

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA



MEJORAMIENTO PLAN DE MANTENIMIENTO ÁREA SECA,  
CHANCADO FINO, GERENCIA DE MANTENCION CÁTODOS,  
MINERA ESCONDIDA LIMITADA

Informe de Habilitación Profesional  
presentado en conformidad a los requisitos  
para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico  
Profesor Guía:  
Srta. Laritza Giselle Medi Guíñez.

Juan Roberto Sandoval Toro  
CONCEPCION – CHILE

2015

## SUMARIO

Minera Escondida limitada, operada por BHP Billiton, es una de las empresas mineras más importantes del país y el mundo, posicionándose como la mina a rajo abierto más productiva, aspirando a ser la mejor mina del mundo. Esta compañía, pensando en la mejora continua trabaja constantemente en mejorar sus procesos y procedimientos, disminuir sus costos y aumentar su productividad, respetando siempre el medio ambiente, la seguridad y a las personas. Bajo estos lineamientos se desarrolla esta habilitación profesional, la cual consiste en mejorar el plan de mantenimiento.

Para poder disminuir los costos, se trabaja en eliminar las detenciones no programadas o imprevistos, identificando por medio de análisis de Pareto y Jack Knife los equipos y componentes que fallan de mayor criticidad, para luego generar planes de acción que prevengan las fallas de dichos equipos y componentes, proyectando ahorrar con esto 232,43 horas de mantenimiento, que se traducen en 18.594.720 \$USD, correspondientes a posibles pérdidas por producción. Por el lado de las detenciones programadas, se trabaja en una nueva configuración del calendario de éstas, lo cual reduce los costos por mantenimiento y aumenta la productividad gracias a una mayor disponibilidad. Los resultados obtenidos con esta reprogramación alcanzarían un ahorro por mantención de 13.493.333,33 \$USD correspondientes a un aumento de la disponibilidad en un 1,9% en un período de 5 años proyectados.

También, se trabaja en mejorar la calidad de la estrategia de mantenimiento, identificando deficiencias en SAP específicamente en las Hojas de Ruta. Se actualizan los componentes de las hojas de ruta y, se realiza un levantamiento de las hojas de ruta que posean sus documentos de seguridad y trabajo cargados en la plataforma. Con esto se cumplen los estándares establecidos y se mejoran los procedimientos de trabajo. En la actualización de componentes en HR y HRSA, se logra aumentar de un 5% de HR con componentes cargados a un 18%, mejora de la calidad en un 13% de las HR y, para HRSA se aumento de un 68% de HRSA con componentes cargados a un 78%, mejora de la calidad en un 10% de las HR. Y en el levantamiento de documentos en HR se revela que un 23% de los trabajos se realiza sin instructivo de trabajo y un 0,15% de las actividades sin documento de seguridad.

Luego, se busca liberar recursos Horas Hombre evaluando la calidad de las frecuencias de las actividades de mantenimiento del área de monitoreo de condiciones. Es en esta área en donde la mayoría de sus actividades busca encontrar desviaciones, generando avisos subsecuentes cuando son detectadas. Para determinar las actividades que requieren modificar sus frecuencias se utiliza un benchmark de trabajo, que indica el porcentaje de avisos subsecuentes generados por órdenes de trabajo emitidas. Aquí se logran liberar un total de 765,3 HH provenientes de planes activos, las cuales pueden ser utilizadas en otras actividades de forma inmediata una vez que se realicen los cambios y, 838 HH provenientes de planes inactivos que se consideran potenciales ahorros hasta que se vuelvan a activar los planes.

Con la misma finalidad, se identifican las rutas de trabajo y los puestos de trabajo responsables con mayor carga de horas hombre, para sugerir tecnologías de monitoreo en línea que liberen dichos recursos. Las rutas identificadas con mayor consumo de HH son las de lubricación, ultrasonido y termografía, sumando 10.494,6 HH en total, las cuales se pueden intervenir con tecnologías que reduzcan tal cantidad.

Finalmente, se busca ser más eficiente en el trabajo y ganar productividad controlando los tiempos efectivos de trabajo. Para aquello se realiza el ejercicio "Time On Tool" identificando las actividades bajo el benchmark de la industria, para así generar planes de acción que corrijan dicha situación. Con este ejercicio se identifica el puesto de trabajo MN46-E01 bajo el benchmark de la industria, con un 48% de tiempo efectivo de trabajo, al cual se le generan planes de acción que mejoren el rendimiento de trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

En el núcleo de mis agradecimientos se encuentra mi profundo amor y respeto hacia mi familia, la cual me ha apoyado y motivado, desde que tengo recuerdos, en todos mis proyectos, decisiones y aventuras.

A mi polola y su familia, que de igual manera me aceptaron dentro de su círculo más íntimo y han creído en mí desde que nos conocimos.

A mis amigos de vida o hermanos que han compartido junto a mí sus buenos y malos momentos de los cuales siempre se han ganado muy buenas experiencias y; a mis compañeros de universidad y memoristas de MEL que me acompañaron en éste arduo camino.

También, me es muy importante agradecer a BHP Billiton por darme la oportunidad de realizar mi memoria en Minera Escondida Limitada. Especialmente, a todas las personas que fueron partícipes dentro del desarrollo de esta habilitación profesional: Don Paulo Alvear, Claudia Hernández, Renato Sandoval, Don Juan Durán, Don Antonio Cortés, Nicolás Pollmann, Rafael Ahumada, Vinka Micín, Martín Erazo, Matías Juré y, a los consultores AKHAND Angelo Estelle, Juan Delgado y Daniel Castillo.

A todos y cada uno de ustedes, muchísimas gracias por presentarse en mi vida.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| SUMARIO .....  | 2  |
| ÍNDICE .....   | 5  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | 7  |
| NOMENCLATURA Y ABREVIACIONES.....  | 8  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 9  |
| OBJETIVOS.....   | 10 |
| OBJETIVOS GENERALES.....   | 10 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 10 |
| PROBLEMÁTICA.....  | 12 |
| ANTECEDENTES DE MINERA ESCONDIDA.....  | 13 |
| CLASIFICACIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO .....  | 23 |
| ERP, ENTERPRISE RESOURCE PLANNING .....  | 25 |
| SAP .....  | 26 |
| MÓDULO MANTENIMIENTO DE PLANTA (PM) .....  | 28 |
| CONFIGURACIÓN DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DESPLEGADA EN<br>SAP .....                          | 30 |
| DESCRIPCIÓN GENERAL DE EQUIPOS DE CHANCADO FINO .....  | 35 |
| CAPÍTULO I.....  | 42 |
| 1. MEJORA DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO .....  | 42 |
| 1.1. DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS. DIAGRAMA LÓGICO .....                                    | 42 |
| 1.1.1. DIAGRAMAS DE SUBSISTEMAS .....  | 43 |
| 1.1.2. ANÁLISIS CUALITATIVO DETERMINANTE DE CRITICIDAD DE LOS<br>EQUIPOS.....                    | 48 |
| 1.2. REVISIÓN DE ESTRATEGIAS .....   | 53 |
| 1.3. ANALISIS DE DATOS DE REGISTRO DE DETENCION .....  | 57 |
| 1.3.1. PARETO .....  | 58 |
| 1.3.2. JACK-KNIFE.....   | 61 |
| 1.3.3 ELIMINACIÓN DE DETENCIONES NO PROGRAMADAS DE LOS<br>RESULTADOS DE PARETO Y JACK-KNIFE..... | 67 |
| 2. OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE ÁREA SECA.....                                 | 78 |
| 2.1. REPROGRAMACIÓN DE CALENDARIO DE DETENCIONES SEGÚN<br>ESTRATEGIA.....                        | 78 |
| 2.1.1. RESULTADOS .....  | 86 |

|                    |   |     |
|--------------------|---|-----|
| 2.2.               | MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO .....   | 92  |
| 2.2.1.             | VERIFICACIÓN DE COMPONENTES EN HOJAS DE RUTA SEGÚN<br>ESTRATEGIA Y COMPONENTES EN HOJAS DE RUTA STAND ALONE.....      | 92  |
| 2.2.2.             | LEVANTAMIENTO DE DOCUMENTOS EN HR PROVENIENTES DE<br>ESTRATEGIA.....  | 96  |
| CAPÍTULO II .....  |   | 98  |
| 3                  | MEJORA DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE: .....  | 98  |
| 3.1.               | MEJORA DE LA CALIDAD DE LA FRECUENCIA DE ACTIVIDADES DE<br>MONCON .....   | 98  |
| 3.1.1.             | RESULTADOS .....  | 102 |
| 3.2.               | IDENTIFICAR RUTAS DE MONCON CON MAYOR SOLICITUD DE HH Y<br>SUGERIR MEJORAS DE MONITOREO EN LÍNEA QUE LIBEREN RECURSOS | 103 |
| 4.                 | ANÁLISIS DE LAS OPORTUNIDADES DE EJERCICIO EN TIME ON TOOL .....  | 107 |
| 4.1.               | BRECHAS DETECTADAS Y PLANES DE ACCIÓN .....   | 114 |
| 4.2.               | HALLAZGOS .....   | 115 |
| CONCLUSIONES ..... |   | 117 |
| BIBLIOGRAFÍA.....  |   | 118 |
| ANEXOS.....        |   | 119 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 Gráfico distribución de acciones MEL (Fuente manual del participante, 2012) .....                         | 13  |
| Figura 2 Línea de tiempo expansiones. ....   | 16  |
| Figura 3 Carta de valores "Nuestra carta" .....  | 17  |
| Figura 4 Esquema proceso productivo MEL.....   | 18  |
| Figura 5 Descripción general del proceso (Fuente Consejo de Competencia Mineras) .....                             | 19  |
| Figura 6 Descripción general del proceso (Fuente Consejo de Competencia Mineras) .....                             | 20  |
| Figura 7 Descripción general del proceso (Fuente Consejo de Competencia Mineras) .....                             | 21  |
| Figura 8 Módulos SAP. Dentro del círculo rojo se enmarca el módulo de mantenimiento.....                           | 26  |
| Figura 9 Chancador giratorio (chancado primario).....  | 35  |
| Figura 10 Chancador cónico (chancado secundario) .....   | 36  |
| Figura 11 Chancador cónico (chancado terciario) .....  | 36  |
| Figura 12 Chancador cónico en corte.....   | 36  |
| Figura 13 Fenómeno de estratificación y etapas de clasificación por saturación y clasificación por repetición..... | 37  |
| Figura 14 Harnero vibratorio recto e inclinado .....   | 38  |
| Figura 15 Harnero Vibratorio tipo banana .....   | 38  |
| Figura 16 Alimentador plano con placas anti escurrimientos .....   | 39  |
| Figura 17 Alimentador con polines inclinados y correa acanalada.....   | 39  |
| Figura 18 Tripper montado sobre correa transportadora.....   | 40  |
| Figura 19 Cinta transportadora.....  | 40  |
| Figura 20 Tambor aglomerador en operación .....  | 41  |
| Figura 21 Diagrama lógico Alimentación desde Stockpile.....  | 44  |
| Figura 22 Diagrama lógico Harneado y Chancado Secundario .....   | 44  |
| Figura 23 Diagrama lógico Harneado Terciario .....   | 45  |
| Figura 24 Diagrama lógico Chancado Terciario .....   | 46  |
| Figura 25 Diagrama lógico Transporte Material Área Chancado .....  | 47  |
| Figura 26 Diagrama lógico Aglomerado.....  | 47  |
| Figura 27 Diagrama de Pareto de componentes que fallan .....   | 59  |
| Figura 28 Ejemplo cuadrantes Jack-Knife. (Fuente, Peter F. Knights).....   | 61  |
| Figura 30 Diagrama de Jack Knife.....  | 63  |
| Figura 32 Calendario Original de detenciones FY16.....   | 78  |
| Figura 33 Modificación Calendario de detenciones FY16.....   | 84  |
| Figura 34 Gráfico de la cantidad de documentos cargados en HR (SAP) por puesto de trabajo (WRC).....               | 97  |
| Figura 35 N° de O.T (PM02) y porcentaje de avisos subsecuentes generados en puesto de trabajo MN39 .....           | 99  |
| Figura 36 Gráfica con los mayores consumos de HH por ruta de trabajo .....   | 105 |

## NOMENCLATURA Y ABREVIACIONES

- A&I: Analysis and Improvement (Análisis y Mejoramiento)
- EPP: Elementos de Protección Personal
- FY: Fiscal Year (Año Fiscal, inicio en Julio y termino en Agosto)
- HR: Hoja de ruta
- HRSA: Hoja de Ruta Stand Alone
- ITEM: En mantenimiento, término general para indicar un equipo, obra o instalación.
- KPT: Key Process Type (Acceso a SAP\*)
- M.I.: Maintenance Item (Item Mantenable)
- M.N.P.: Mantenimiento no Programado
- MonCon: Monitoreo de Condiciones
- M.P.: Mantenimiento Programado
- M.W.C.: Main Work center (Puesto de trabajo principal, en SAP\*)
- OLAP: Proyecto de cambio a pila dinámica
- O.T.: Orden de trabajo
- P.M.: Mantenimiento de planta (Plant Maintenance)
- R.C.A.: Análisis Cauza Raíz
- R.C.M.: Mantenimineto centrado en la confiabilidad (Reliability Centered Maintenance)
- S.D.: Shut Down
- T.C.: Tiempo Calendario
- T.D.: Tiempo Disponible
- WRC: Work Resource Center (Puesto de trabajo responsable SAP)



## INTRODUCCIÓN

En la carrera por posicionarse como empresa líder de cualquier industria, se trabaja constantemente en aumentar los niveles de producción y disminuir los costos permitiendo conseguir con esto mayores utilidades.

Existen variadas fórmulas para conseguir ser más competitivo dependiendo de los requerimientos y del sector de la industria. Pero, como regla general, una muy buena estrategia es manejar de manera eficiente los recursos o activos disponibles de la empresa. Siendo en este punto donde se desarrollará el presente trabajo de Habilitación Profesional.

El contexto se enmarca en la compañía minera “Minera Escondida Limitada”, ubicada a 170 km al sur-este de Antofagasta, en la Gerencia de Mantención Cátodos correspondiente a la línea productiva de Óxidos.

El tema nace en conjunto al análisis propuesto por el Gerente, la Superintendente y el Ingeniero de confiabilidad de A&I, del departamento de Mantención Cátodos. Donde se llega a la conclusión de trabajar en mejorar el plan de mantenimiento del Área Seca (Chancado fino), debido a la cantidad de fallas repetitivas y deficiencias existentes en el sistema de gestión que se traducen en altos costos de mantenimiento, bajas en producción y menores utilidades.

