1	ROUGHER 1	185	60
2	ROUGHER 2	185	60
3	ROUGHER 3	185	60
4	ROUGHER 4	185	60
5	ROUGHER 5	185	60
6	ROUGHER 6	185	60
7	ROUGHER 7	185	60
8	ROUGHER 8	185	60
9	SCAVENGER 1	185	60
10	SCAVENGER 2	185	60
Lógica de Intervención Correas			
Línea	Equipo	Frecuencia	Duración
1	280CV020	1800	60
2	280FE015	1080	60
3	280FE016	240	60
4	280FE017	240	60
5	280FE018	1080	60
6	280CV021	1800	60
7	280FE019	1080	60
8	280FE020	240	60
9	280FE021	240	60
10	280FE022	1080	60
11	280CV702	1800	60
12	280FE701	1080	60
13	280FE702	240	60
14	280FE703	240	60
15	280FE704	1080	60
16	310CV112	90	60
17	310CV113	360	60
18	310CV114	360	60
19	310CV116	420	60
20	310CV117	300	60
21	310CV118	1170	60
22	310CV119	360	60
23	310CV125	270	60
24	310CV150	360	60
25	310CV151	540	60

26	310CV152	90	60
27	310CV153	180	60
28	310CV126	180	60
29	310CV127	1080	60
30	310CV128	720	60
31	310CV129	720	60
32	310CV130	1080	60
33	310CV131	510	60
34	310CV132	510	60
35	310CV718	1800	60
36	310CV154	720	60
37	310CV155	720	60
38	310CV156	720	60
39	310CV157	720	60
40	310CV719	1800	60
41	310CV720	1800	60
42	310CV704	720	60
43	310CV705	1440	60
44	310CV706	1440	60
45	310CV707	1440	60
46	310CV708	1440	60
47	310FE057	4920	60
48	320CV032	1440	60
49	310MA004	360	
50	310MA005	360	
51	310MA006	120	
52	310MA007	720	
53	310MA008	720	
54	310MA010	720	
55	310MA011	360	

Tabla 23 "Estrategia de mantención Pebbles y Gravilla", Fuente: Informe Programa Anual de Mantenimiento MLP.