El desarrollo de este trabajo comienza con levantar información referente a las características de los distintos equipos con sus respectivas estrategias de mantenimiento, dichos equipos se deben clasificar por su importancia o criticidad dentro de la línea de producción, generando diagramas lógicos que lo demuestren. Una vez definida la criticidad de los equipos es importante revisar el historial de fallas que estos presenten, enfocándose en las detenciones no programadas, buscando mejorar el sistema para que no vuelvan a ocurrir tales eventualidades.

Luego, se trabajará en mejorar la programación del mantenimiento planificado esperando conseguir un aumento en la disponibilidad de los equipos. También, se busca mejorar la calidad de la información del sistema y aumentar la productividad de la planta disminuyendo las pérdidas de efectividad en el trabajo junto con la liberación de recursos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES.**

- 1.- Identificar, estudiar y analizar los equipos críticos pertenecientes al Área Seca (Chancado Fino) para luego, mejorar y optimizar la calidad de la estrategia de mantenimiento.
- 2.- Mejorar la productividad en el mantenimiento a través de tecnologías y planes de trabajo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.1 Mejora de la estrategia a través de:
  - 1.1.1 Determinación de equipos críticos, diagramas lógicos. Revisión de estrategias.
  - 1.1.2 Análisis de detenciones no programadas utilizando métodos de Pareto y Jack Knife.
  - 1.1.3 Incorporación y/o corrección de estrategias.
- 1.2 Optimización de estrategia de mantenimiento de área seca a través de:
  - 1.2.1 Reprogramación calendario de detenciones según estrategia.
  - 1.2.3 Mejorar la calidad de los planes de mantenimiento. Verificación y carga de componentes en HR y HRSA. Levantamiento de documentos en HR provenientes de estrategia.

2.1 Mejora de productividad en el mantenimiento a través de:

2.1.1 Mejora de la calidad de la frecuencia de las actividades de monitoreo de condiciones.

2.1.2 Identificar rutas de MONCON con mayor solicitud de HH y sugerir tecnologías de monitoreo en línea que liberen recursos.

2.2 Plan de trabajo para llegar a Benchmark de la industria en Time on tool

2.2.1 Análisis de las oportunidades de Ejercicio Time on Tool.

2.2.2 Crear plan de trabajo para cada brecha detectada.

## **PROBLEMÁTICA**

Actualmente la industria minera en Chile y el Mundo se enfrenta a grandes desafíos para seguir siendo competitiva. Por un lado están los precios del cobre a la baja llegando hasta los 221,716 ¢US\$/lb (Fuente bolsa de metales de Londres, 24/08/2015), y por otro el alto costo energético junto al déficit ya anunciado de agua. Es por esto que los recursos se deben manejar de manera eficiente y aprovechar hasta el último peso en la producción de cobre.

Mantenimiento Cátodos es un área muy importante dentro de la mina, ya que cuenta con un presupuesto considerablemente grande y gastos elevados lo que la hace un área crítica a la hora de ahorrar costos y aumentar las utilidades.

Analizando las áreas que posee “Cátodos” se determinó que Chancado fino presenta oportunidades de mejora en la calidad de su estrategia de mantenimiento.

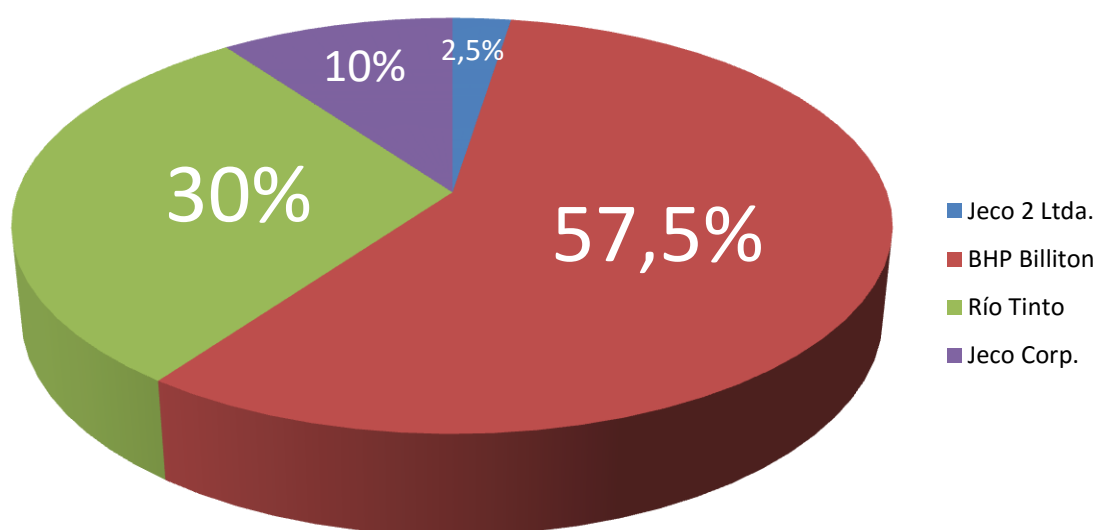
Por lo tanto, para poder conseguir dichos ahorros es que se trabajará en mejorar el plan de mantenimiento buscando disminuir y/o eliminar fallas repetitivas, revisar el estado de la actual estrategia, aumentar la disponibilidad de los equipos, liberar recursos, y en definitiva, buscar nuevas oportunidades donde se pueda mejorar.

## ANTECEDENTES DE MINERA ESCONDIDA

Empresa minera dedicada a la extracción de cobre desde los yacimientos que ha recibido en concesión en la Región de Antofagasta, Chile. El yacimiento geológico principal explotado es La Escondida, la mina a rajo abierto que más cobre produce en el mundo (la de mayor tamaño es Chuquicamata) y, que se encuentra ubicada a 170 km al sureste de la ciudad de Antofagasta.

El principal producto es el concentrado de cobre y los cátodos del mismo material, obtenidos del yacimiento tras el movimiento de más de 350 millones de toneladas de material al año. La construcción de la mina se inició en agosto del año 1988, e inició sus procedimientos en noviembre de 1990.

La actual estructura de propiedad de Minera Escondida considera:



**Figura 1 Gráfico distribución de acciones MEL (Fuente manual del participante, 2012)**

## HISTORIA MINERA ESCONDIDA

En 1978 se dio inicio al “Proyecto Exploración Atacama” impulsado por la minera Utah, para explorar el norte de Chile en busca de depósitos minerales a partir de la positiva evaluación hecha dos años antes.

Las exploraciones abarcaron inicialmente de la Quebrada de Camarones, por el norte, en la zona de Arica, hasta las cercanías de Vallenar, por el sur.

Sucesos que marcaron la historia.

*14 de marzo de 1981*

Este día marca el comienzo como Compañía, ya que tras vanos sondajes en la zona de Zaldívar, la tendencia de los geólogos Francisco Ortiz (Chileno) y David Lowell (Estadounidense) llevó al descubrimiento del famoso Pozo 6, donde se encontraría Escondida a 240 metros de profundidad.

*1983*

Tras el descubrimiento del yacimiento se comenzó a construir un pique de exploración y seis galerías en el Pozo 6. Esto, con el objetivo de captar la mayor cantidad de muestras, para ser procesadas en California, Estados Unidos, por una planta piloto de Utah-BHP

Paralelamente, se realizaron trescientos sondajes extras para dimensionar el potencial cuprífero del yacimiento. El resultado de este proceso arrojó que el tamaño del yacimiento era seis veces más grande que lo pensado originalmente, de 250 a 300 millones de toneladas.

Inicio de operaciones

*Día de la decisión*

El 25 de Julio de 1988 se dio el comienzo oficial a la construcción de Escondida, fecha conmemorada como “Día de la Decisión”. El énfasis estuvo puesto en las faenas, desde donde se extraerían más de 180 millones de toneladas de material estéril para dar inicio al proceso de producción cuanto antes.

*23 de octubre de 1988*

El hito que marcó la transición entre la fase de exploración y la explotación minera fue la primera tronadura, en la cota 3.130 de la ladera sur del cerro Colorado Chico, a cargo del jefe de la Mina, Jorge Muñoz del Pino, quien dirigió la primera perforación y carguío de aquel disparo.

*Puesta en marcha**Primer embarque*

El 31 de Diciembre de 1990 partió el embarque con 25 mil toneladas de concentrado de cobre desde Puerto Coloso con destino a Japón.

*Inauguración oficial*

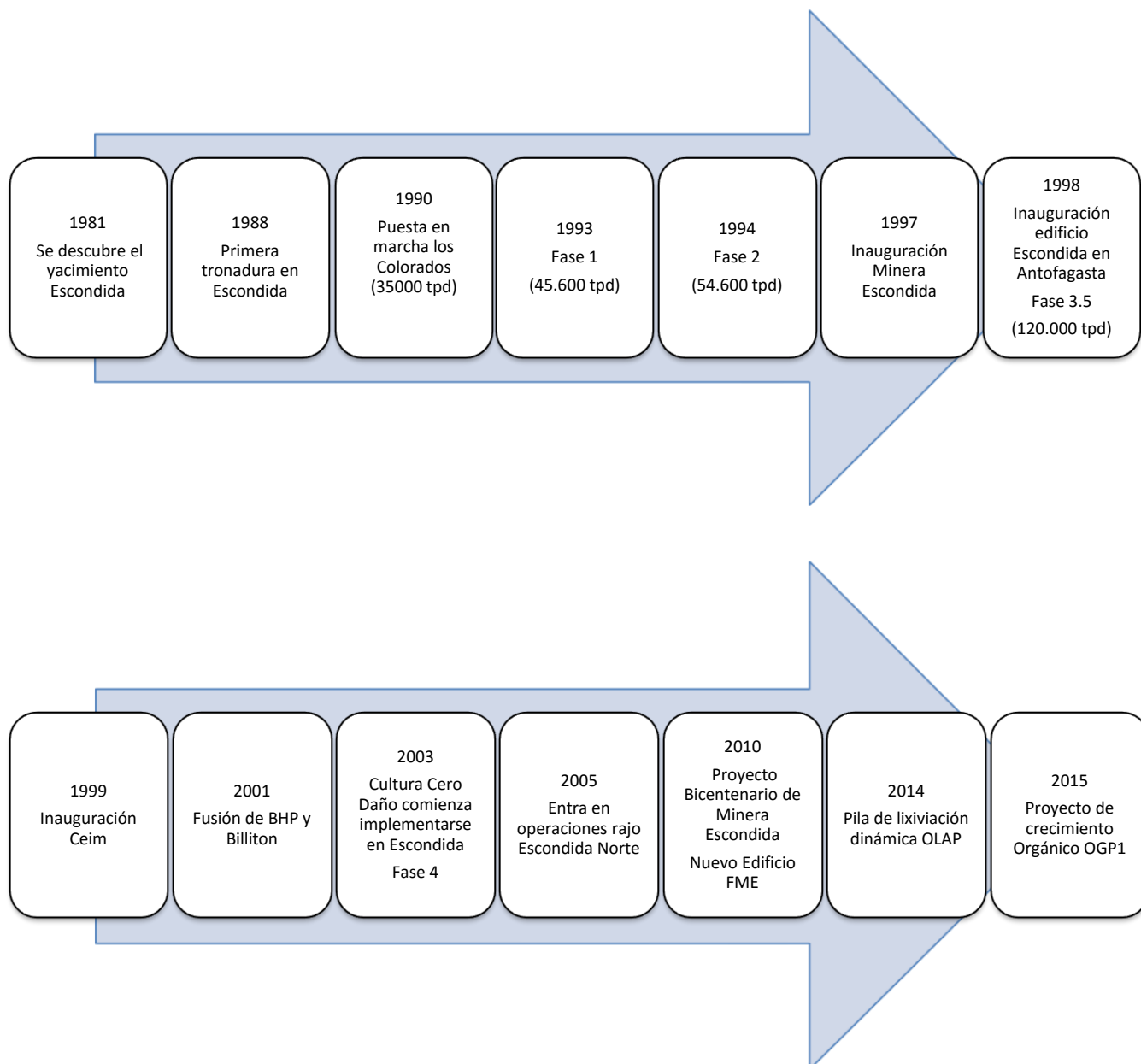
El 14 de marzo de 1991 fue la inauguración oficial, en honor a su descubrimiento, ocurrido 10 años antes. Una vez descubierto el yacimiento, comenzaron a realizarse arduos trabajos para iniciar las operaciones.

A la fecha de la inauguración oficial, Minera Escondida contaba con la mejor tecnología disponible en el mundo, además de importantes avances, como:

- Planta concentradora Los Colorados, con capacidad para procesar 35mil tpd.
- Mineroducto de 170 kilómetros de largo.
- Un yacimiento a rajo abierto
- Campamento para 2500 personas.
- Puerto Coloso
- 400 viviendas para los empleados

## Expansiones

A lo largo del tiempo se han desarrollado e implementado nuevas tecnologías, como así también grandes hitos han marcado la historia.



**Figura 2 Línea de tiempo expansiones.**



## GESTIÓN, CARTA DE VALORES.

Aplica para todas las operaciones de BHP Billiton en el mundo.

Es el documento más importante de la compañía, porque en ella se basa la gestión, ya que declara quién es, qué hace y lo que busca como organización. Además, en ella se resumen y sintetizan los valores como Compañía.

Es de gran importancia conocer “Nuestra Carta”, pues guía la forma en que se trabaja y es la base de la toma de decisiones.



# Nuestra Carta

**Somos BHP Billiton, una compañía de recursos naturales líder a nivel mundial.**

**Nuestro propósito es crear valor para los accionistas en el largo plazo a través del descubrimiento, adquisición, desarrollo y comercialización de recursos naturales.**

Nuestra estrategia es poseer y operar activos de procesos primarios, de gran tamaño, larga vida, bajo costo y con potencial de crecimiento, diversificados por producto, geografía y mercado.

### Nuestros Valores

#### Sostenibilidad

Situar a la salud y la seguridad en primer lugar, ser ambientalmente responsables y apoyar a nuestras comunidades.

#### Integridad

Hacer lo correcto y cumplir con nuestra palabra.

#### Respeto

Valorar la transparencia, la confianza, el trabajo en equipo, la diversidad y las relaciones de beneficio mutuo.

#### Desempeño

Alcanzar altos resultados para el negocio, utilizando al máximo nuestras capacidades.

#### Simplicidad

Concentrar nuestros esfuerzos en lo más importante.

#### Responsabilidad

Definir y aceptar la responsabilidad, y cumplir nuestros compromisos.

#### Tenemos éxito cuando:

Nuestros empleados comienzan cada día con un sentido de propósito y lo finalizan con un sentido de logro.

Nuestras comunidades, clientes y proveedores valoran su relación con nosotros.

Nuestro portafolio de activos es de clase mundial y es desarrollado en forma sostenible.

Nuestra disciplina operacional y nuestra fortaleza económica nos permiten un crecimiento futuro.

Nuestros accionistas reciben un alto retorno sobre su inversión.

Andrew Mackenzie  
Chief Executive Officer

Mayo 2013

Figura 3 Carta de valores "Nuestra carta"

PROCESO PRODUCTIVO

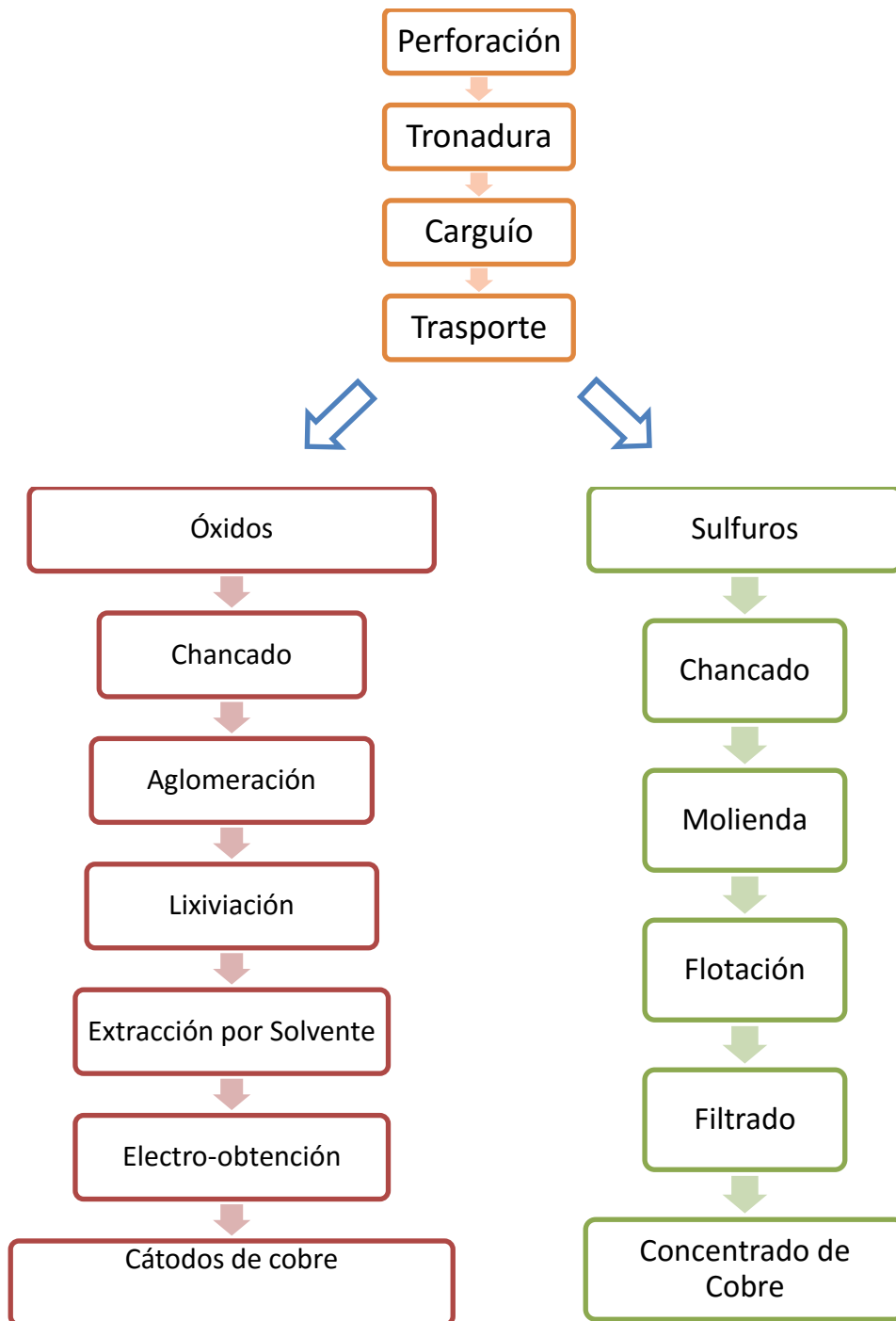
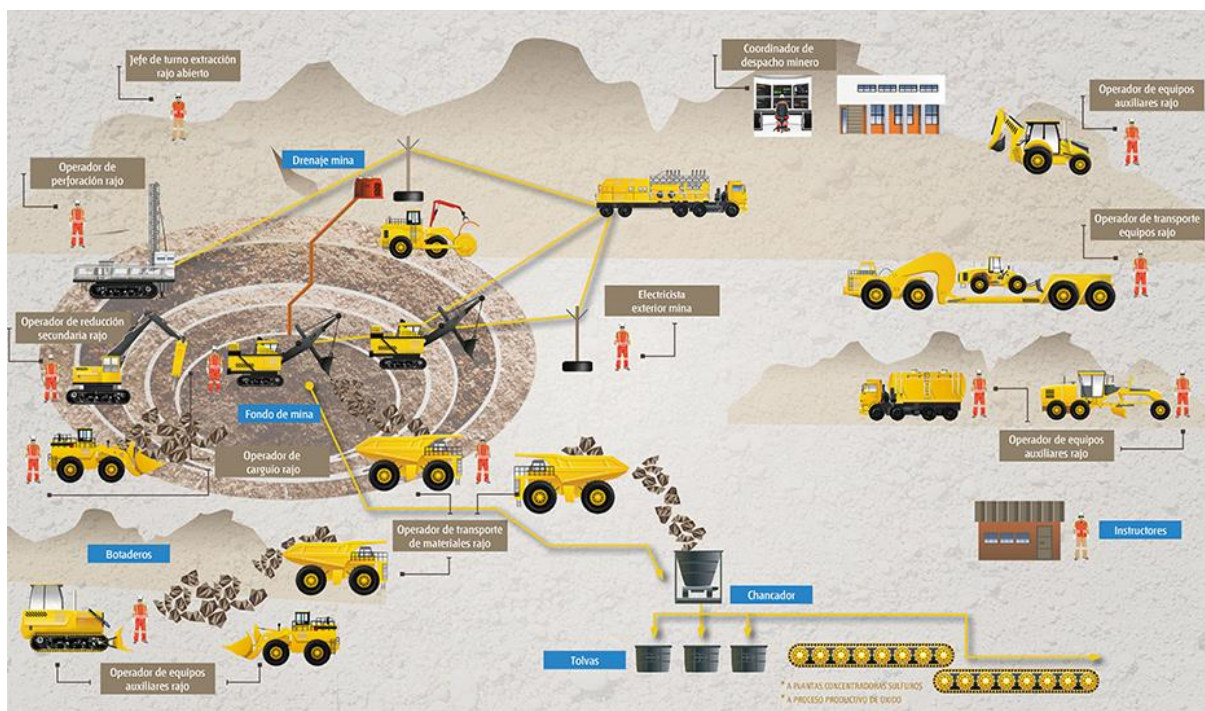


Figura 4 Esquema proceso productivo MEL

**EXTRACCIÓN: (PERFORACIÓN, TRONADURA, CARGUÍO, TRANSPORTE)**

La extracción a rajo abierto se desarrolla cuando los yacimientos presentan una forma regular y están en la superficie o cerca de ésta. Éste es el proceso por el que actualmente se extrae la gran mayoría del mineral de cobre del país. Es ampliamente conocido por las grandes dimensiones de sus faenas y equipos, los cuales son utilizados principalmente en actividades de perforación, carguío y transporte de mineral. En la actualidad existen 2 rajos: Escondida y Escondida Norte. Su diseño está basado en bancos de 10 metros de altura en las fases de trabajo y 20 metros en las paredes finales, rampas interior mina de 10% de pendiente y caminos de 30 metros de ancho. En la operación de la mina se utiliza tecnología convencional, basada en el uso de perforadoras montadas sobre orugas, cargadores frontales para la extracción y camiones para el traslado del mineral a planta, de los minerales marginales a stock y del material estéril a botaderos.

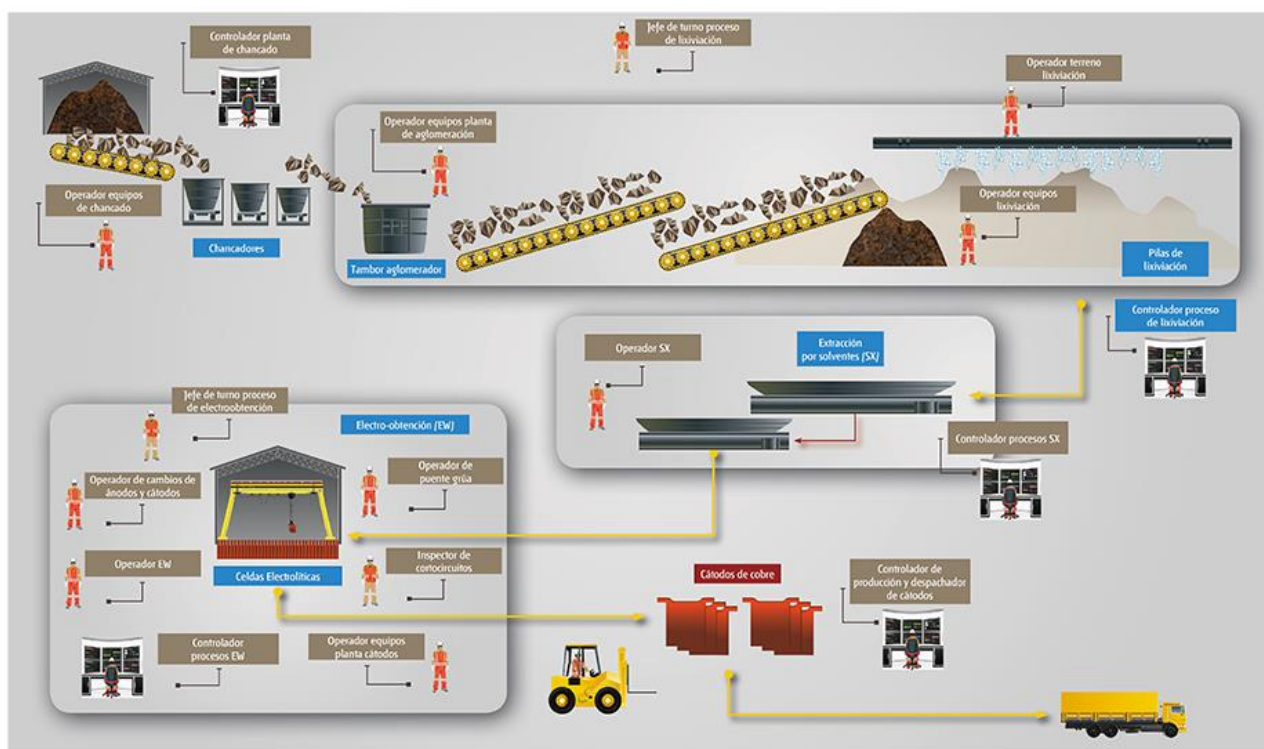


**Figura 5 Descripción general del proceso (Fuente Consejo de Competencia Mineras)**

## PRODUCCIÓN: (ÓXIDO Y SULFUROS)

### ÓXIDO

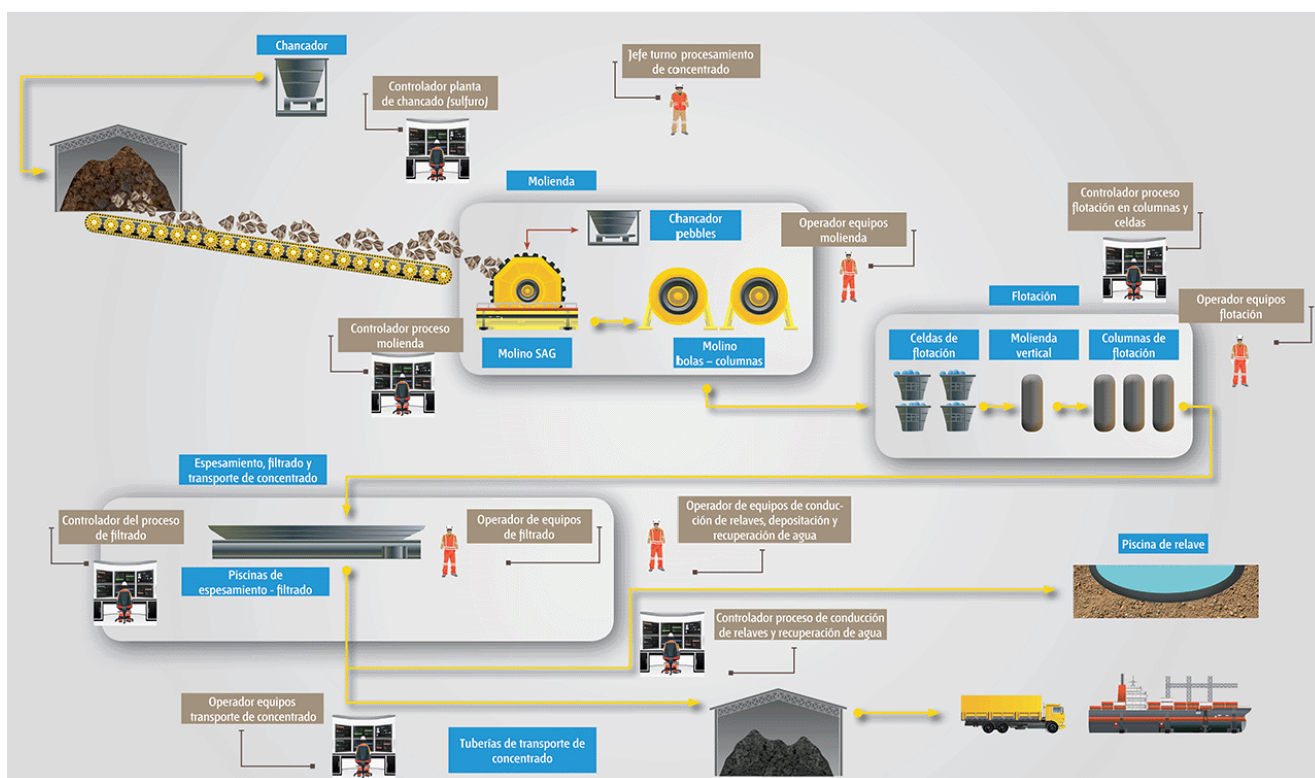
El mineral proveniente de la mina (ROM) es enviado al circuito de reducción de tamaño y clasificación (chancado primario, secundario, terciario y harneado secundario y terciario). El producto es contactado con ácido sulfúrico concentrado y refino para formar mineral aglomerado, que es transportado a la etapa de lixiviación, mediante una serie de correas transportadoras y apiladores, iniciando así el ciclo de riego mediante soluciones ácidas. Finalizado la etapa de lixiviación, el remanente o ripio es transportado a botadero, luego viene la etapa de extracción por solventes para finalmente enviar el electrolito rico a las Naves de Electro Winning donde se obtienen los cátodos de cobre.



**Figura 6 Descripción general del proceso (Fuente Consejo de Competencia Mineras)**

## SULFUROS

El proceso consiste en aumentar la concentración de cobre en base a un proceso de molienda, que reduce la granulometría del mineral chancado, y luego uno de flotación, que a través de reacciones físico-químicas separa los minerales sulfurados de cobre y otros elementos como el molibdeno. Finalmente, el proceso de espesamiento y filtrado permite reducir el porcentaje de humedad del concentrado de cobre.



**Figura 7 Descripción general del proceso (Fuente Consejo de Competencia Mineras)**

## LIXIVIACIÓN DE SULFUROS

Adicionalmente, existe una pila de sulfuros de baja ley con material directo de la mina (ROM) que es tratada con ácido sulfúrico y refino junto con 2 tipos de bacterias: *Acidithiobacillus ferrooxidans* y *Acidithiobacillus thiooxidans*; las cuales se mantienen en condiciones de temperatura, humedad y oxígeno. Dadas dichas condiciones la bacteria *ferrooxidans* oxida el ion ferroso a ion férrico y la bacteria *thiooxidans* oxida el azufre a sulfato y protones. De esta forma, se mantiene un elevado potencial redox y bajo pH que promueven la lixiviación. Luego por medio de un ducto, el decantado es llevado a extracción por solventes y finalmente se envía a las naves de electro-obtención.

## **CLASIFICACIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO**

La actividad de mantenimiento se define como las acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada. Existen varios tipos de mantenimiento, pero solo se detallarán los de mayor utilización en la industria.

### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Mantenimiento efectuado a un ítem, cuando la falla o avería ya se ha producido, restituyéndole a condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo se hace cuando ocurre una falla, se inspecciona y verifica el incidente reportado, se busca la falla y se rectifica.

Parece ser la técnica más económica en cuanto a mano de obra y materiales, pero puede ser la más cara bajo consideraciones como: seguridad industrial, costos de capital, confiabilidad del equipo, multas por discontinuar el servicio o la producción, costo de personal de reparación en espera e inventarios.

Es totalmente inaceptable para muchas industrias, porque el costo de pérdida de producción puede ser insostenible si se realiza únicamente este tipo de mantenimiento. Los daños secundarios pueden costar mucho más que el valor de un componente fallado. El mantenimiento correctivo se reserva para componentes cuya falla es inconveniente pero no crítica.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Actividades que se aplican para la conservación del material, reducir su desgaste y evitar la mala utilización, con el propósito de adelantarse a la ocurrencia de fallas. Su aplicación debe ser permanente.

El mantenimiento preventivo supone la planificación de trabajos en órdenes de trabajo que contengan los recursos adecuados e instrucciones de trabajo y seguridad, programación de trabajos periódicos de tal forma que se minimicen los paros de producción en forma efectiva y la ejecución de los trabajos se desarrolle con personal calificado.

Por otra parte, se efectúa el análisis de seguimiento y el uso de la documentación y evaluación de la información sobre la condición de cada máquina recopilada durante la ejecución del trabajo, para que finalmente la efectividad del programa de mantenimiento sea consistente y genere la confiabilidad del equipo y de los procesos de mantenimiento.

Aunque el costo del mantenimiento preventivo puede ser alto, estos costos son mucho menores que el costo de falla de equipo y de detención no programada. Esta situación se sustenta en la mayor disponibilidad del equipo, la mayor seguridad de operación, la reducción de detenciones no programadas, la mejora de los trabajos y la administración del mantenimiento.

## MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Considerado como un tipo de mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo determina el tiempo óptimo para realizar un mantenimiento específico mediante el monitoreo de la condición y utilización de cada componente. Es proactivo y a la vez reactivo. Es proactivo cuando la información permite diferir los mantenimientos programados de componentes si están operando normalmente. Es reactivo cuando la información de condición indica un problema que requiere mantenimiento correctivo.

El mantenimiento predictivo se utiliza donde el equipo es crítico para operaciones y donde el sistema de monitoreo es confiable y económico, también donde la economía de escala lo permite.

El mantenimiento predictivo requiere un sistema de monitoreo sofisticado, mantenimiento de información y evaluación continua.

El mantenimiento predictivo emplea varias tecnologías para determinar la condición del equipo o de los componentes mediante la medición y el análisis de la tendencia de parámetros físicos con el objeto de detectar, analizar y corregir problemas en los equipos antes de que se produzca una falla.



## **ERP, ENTERPRISE RESOURCE PLANNING**

ERP, que en español significa planificación de recursos empresariales, es un sistema de información creado para satisfacer la demanda de soluciones de gestión empresarial que permite a las diferentes empresas evaluar, implementar y gestionar con mayor facilidad el negocio.

Es difícil construir un único sistema que sirva tanto a las necesidades del departamento de logística, como al departamento de recursos humanos, por lo general cada uno de ellos cuenta con sistemas informáticos que optimizan sus propias actividades. ERP, en cambio, trabaja con un único sistema integrado, con una base de datos única en la que los distintos departamentos comparten la información más fácilmente entre ellos.

Este enfoque integrado con el que cuentan los ERP puede llevar a la empresa a tener un retorno financiero importante si es instalado correctamente.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS ERP**

Las principales características de un planificador de recursos empresariales son:

**Modularidad:** debido a que las empresas están conformadas por diferentes áreas que se relacionan por la información que comparten para realizar sus operaciones los ERP se encuentran divididos en módulos que se instalan dependiendo de los requerimientos de cada empresa.

**Flexible:** es posible instalar sólo algunos módulos dependiendo de la necesidad de la empresa que requiere de la implantación del ERP, sin la necesidad de instalar todo el paquete.

**Integral:** ya que permite controlar los diferentes procesos de negocio de la empresa a través de la información que ella posee y que se encuentra estrechamente relacionada.

**Adaptabilidad:** Los ERP están creados para adaptarse a las necesidades de las diferentes empresas, esto lo logra a través de la parametrización de los procesos teniendo en cuenta las entradas y salidas que cada uno de ellos requiera.

## SAP

Systems, Applications and Products in Data Processing (Sistemas, aplicaciones y productos para el procesamiento de datos). SAP es una de las principales compañías proveedoras de ERP. Fue fundada en 1972 en Alemania por cinco ex-trabajadores de IBM y ha crecido hasta convertirse en una de las mayores empresas productoras de software del mundo con oficinas en todos los continentes y sub regiones del planeta.

Es un sistema de gestión empresarial que cubre todas las necesidades de procesamiento de datos de una empresa. Es una base de datos en común accesible para un grupo completo de usuarios que consolida los datos de diversos departamentos y áreas de la empresa.

SAP está dividido en módulos, es decir está dividido en diferentes partes que se encargan de los distintos aspectos de la gestión de información de una empresa. El módulo encargado de la gestión del mantenimiento de mantención Cátodos es PM Mantenimiento.



**Figura 8 Módulos SAP. Dentro del círculo rojo se enmarca el módulo de mantenimiento**

## **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

Procesos que permiten manejar la selección, adquisición, instalación y mantenimiento de los equipos manteniendo los procesos de negocio totalmente integrados.

Es posible monitorear y mantener los activos de la compañía, planificar y controlar las órdenes de trabajo preventivo y correctivo, controlar instalaciones y estructuras de equipos, controlar costos y presupuestos de forma integrada con el resto de los equipos funcionales de SAP.

Las funciones principales de la solución SAP de mantenimiento son:

- Manejo consolidado de la información de equipos
- Mantenimiento preventivo
- Manejo integral del ciclo de órdenes de trabajo
- Mantenimiento de Planta (PM)

## **MÓDULO MANTENIMIENTO DE PLANTA (PM)**

La filosofía de SAP en el proceso del mantenimiento se enfoca en:

- Estandarizar la forma de gestionar el mantenimiento de una empresa.
- Compartir una base única de información de mantenimiento.
- La naturaleza integrada hace que las personas comprendan como operan otras funciones dentro de la misma empresa. Luego, permite integrar datos a nivel de áreas, plantas y empresa.
- Incorpora las mejores prácticas, lo que permite replantear y homogenizar las actuales prácticas de trabajo en mantenimiento.
- Conocer y evaluar el desempeño de cada unidad de negocio por separado, a fin de tomar futuras decisiones.
- La información se ingresa una sola vez al sistema (se evita ingresar y volver a ingresar, chequear y volver a chequear), y es transparente para el resto de la organización.
- Al generar una transacción, la información se conoce en tiempo real en cualquier punto de la empresa.

## **COBERTURA MANTENIMIENTO DE PLANTA**

La implementación de la gestión de mantenimiento según SAP cubre las siguientes necesidades:

- Planificación.
- Administración.
- Seguimiento.
- Control.

## **TIPOS DE MANTENIMIENTO UTILIZADOS POR SAP**

Los tipos de mantenimiento que define SAP son:

Correctivo:

- Mantenimiento más costoso y menos eficiente que el preventivo

Preventivo:

- Planificado y ejecutado en función de avisos automáticos

Predictivo:

- Planificado y ejecutado en función de avisos automáticos
- Desarrollado en función a mediciones de valores críticos
- Proceso de mejora continua y disminución de detenciones

Las funcionalidades que presta la gestión de mantenimiento de planta son:

- Gestión de avisos y órdenes de mantenimiento
- Control de horas y materiales por orden
- Análisis de costos y control de fallas
- Equipos y operadores internos y externos
- Gestión de contratos y garantías de servicio
- Unidades compatibles
- Administración de Reemplazo por Rotables

## **CONFIGURACIÓN DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DESPLEGADA EN SAP**

Para configurar la estrategia de mantenimiento se necesitan las siguientes herramientas:

- Hoja de Ruta - Pauta de Mantenimiento
- Aviso de Mantenimiento-Aviso subsecuente
- Orden de Trabajo de Mantenimiento
- Puesto de trabajo (MWC-WRC)
- Ubicación técnica
- Item Mantenable

### **HOJA DE RUTA**

Las hojas de ruta para mantenimiento contienen información de recursos para la actividad y describen una secuencia de operaciones de mantenimiento individuales que se han de realizar repetidamente dentro de la empresa. Se usan las hojas de ruta para estandarizar estas secuencias de trabajo de repetición y planificarlas con mayor eficacia. Para las hojas de ruta de MEL la información de seguridad y las pautas de trabajo son cargadas a las hojas de ruta en forma de documentos.

### **PAUTA DE MANTENIMIENTO**

Una pauta de mantenimiento corresponde a un instructivo de trabajo en donde se señalan las tareas a los equipos o ubicaciones técnicas a trabajar, la descripción del trabajo, la frecuencia, la duración, los riesgos asociados al trabajo, lista de EPP, materiales, instrumentos o herramientas, técnico responsable, puesto de trabajo y un espacio para observaciones y vistos buenos. BHP en busca de simplificar sus procesos implemento el proyecto 1 SAP en donde la Hoja de Ruta paso de tener varias tareas a solo una, donde en esta única tarea se adjunta el documento de la pauta de trabajo o mantenimiento.

## AVISOS DE MANTENIMIENTO

Este componente de aplicación se utiliza en la gestión de mantenimiento en caso de que se produzca una avería o una situación de excepción para:

- Describir la condición técnica excepcional en un objeto
- Efectuar una solicitud en el departamento de mantenimiento para poder ejecutar una medida necesaria
- Documentar el trabajo realizado

Los avisos de mantenimiento permiten documentar las medidas de mantenimiento por completo. También les confieren disponibilidad en vistas a un análisis a largo plazo. Se pueden utilizar para ejecutar planificaciones y ejecuciones preliminares de medidas.

## AVISOS SUBSECUENTES

Los avisos subsecuentes se usan cuando existen requerimientos desde un aviso de mantenimiento:

- Cuando existe un evento que requiere investigación.
- De un aviso de investigación para un aviso de requerimiento de trabajo (Cada acción correctiva y preventiva desde una investigación requiere un aviso de requerimiento de trabajo para realizar el trabajo)
- De un aviso de una inspección de orden de trabajo PM02 para un aviso de requerimiento de trabajo (el trabajo identificado dentro del alcance de la inspección requiere de un nuevo aviso de requerimiento de trabajo para realizar el trabajo)
- Vinculado de un evento o un aviso de requerimiento de trabajo a un aviso de requerimiento de trabajo adicional.

## ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Documento de planificación, programación, seguimiento de ejecución, costeo e imputación de trabajos que hace una organización de mantención para realizar un trabajo, el cual está dirigido a una o más ubicaciones técnicas, y asignado a un Grupo Planificador y uno o más Puestos de Trabajo, manejando tareas integradas, recursos de mano de obra, materiales, y servicios (internos y externos) del trabajo como es en el caso de las sub-órdenes para servicios internos derivados.

Por medio de las Órdenes de Trabajo se puede determinar inmediatamente los costos planificados y reales de:

- Tarifas unitarias (H-H, recursos)
- Precios de materiales de stock
- Precios de Solicitudes de pedido

Se puede llevar también un historial de costos reales de mantenimiento de equipos.

La creación de las órdenes de mantenimiento es a partir de planes de mantenimiento, solicitudes de mantenimiento y también se puede crear directamente.

Existen tres tipos de órdenes de trabajo, éstas son:

PM01: Orden de trabajo de carácter correctiva.

PM02: Orden de trabajo proveniente de la estrategia de mantenimiento, preventiva.

PM03: Orden de traajo con carácter de urgencia.



## PUESTO DE TRABAJO (MAIN WORK CENTER, WRC)

Corresponde a una persona o grupo de personas que ejecutan las tareas de mantenimiento planeadas o ejecutadas a través de una orden de mantenimiento.

Características:

- Se asocian a Grupos de Planificación de mantenimiento para la planificación de actividades. Por tanto es planificado.
- Se utilizan para medir las horas trabajadas, y el costo asociado en una determinada tarea.
- Tienen asociado una capacidad disponible medida en horas hombre.

## WORK RESOURCE CENTER (WRC)

Corresponde a la segunda derivada del puesto de trabajo ya que corresponde a la misma definición, con la excepción que detalla la especialidad del puesto de trabajo junto con la diferenciación entre empresa mandante y empresa colaboradora.

## UBICACIÓN TÉCNICA

Es un elemento individual dentro de una estructura jerárquica que sirve para controlar el mantenimiento.

Permite estructurar los objetos de mantenimiento de la compañía, de acuerdo a criterios espaciales, y luego operacionales. De esta forma, una ubicación técnica representa el lugar donde se encuentran los equipos y donde se llevarán a cabo las tareas de mantenimiento.

## ITEM MANTENIBLE (MAINTENANCE ITEM)

EL ítem mantenible contiene a la hoja de ruta y enlace al plan de mantenimiento sobre él en la jerarquía del plan de mantenimiento. El ítem mantenible posee información que a la vez lleva el texto corto como descripción que se transfiere al texto del encabezado de la orden de trabajo, este debe contener:

- La longitud del texto de la tarea no debe sobrepasar los 40 caracteres
- Secuencia de construcción sugerida (no mandatoria):
- Código de frecuencia (ej: 4S, 2M, 28D)
- Especialidad del trabajo (ej: Mec, Elec, Lub, etc)
- Código actividad (ej: Insp: Inspección, Camb: cambiar, etc)
- Identificador de objeto o equipo (ej: CT: Correa transportadora, Chancador: Ch, Bomba: Bba, etc)

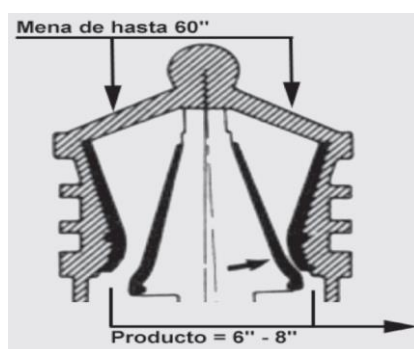
## DESCRIPCIÓN GENERAL DE EQUIPOS DE CHANCADO FINO

### CHANCADOR CÓNICO

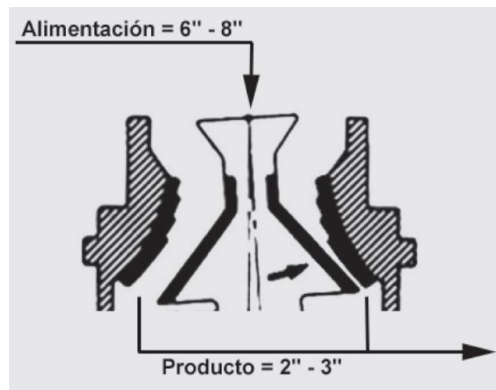
Los chancadores son máquinas reductoras de tamaño de mineral y se agrupan según el tamaño de partícula deseada y según la etapa en que se requieran utilizar, se clasifican en: primaria, secundaria y terciaria. Correspondiendo las últimas dos a Chancado Fino, proceso del área a evaluar. En chancado fino se trabaja con chancadores cónicos (Figura 10 y Figura 11) los cuales son chancadores giratorios modificados.

Los chancadores giratorios (Figura 9) están constituidos por un eje vertical (árbol) con un elemento de molienda cónico llamado cabeza, recubierto por una capa de material de alta dureza llamado manto. La cabeza se mueve en forma de elipse debido al efecto de movimiento excéntrico que le entrega el motor.

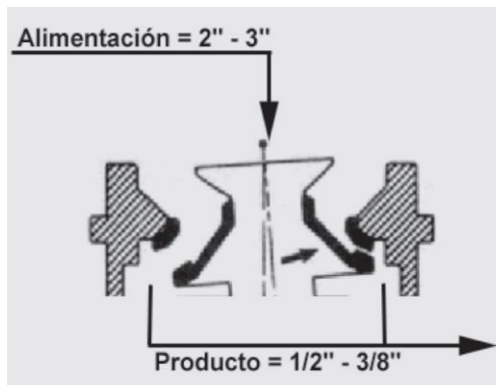
La principal diferencia es el diseño aplanado de la cámara de chancado para dar alta capacidad y alta razón de reducción del material junto con trabajar a mayores velocidades. El objetivo es retener el material por más tiempo en la cámara de chancado para realizar mayor reducción de este en su paso por la máquina. El eje vertical del chancador de cono es más corto y no está suspendido como en el giratorio sino que es soportado en un soporte universal bajo la cabeza giratoria o cono.



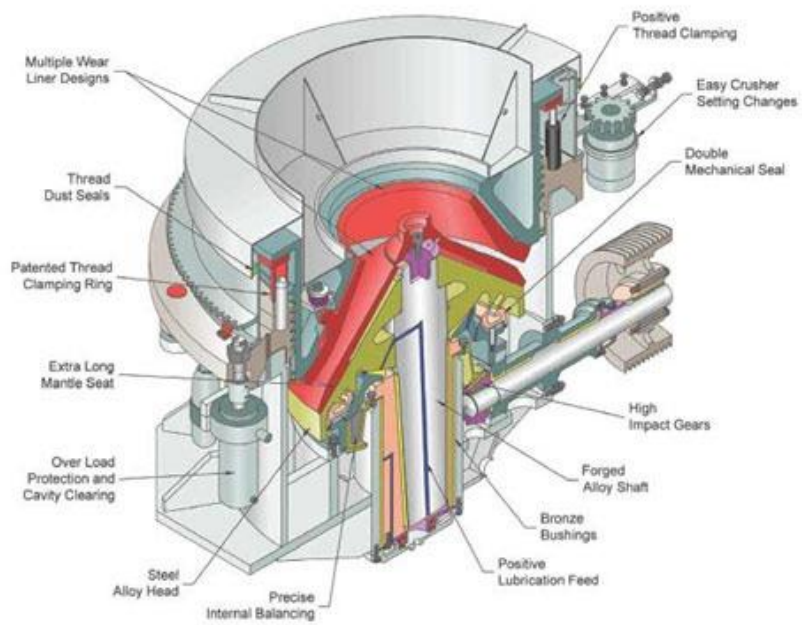
**Figura 9 Chancador giratorio (chancado primario)**



**Figura 10 Chancador cónico (chancado secundario)**



**Figura 11 Chancador cónico (chancado terciario)**



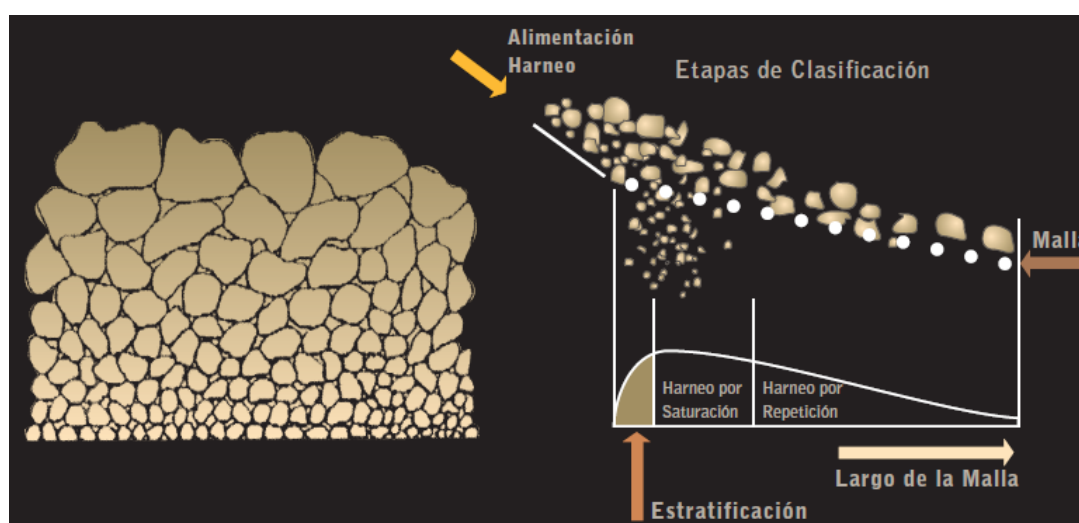
**Figura 12 Chancador cónico en corte**

## HARNERO VIBRATORIO TIPO BANANA

Los harneros son equipos que utilizan la superficie de una malla para clasificar materiales de acuerdo al tamaño de sus partículas. Las aberturas en las superficies de las mallas tienen distintos tamaños y distintas geometrías, dependiendo de la aplicación para la cual serán utilizadas (Figura 14).

Los Harneros Vibratorios se caracterizan por tener un sistema de accionamiento que cumple dos objetivos: 1) estratificar el material que llega a la malla, acercando las partículas finas a la superficie de ésta, y 2) transportar el material sobre la superficie de la malla para llevar hacia el punto de descarga a aquellas partículas que fueron rechazadas.

Durante el proceso de harneado cuando el material comienza a hacer contacto con la malla ocurre el fenómeno de estratificación, que consiste en la formación de un lecho, en el cual las partículas grandes ascienden mientras las pequeñas pasan por los espacios entre ellas, acercándose a la superficie de la malla, para ser aceptadas o rechazadas por las aberturas de ésta. Luego sigue se la Clasificación por Saturación, pues la superficie de la malla se satura con partículas pequeñas, todas tratando de pasar por las aberturas en el mismo instante y finalmente ocurre la Clasificación por Repetición (Figura 13), pues al desplazarse por la superficie de la malla, las partículas tratan una y otra vez de pasar por las aberturas, repitiéndose este proceso de prueba y error hasta que pasan o son descargadas al final de la malla.

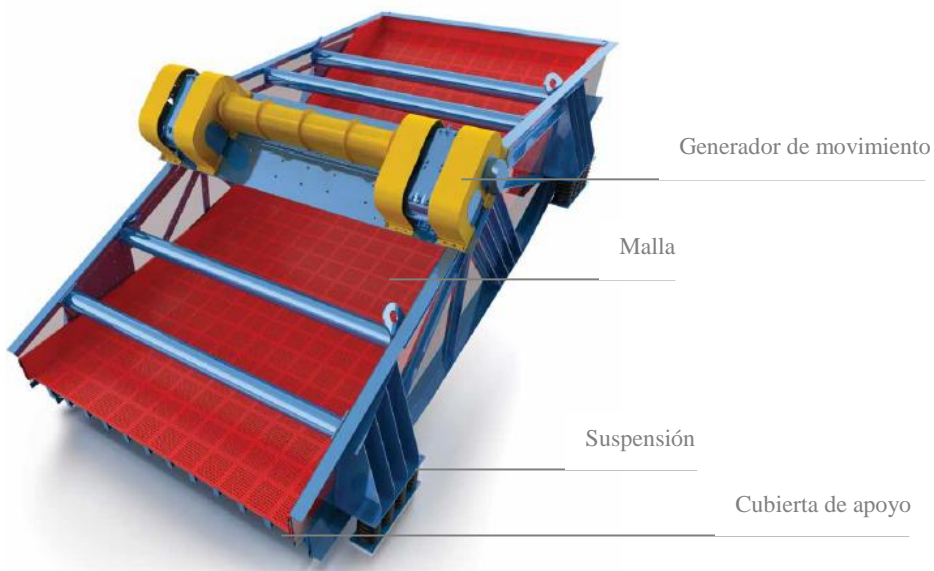


**Figura 13 Fenómeno de estratificación y etapas de clasificación por saturación y clasificación por repetición**

El harnero que usa MEL corresponde a un LINATEX tipo banana el cual difiere de los convencionales por su variabilidad de inclinaciones (Figura 15). El diseño del harnero Banana explota el fenómeno de estratificación para conseguir un proceso de harneado más eficiente que el que se efectúa sobre harneros inclinados convencionales.



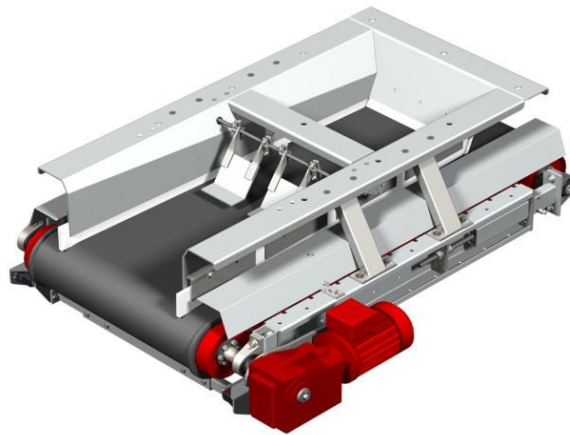
**Figura 14 Harnero vibratorio recto e inclinado**



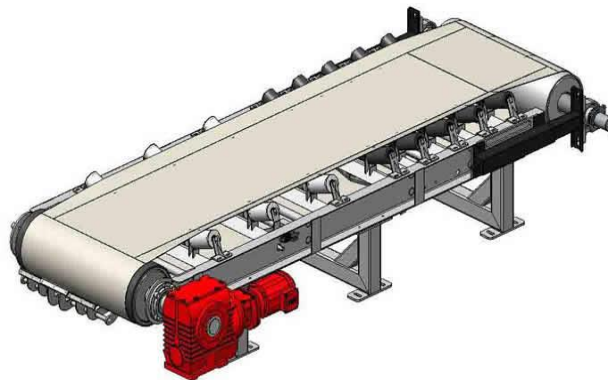
**Figura 15 Harnero Vibratorio tipo banana**

## ALIMENTADORES DE CORREA

Estas máquinas son usadas ampliamente en metalurgia para transportar mineral de un punto a otro. Como su nombre lo indica están conformados por una correa de caucho montada sobre rodillos y polines, un dispositivo tensor, sistema de potencia y una banda. Existen distintas configuraciones de correas alimentadoras, donde las más utilizadas son las correas planas con protecciones antiescurrimiento (Figura 16) y las correas con “ángulo de batea” entregado por la posición de los polines (Figura 17).



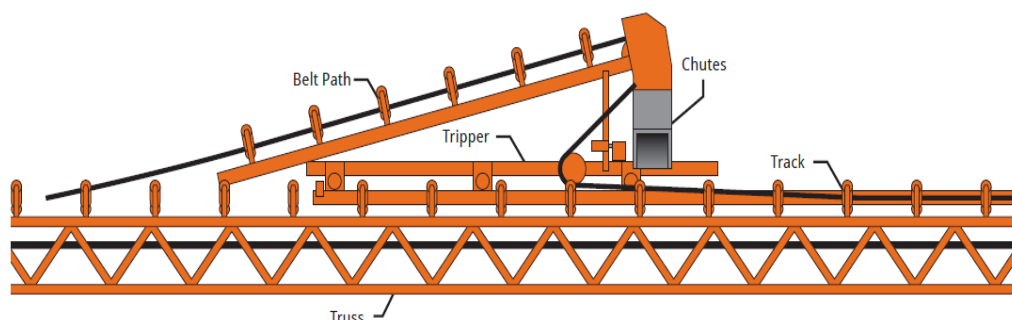
**Figura 16 Alimentador plano con placas anti escurrimientos**



**Figura 17 Alimentador con polines inclinados y correa acanalada**

## TRIPPER

Corresponde a un carro que reparte material por medio de Chutes, desplazándose sobre ruedas con bridas montadas sobre una correa transportadora. El carro se acciona eléctricamente funcionando con un sistema de poleas que lo desplaza de un lugar a otro (Figura 18).



**Figura 18 Tripper montado sobre correa transportadora**

## CORREAS TRANSPORTADORAS

Las correas transportadoras se definen como un sistema de transporte continuo de mineral fragmentado. Estas se componen por una estructura que soporta su propio peso y el del material transportado, un chute que sostiene y conduce al material, un sistema móvil de rodillos o poleas y polines que gira de forma solidaria con la cinta, dispositivo de tensado, sistema de potencia y las misma banda o cinta (Figura 19). Área seca en su totalidad posee 14 km. de correas transportadoras.



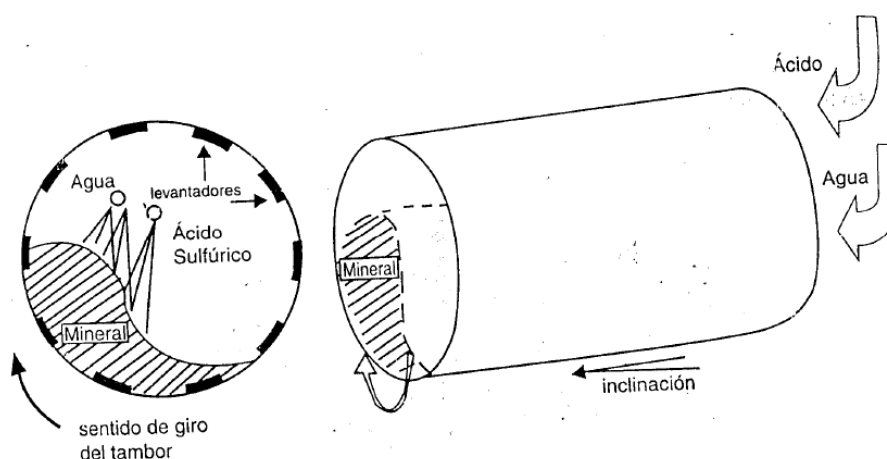
**Figura 19 Cinta transportadora**



## TAMBOR AGLOMERADOR

El proceso de aglomeración tiene como objetivo preparar el material mineralizado para la lixiviación, de manera de asegurar un buen coeficiente de permeabilidad de la solución.

El mejor equipo para lograr estos efectos, de mezcla y de aglomeración, es el tambor aglomerador (Figura 20). Éste consiste en un cilindro metálico revestido interiormente con neopreno o goma antiácida provisto de levantadores para lograr una más efectiva acción de rodado de la carga, e incluyendo en el centro las tuberías perforadas para el suministro del agua, siempre agregada primero, para humedecer el mineral, y luego, algo más al interior del tambor, para el suministro del ácido con concentrado.



**Figura 20 Tambor aglomerador en operación**

Una variante frecuente consiste en reemplazar el agua, y parte del ácido, usando soluciones pobres del proceso: refino de la planta de extracción por solventes y/o la sangría de electrolito de la electrodeposición.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MEJORA DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

#### **1.1. DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS. DIAGRAMA LÓGICO**

##### **DIAGRAMAS LÓGICOS FUNCIONALES**

A continuación se señala la configuración lógico funcional de los sistemas y subsistemas del área seca de la Gerencia de Mantención Cátodos.

Se incluyen configuraciones predeterminadas para equipos en serie, paralelo, stand-by, fraccionamiento y redundancia parcial que permiten diagramar de manera lógica-funcional todo proceso productivo en sus distintos niveles (equipos, subsistemas y componentes).

A continuación, se definirán cada una de las configuraciones utilizadas en la organización:

- **Serie**

La configuración en serie implica que la falla de cualquier elemento o subsistema constituyente provoca una detención del sistema al que pertenece.

- **Paralelo**

La configuración en paralelo relaciona a dos o más elementos siendo cada uno de ellos capaz de soportar la carga total de la etapa del proceso. Por lo tanto, se trata de sistemas totalmente redundantes.

- **Stand by**

La configuración de subsistemas en Stand By se compone de dos elementos, uno primario y otro secundario. El elemento primario opera hasta su falla y tras este evento lo reemplaza el elemento secundario, capaz de soportar en un 100% la capacidad del primario. La falla en el subsistema se verifica cuando los elementos se encuentran en un estado de falla de manera simultánea.

- Fraccionamiento

La configuración en fraccionamiento representa que dos o más elementos se reparten la carga total de trabajo, según una ponderación generalmente asociada a capacidad productiva de los elementos. A diferencia del sistema en paralelo la falla de cualquiera de los elementos supone una pérdida de capacidad que se traduce en una menor productividad.

- Redundancia parcial

El subsistema en configuración de redundancia parcial está compuesto por un conjunto de elementos, de los cuales se requiere un mínimo en estado disponible para que el sistema se encuentre en esa condición.

### **1.1.1. DIAGRAMAS DE SUBSISTEMAS**

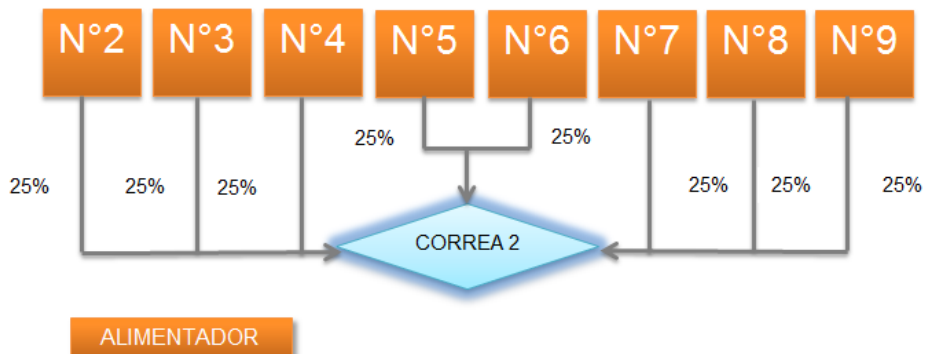
El área a considerar en área seca, chancado fino, está acotada desde los alimentadores bajo Stockpile hasta los Tambores Aglomeradores (ANEXO A).

Al analizar el área señalada, se identifican los siguientes sub-sistemas:

- Alimentación desde Stockpile
- Harneado y chancado secundario
- Harneado Terciario
- Chancado Terciario
- Transporte de material área chancado
- Aglomerado

## ALIMENTACIÓN DESDE STOCKPILE

Este subsistema está compuesto por 8 alimentadores (desde el alim. N° 2 al alim. N° 9), los cuales se encuentran en fraccionamiento entre sí y con un aporte unitario del 25%. Es decir, basta con 4 de los 8 alimentadores para pasar todo el material requerido por el proceso, por lo que el resto de los alimentadores se encuentran en stand by.



**Figura 21 Diagrama lógico Alimentación desde Stockpile**

## HARNEDO Y CHANCADO SECUNDARIO

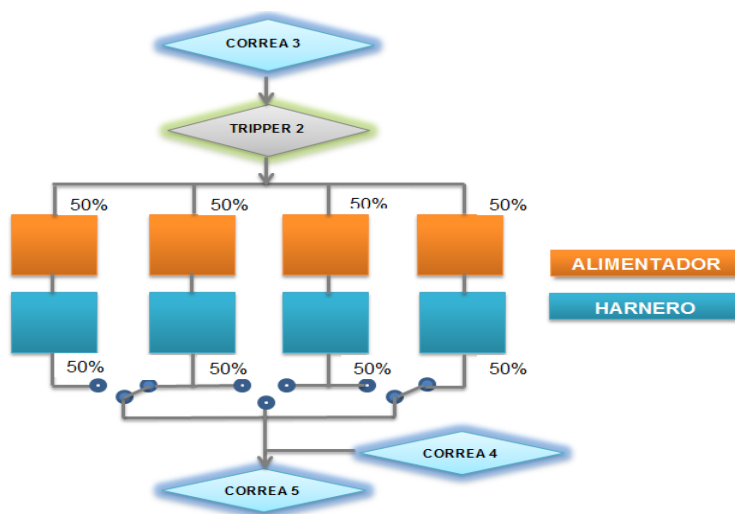
Este subsistema está compuesto por dos líneas gemelas de harneado y chancado, las cuales se encuentran fraccionadas entre sí, y donde cada una es capaz de procesar el 50% de lo requerido. Cada una de estas líneas está compuesta por un alimentador, un harnero y un chancador secundario, estos tres equipos en serie, es decir la detención de cualquier de estos equipos produce la detención de la línea a la cual pertenecen.



**Figura 22 Diagrama lógico Harneado y Chancado Secundario**

### HARNEADO TERCIARIO

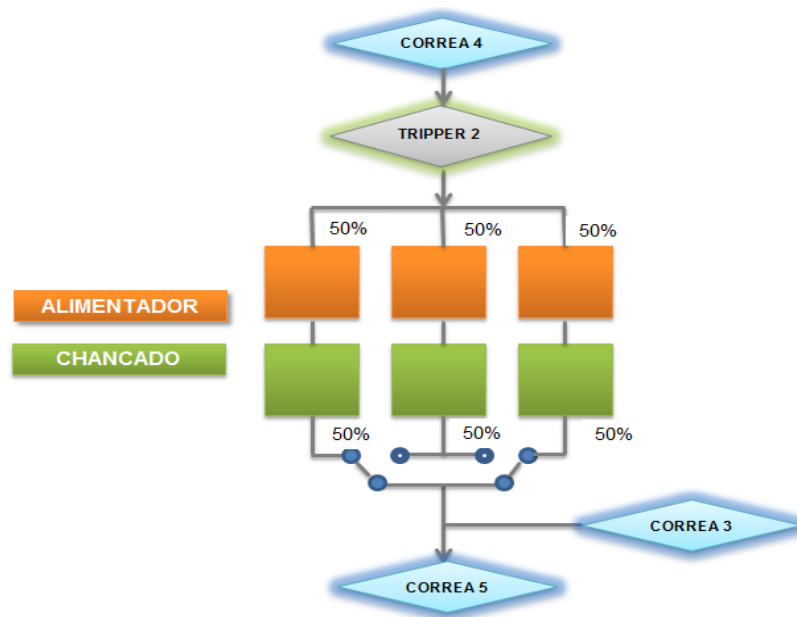
Este subsistema está compuesto por 4 líneas idénticas de harneado, cada una con capacidad de procesar el 50% de lo requerido, por lo que basta operar con dos líneas para procesar el total requerido, encontrándose entonces en fraccionamiento y stand by. Cada una de estas líneas está compuesta por un alimentador y un harnero, los cuales se encuentran en serie entre sí.



**Figura 23 Diagrama lógico Harneado Terciario**

### CHANCADO TERCIARIO

Este subsistema está compuesto por 3 líneas idénticas de chancado, cada una con capacidad de procesar el 50% de lo requerido estando en fraccionamiento, por lo que basta operar con dos líneas para procesar el total requerido estando la tercera línea en stand by, y en caso de que dos chancadores o alimentadores estén fuera de servicio, el subsistema opera al 50%. Cada una de estas líneas está compuesta por un alimentador y un chancador, los cuales se encuentran en serie entre sí.

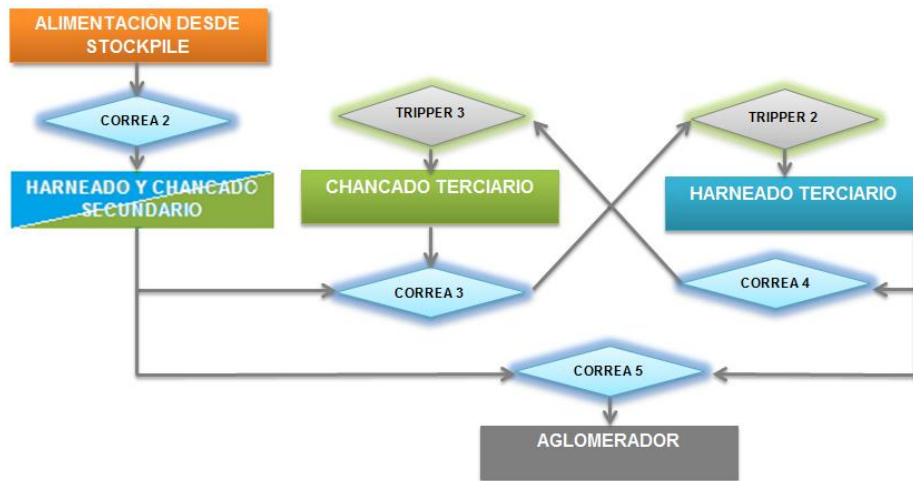


**Figura 24 Diagrama lógico Chancado Terciario**

#### TRANSPORTE DE MATERIAL ÁREA CHANCADO

Estos procesos se encuentran conectados a través de correas transportadoras, las cuales trasladan el material de un subsistema a otro. Para el área de chancado en particular, existen cuatro correas, en serie entre sí y a todos los subsistemas antes mencionados. La función de estas correas se detalla a continuación:

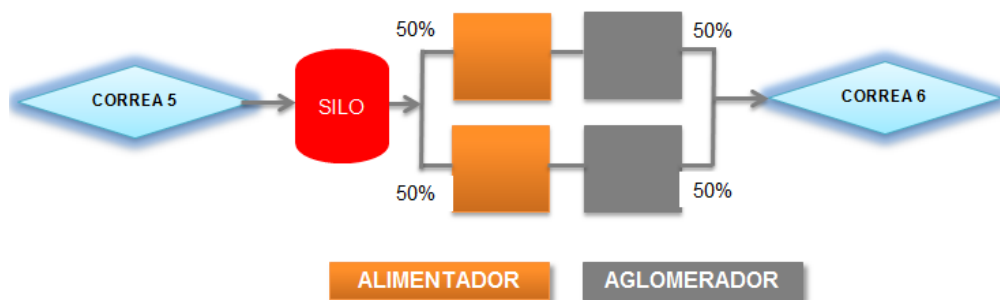
- Transportar el material desde los alimentadores de Stockpile al harneado y chancado secundario.
- Transportar el material con sobre tamaño desde el harneado y chancado secundario al harneado terciario.
- Transportar el material con sobre tamaño desde el harneado terciario al chancado terciario.
- Transportar el material de bajo tamaño desde el harneado y chancado secundario y harneado terciario al silo previo a los tambores aglomeradores.



**Figura 25 Diagrama lógico Transporte Material Área Chancado**

### AGLOMERADO

Este subsistema está compuesto por dos líneas gemelas de aglomerado, las cuales se encuentran fraccionadas entre sí, y donde cada una es capaz de procesar el 50% de lo requerido. Cada una de estas líneas está compuesta por un alimentador y un tambor aglomerado, estos dos equipos en serie, es decir la detención de cualquiera de estos equipos produce la detención de la línea a la cual pertenecen.



**Figura 26 Diagrama lógico Aglomerado**

### **1.1.2. ANÁLISIS CUALITATIVO DETERMINANTE DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS**

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo expuesto, se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

En mantenimiento, al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; también permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.



Para efectos del análisis de criticidad de los equipos, se regirá solo por el criterio de producción, puesto que se desean identificar los equipos de mayor criticidad para el análisis de detenciones no programadas (Punto 1.1.2), donde en dicho análisis se desean eliminar detenciones que resten disponibilidad a la planta.

De los diagramas lógicos funcionales, se pueden definir dos estados de criticidad:

Críticos: equipos que afectan la continuidad operacional en un 100% y hasta 50% es decir que, en caso de fallo, detienen la planta o reducen a la mitad la continuidad operacional.

No-Críticos: equipos que en su detención no detienen la planta ni merman hasta la mitad los niveles de continuidad operacional.

Según lo anteriormente expuesto, los equipos que detienen la continuidad operacional son:

Correas de transporte de mineral:

- Correa transportadora 2
- Correa transportadora 3
- Correa transportadora 4
- Correa transportadora 5
- Trippers

Y, los equipos que tienen un impacto del 50% sobre el sistema son:

Los que pertenecen a las líneas 1 y 2 de chancado secundario, y las líneas 1 y 2 de aglomerado, o sea:

Línea 1 de chancado secundario:

- Alimentador 10
- Harnero 1
- Chancador 2

Línea 2 de chancado secundario:

- Alimentador 11
- Harnero 2
- Chancador 3

Línea 1 de aglomerado:

- Alimentador 22
- Tambor Aglomerador 1

Línea 2 de aglomerado:

- Alimentador 23
- Tambor Aglomerador 2

El resto de los equipos se encuentran en sistemas redundantes en donde la falla de alguno no merma la continuidad operacional de la planta.

Línea 1 de Chancado secundario:

- Alimentador N°13
- Chancador Terc. N°5

Línea 2 de Chancado secundario:

- Alimentador N°14
- Chancador Terc. N°6

Línea 3 de Chancado secundario:

- Alimentador N°15
- Chancador Terc. N°7

Línea 1 de Harneado Secundario:

- Alimentador N°17
- Harnero Sec. N°3

Línea 2 de Harneado Secundario:

- Alimentador N°18
- Harnero Sec. N°4

Línea 3 de Harneado Secundario:

- Alimentador N°19
- Harnero Sec. N°5

Línea 4 de Harneado Secundario:

- Alimentador N°20
- Harnero Sec. N°6

**Tabla 1 Criticidad de equipos desde alimentadores de Stock Pile hasta Tambores Aglomeradores**

| Equipo                     | Continuidad operacional<br>mermada | Estado de criticidad |
|----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Correa Transportadora N° 2 | 100%                               | Crítico              |
| Correa Transportadora N° 3 | 100%                               | Crítico              |
| Correa Transportadora N° 4 | 100%                               | Crítico              |
| Correa Transportadora N° 5 | 100%                               | Crítico              |
| Tripper N°2                | 100%                               | Crítico              |
| Tripper N°3                | 100%                               | Crítico              |
| Alimentador N°10           | 50%                                | Crítico              |
| Harnero N°1                | 50%                                | Crítico              |
| Chancador Sec. N°2         | 50%                                | Crítico              |
| Alimentador N°11           | 50%                                | Crítico              |
| Harnero N°2                | 50%                                | Crítico              |
| Chancador Sec. N°3         | 50%                                | Crítico              |
| Alimentador N°22           | 50%                                | Crítico              |
| Tambor Aglomerador N°1     | 50%                                | Crítico              |
| Alimentador N°23           | 50%                                | Crítico              |
| Tambor Aglomerador N°2     | 50%                                | Crítico              |
| Alimentador N°13           | 0%                                 | No Crítico           |
| Chancador Terc. N°5        | 0%                                 | No Crítico           |
| Alimentador N°14           | 0%                                 | No Crítico           |
| Chancador Terc. N°6        | 0%                                 | No Crítico           |
| Alimentador N°15           | 0%                                 | No Crítico           |
| Chancador Terc. N°7        | 0%                                 | No Crítico           |
| Alimentador N°17           | 0%                                 | No Crítico           |
| Harnero Sec. N°3           | 0%                                 | No Crítico           |
| Alimentador N°18           | 0%                                 | No Crítico           |
| Harnero Sec. N°4           | 0%                                 | No Crítico           |
| Alimentador N°19           | 0%                                 | No Crítico           |
| Harnero Sec. N°5           | 0%                                 | No Crítico           |
| Alimentador N°20           | 0%                                 | No Crítico           |
| Harnero Sec. N°6           | 0%                                 | No Crítico           |

## 1.2. REVISIÓN DE ESTRATEGIAS

Chancado Fino como toda la planta cuenta con un plan de mantenimiento estructurado para cada equipo. El origen de la estrategia de mantenimiento nace de análisis de RCM, de la experiencia de los mantenedores y de la información de los fabricantes entregada en los manuales de los equipos. Y ante nuevas fallas o imprevistos se efectúan análisis de RCA para ir mejorando la estrategia de manera continua.

Los manuales de los equipos son una importante herramienta que provee la información técnica acerca del funcionamiento y mantenibilidad de estos. Usualmente los manuales sugieren un tipo de mantenimiento enfocado en prolongar la vida útil del sistema o equipo bajo ciertas condiciones. La complejidad del sistema o equipo determina cuanta importancia se le da al manual por parte del usuario o mantenedor.

La experiencia de los mantenedores junto con la información histórica de los equipos, da pie para desarrollar el plan de mantenimiento con el apoyo de técnicas o herramientas de análisis de fallas. Entonces, con la información obtenida de los manuales de los equipos junto a la experiencia de los mantenedores se trabaja con la técnica RCM. El proceso de análisis de RCM nace con la finalidad de eliminar detenciones imprevistas y entregar mayor disponibilidad a la planta.

Esta técnica atraviesa una serie de fases para cada uno de los sistemas en que puede descomponerse una planta industrial, las que son:

Fase 1: Definición clara de lo que se pretende implantando RCM. Determinación de indicadores, y valoración de éstos antes de iniciar el proceso.

Fase 2: Codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta. Para ello es necesario recopilar esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.

Fase 3: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Determinación de las especificaciones del sistema. Listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto. Listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.

Fase 4: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Fase 5: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Fase 6: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.

Fase 7: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Fase 8: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías: Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento, lista de repuesto que debe permanecer en stock y medidas provisionales a adoptar en caso de fallo.

Fase 9: Puesta en marcha de las medidas preventivas.

Fase 10: Evaluación de las medidas adoptadas, mediante la valoración de los indicadores seleccionados en la fase 1.

Finalmente con el plan de mantenimiento creado e implementando, al transcurrir el tiempo, cuando aparecen imprevistos o nuevas fallas, se utiliza la técnica RCA. El análisis de causa raíz (RCA), es un método de resolución de problemas dirigido a identificar sus causas o acontecimientos. La práctica de RCA se basa en el supuesto de que los problemas se resuelven mejor al tratar de corregir o eliminar las causas raíz, en vez de simplemente tratar los síntomas evidentes de inmediato.

## ESTRATEGIAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CHANCADO FINO

La estrategia creada con las técnicas y métodos anteriormente expuestos, da como resultado actividades de mantenimiento de carácter preventivo y predictivo para los distintos equipos descritos en el punto “DESCRIPCIÓN GENERAL DE EQUIPOS”, junto a sus componentes.

Estos planes están desplegados en la plataforma de SAP el cual, según la frecuencia programada, va lanzando órdenes de trabajo para que sean ejecutadas las actividades de mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento se clasifican según área, disciplina y actividad, todo aquello englobado en los puestos de trabajo principales (MWC) y los puestos de trabajo responsables (WRC).

Los puestos de trabajo principales definen el área de la planta y el puesto de trabajo responsable añade la especialidad junto a la empresa a cargo de ejecutar las actividades.

**Tabla 2 Puestos de trabajos principales con sus respectivas áreas de trabajo**

| Puesto de trabajo principal (MWC) | Área de la planta  |
|-----------------------------------|--|
| MN34                              | Mantenedores Área Seca Cátodos                           |
| MN35                              | Mantenedores Área Húmeda Cátodos                         |
| MN36                              | Mantenedores Eléctrico Instrumentista Área Seca y Húmeda |
| MN37                              | Mantenedores Lixiviación de Sulfuros Cátodos             |
| MN38                              | Mantenedores Máquina despegadora de cátodos              |
| MN39                              | Mantenedores Predictivos Área Cátodos                    |
| MN45                              | Mantenedores mecánicos OLAP Cátodos                      |
| MN46                              | Mantenedores eléctricos OLAP Cátodos                     |

En la tabla se aprecia que los puesto de trabajo principales que se encargan del área seca, chancado fino, son: MN34 y MN39, de los cuales se desglosan los puestos de trabajos responsables.

Estos puestos de trabajo responsables definen la especialidad, los equipos a mantener, las actividades a realizar y la empresa a cargo de ejecutar los trabajos (ANEXO B). Existe una modificación con el puesto de trabajo responsable MN46-E01 que paso de ser exclusivo del área de “OLAP Cátodos” a ser transversal en el área de “Cátodos”. Por lo que se suma a los puestos de trabajo principales MN34 y MN39, que se hacen cargo de la estrategia.

Una vez identificados los puestos de trabajos responsables con sus especialidades y sus actividades de mantenimiento, se procede a descargar de SAP la data que contiene todas las actividades de mantenimiento de Cátodos, para luego identificar las estrategias de mantenimiento de chancado fino. Esto se lleva a cabo por medio de las ubicaciones técnicas “2024.10.10” y “2024.10.11” que nos indican cuales son los equipos pertenecientes a “Crushing Process” y “Agglomeration Process”, límites previamente definidos para el posterior análisis de detenciones no programadas.

Se contabiliza un total de 424 M.I. para los puestos de trabajo responsables y sus respectivos equipos. En donde destacan las correas transportadoras con la mayor carga de actividades, lo cual conversa con la criticidad de los equipos anteriormente definida.

**Tabla 3 Cantidad de Maintenance Item por equipos**

| Equipos                 | Cantidad de equipos | Cantidad Maintenance Item |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Alimentadores           | 16                  | 136                       |
| Chancadores             | 5                   | 46                        |
| Correas Transportadoras | 4                   | 126                       |
| Harneros                | 6                   | 41                        |
| Trippers                | 2                   | 14                        |
| Tambores Aglomeradores  | 2                   | 61                        |
|                         | <b>Total</b>        | <b>424</b>                |



### **1.3. ANÁLISIS DE DATOS DE REGISTRO DE DETENCIÓN**

La data analizar esta comprendida entre Enero del 2014 y Enero del 2015, período en el cual ocurrieron detenciones no programadas que impactaron en el tiempo de producción. El total del tiempo detenido por causa de estas fallas fue de 374,89 horas.

Es importante mencionar que la data para el análisis no contiene información acerca de los modos de fallas que afectan a los equipos y sus respectivos componentes, solo detalla los componentes que fallan en cada equipo, por lo que se tiene que trabajar la información en conjunto a los mantenedores realizando talleres y, así identificar los modos y causas de falla de las detenciones. Dado este hallazgo, se sugiere que se mejore la calidad del registro de las detenciones para futuros análisis.

Con la data de los tiempos de las detenciones no programadas y usando los diagramas de Pareto y Jack-Knife se desea identificar las fallas recurrentes que tienen mayor impacto, los modos de falla de estos y sus causas de falla para proponer mejoras o nuevas estrategias que impidan que ocurran nuevamente dichas detenciones.

### 1.3.1. PARETO

Estos diagramas están relacionados con el conocido principio de Pareto o comúnmente conocida como “La regla 80:20”, lo que se traduce en: “La menor parte de los aportes produce la mayor parte de los resultados”.

La regla 80:20 fue creada por Vilfredo Pareto, un economista italiano que estudió la distribución de la riqueza en una serie de países por el año 1900. Él descubrió un fenómeno común: cerca del 80% de la riqueza en la mayoría de los países era controlado por una minoría consistente, cerca del 20% de la población. Pareto le llamo a esto “desequilibrio predecible”. Finalmente, sus observaciones se hicieron conocidas como la regla del 80:20 o el Principio de Pareto.

La regla del 80:20 se ha expandido desde su primer uso económico. Si bien se podría discutir acerca del 80% y 20% (es a veces 60:40 o 90:10) el conocimiento se aplica ampliamente al liderazgo y a la gestión.

Esta regla se convirtió en uno de los términos abreviados de liderazgo más conocidos, reflejando la noción de que la mayoría de los resultados (de una vida, de un programa, de una compañía financiera) viene de la menor parte del esfuerzo (o la gente o los aportes).

El proceso para desarrollar los diagramas de Pareto para el análisis de fallas consiste en obtener el listado de modos de falla, o en otra versión, los equipos que generan las detenciones o cualquier otro parámetro que se considere en analizar.

El registro debe contar con el detalle de las cantidades de detenciones para cada modo de falla y los tiempos de detención asociados a cada uno de ellos. Estos deben ser ordenados de mayor a menor y determinar el porcentaje acumulativo que tiene cada uno de los factores en el total.

## APLICACIÓN DE PARETO

Se realiza el análisis de Pareto a los componentes que fallan de chancado fino (detenciones no programadas) para visualizar cuales presentan mayor impacto, evaluando su tiempo de detención.

La información proveniente de la base de datos de MEL se procesa obteniendo una tabla con los componentes y equipos que fallan junto a sus tiempos de reparación durante enero 2014 y enero 2015 (ANEXO C).

Esta arroja 51 componentes que fallan con un total de 374,89 horas de reparación. Dicha información se procede a ordenar de manera decreciente para confeccionar la tabla y el diagrama de Pareto (ANEXO D y Figura 27).

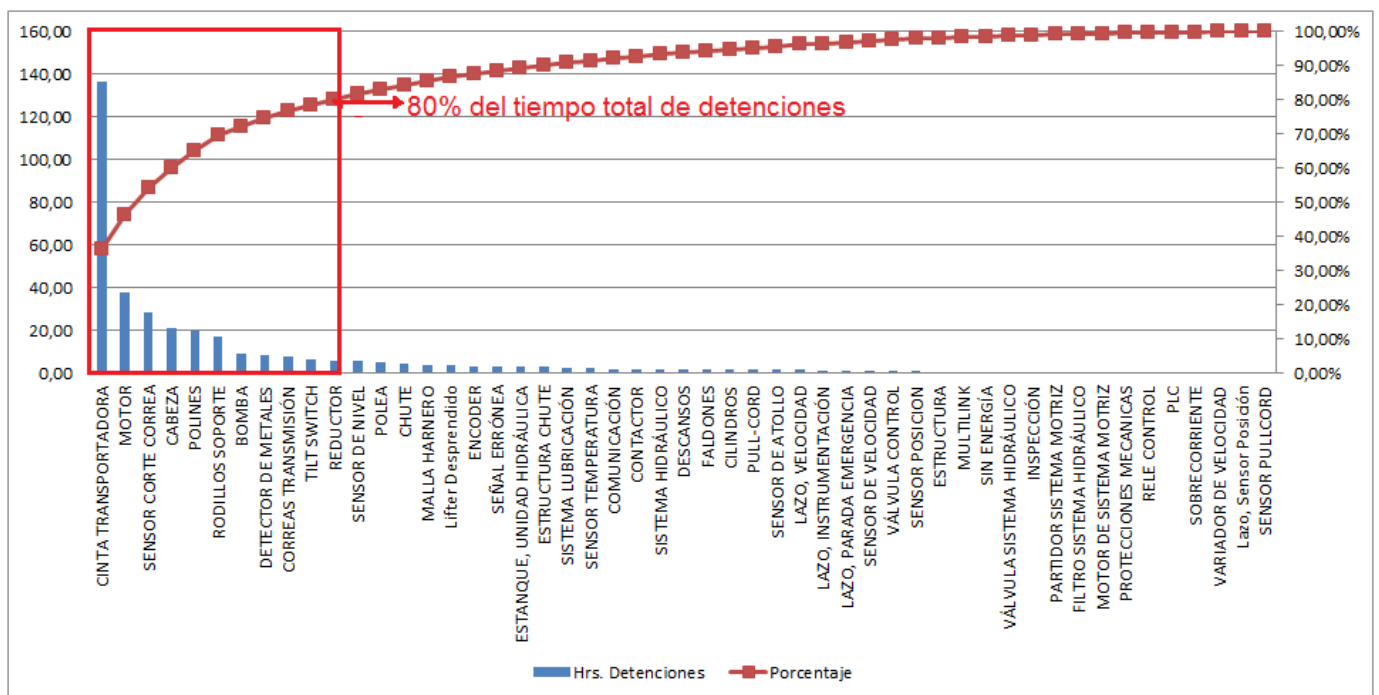


Figura 27 Diagrama de Pareto de componentes que fallan

Del diagrama de Pareto se determina que los componentes que fallan que abarcan el 80% correspondiente a los pocos vitales que hace referencia Pareto, son (Tabla 4):

**Tabla 4 Resultado de pareto del 80% de componentes que fallan**

| Componente que falla        | Equipo   | Hrs detención | %      | % Acumulado |
|-----------------------------|--|---------------|--------|-------------|
| <b>CINTA TRANSPORTADORA</b> | Feeder 23<br>Alimentador 11<br>Alimentador 17<br>Alimentador 18<br>Alimentador 8<br>Correa 2<br>Electroiman correa 2 | 136,67        | 36,46% | 36,46%      |
| <b>MOTOR</b>                | Alimentador 10<br>Alimentador 18<br>Correa 3<br>Correa 5   | 37,92         | 10,11% | 46,57%      |
| <b>SENSOR CORTE CORREA</b>  | Correa 2<br>Correa 5   | 28,92         | 7,71%  | 54,28%      |
| <b>CABEZA</b>               | Chancador 3  | 21,25         | 5,67%  | 59,95%      |
| <b>POLINES</b>              | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | 19,83         | 5,29%  | 65,24%      |
| <b>RODILLOS SOPORTE</b>     | Tambor 1<br>Tambor 2   | 17,00         | 4,53%  | 69,78%      |
| <b>BOMBA</b>                | Chancador 3<br>Chancador 6   | 9,33          | 2,49%  | 72,26%      |
| <b>DETECTOR DE METALES</b>  | Correa 2<br>Correa 4   | 8,83          | 2,35%  | 74,62%      |
| <b>CORREAS TRANSMISIÓN</b>  | Harnero 1<br>Harnero 2   | 7,92          | 2,11%  | 76,73%      |
| <b>TILT SWITCH</b>          | Alimentador 11<br>Correa 2<br>Correa 3<br>Harnero 1  | 6,75          | 1,80%  | 78,53%      |
| <b>REDUCTOR</b>             | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | 6,17          | 1,64%  | 80,18%      |

Los resultados obtenidos se compararán con los resultados que se obtendrán del análisis de Jack Knife, estos se intersectarán para determinar los componente que fallan de mayor prioriad.

### 1.3.2. JACK-KNIFE

El método de Jackknife es una técnica de priorización, basada en los métodos de dispersión logarítmica, el cual utiliza como base el tiempo promedio de reparación (MTTR) y el número de fallas asociadas al equipo. Este método se utiliza principalmente para la clasificación de problemas que causan los tiempos de detención de los equipos y para clasificar los equipos de acuerdo a sus fallas.

El gráfico de Jackknife puede ser dividido en 4 cuadrantes:

- Cuadrante superior izquierdo (Primer cuadrante): Corresponden a las fallas agudas (falla controlada pero el equipo esta largo tiempo fuera de servicio)
- Cuadrante inferior izquierdo (Segundo cuadrante): corresponde a una falla leve (falla con bajo tiempo de reparación y baja frecuencia).
- Cuadrante inferior derecho (Tercer cuadrante): corresponden a las fallas crónicas (falla con bajo tiempo de reparación; pero alta frecuencia)
- Cuadrante superior derecho (Cuarto cuadrante): corresponde a una falla aguda y crónica (falla con largo tiempo fuera de servicio y alta frecuencia).

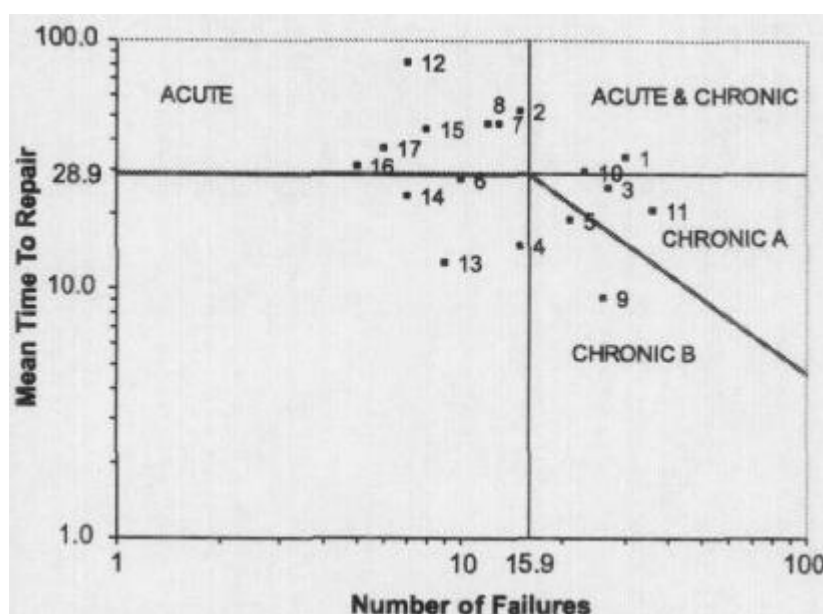


Figura 28 Ejemplo cuadrantes Jack-Knife. (Fuente, Peter F. Knights)

Estos cuadrantes son formados mediante dos límites, Limite MTTR, Limite de detenciones. Estos límites pueden ser establecidos mediante criterios del área de mantenimiento o mediante cálculos dependientes de magnitudes relativas. Un acercamiento que permite determinar valores relativos es utilizar valores promedios como los siguientes:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total falla}}{N^{\circ} \text{ detenciones}} \quad (\text{EC. 1})$$

$$\text{Limite MTTR} = \frac{\Sigma \text{ tiempo total falla}}{\Sigma N^{\circ} \text{ detenciones}} \quad (\text{EC. 2})$$

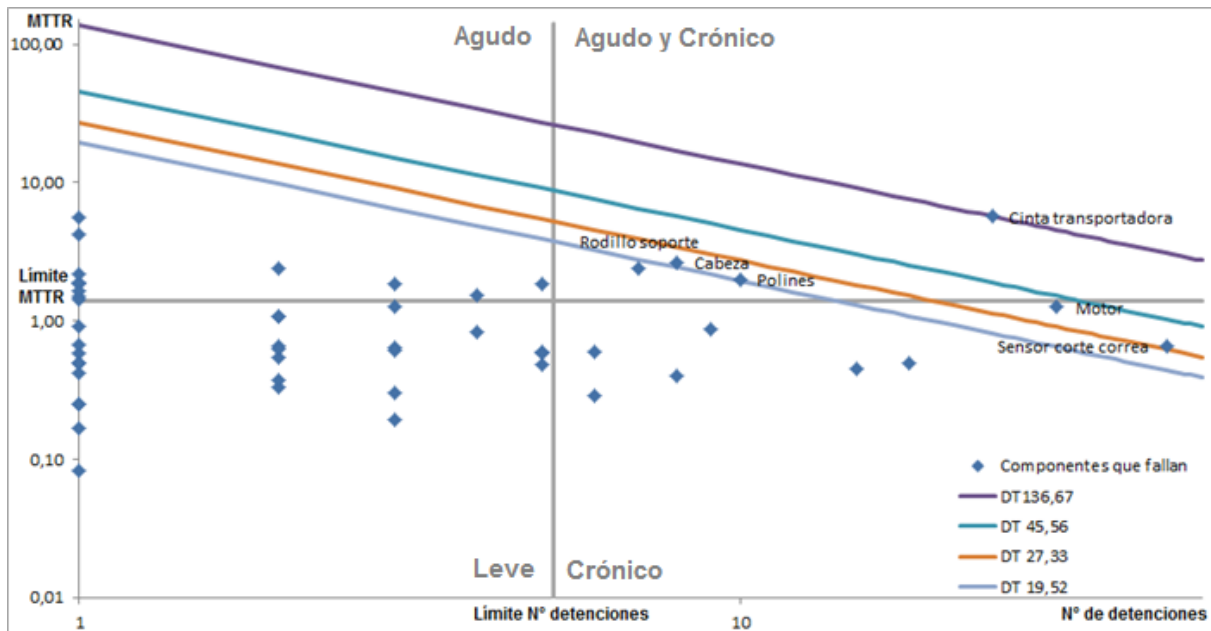
$$\text{Límite } N^{\circ} \text{ detenciones} = \frac{\Sigma N^{\circ} \text{ detenciones}}{\text{cantidad modos de falla}} \quad (\text{EC. 3})$$

Luego de definir estos parámetros se pueden obtener los límites ya mencionados.

## APLICACIÓN JACKKNIFE

En primer lugar se debe construir una tabla que contenga los componentes que fallan a evaluar, el número de detenciones, los tiempos promedios de reparación (MTTR) y los tiempos totales o tiempos de detenciones por fallas; para luego con las sumatorias obtenidas, graficar los límites anteriormente definidos (ANEXO E). Con dicha Tabla se grafican los puntos en dispersión.

Para continuar con la confección del diagrama se requiere una tabla adicional, “Down Time” (ANEXO F), que contenga series de tiempos de detenciones, comenzando por la de mayor duración y, luego con estimaciones fraccionarias para representar curvas de iso-indisponibilidad en el gráfico. Luego, se aplica escala logarítmica para obtener el Diagrama de Jack Knife con curvas Down Time (DT) o de iso-indisponibilidad (Figura 29).



**Figura 29 Diagrama de Jack Knife**

Del diagrama de Jack Knife se determina que los componentes que fallan que presentan mayor criticidad y problemas de disponibilidad son los que están por sobre las curvas de iso-indisponibilidad y en el cuarto cuadrante crítico (Figura 29). Cabe destacar, que se considera dentro de los resultados de Jack Knife, el componente que falla “Rodillo Soporte” por presentar proximidad a la curva DT 19,52 y estar ubicado en el cuarto cuadrante correspondiente a fallas agudas y crónicas.

**Tabla 5 Componentes que fallan con mayor criticidad según iso-indisponibilidad del diagrama de Jack Knife**

| <b>Codigo</b> | <b>Equipo</b>  | <b>Componente que falla</b> | <b>MTTR</b> | <b>DT</b>   | <b>Cuadrante</b> |
|---------------|--|-----------------------------|-------------|-------------|------------------|
| 5             | Feeder 23<br>Alimentador 11<br>Alimentador 17<br>Alimentador 18<br>Alimentador 8<br>Correa 2<br>Electroiman correa 2 | <b>CINTA TRANSPORTADORA</b> | 5,69        | 136,67      | Agudo y Crónico  |
| 24            | Alimentador 10<br>Alimentador 18<br>Correa 3<br>Correa 5   | <b>MOTOR</b>                | 1,26        | 45,56       | Crónico          |
| 36            | Correa 2<br>Correa 5   | <b>SENSOR CORTE CORREA</b>  | 0,66        | 27,33       | Crónico          |
| 2             | Chancador 3  | <b>CABEZA</b>               | 2,66        | 19,52       | Agudo y Crónico  |
| 30            | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | <b>POLINES</b>              | 1,98        | 19,52       | Agudo y Crónico  |
| 35            | Tambor 1<br>Tambor 2   | <b>RODILLOS SOPORTE</b>     | 2,43        | Bajo curvas | Agudo y Crónico  |

Comparando e intersectando los resultados entregados por los análisis de Pareto y Jack Knife, se determinó seleccionar la totalidad de los componentes que fallan del análisis de Jack Knife (Tabla 5) el cual limita hasta el 69,78% del análisis de Pareto (Tabla 4).

De dicha intersección se obtienen los componentes que fallan, cuyas detenciones deben ser eliminadas.



**Tabla 6 Intersección del resultado de Jack Knife con el 80% entregado por Pareto**

| Equipo   | Componente que falla        | Equipo   | Hrs detención | %      | % Acumulado |
|--|-----------------------------|--|---------------|--------|-------------|
| Feeder 23<br>Alimentador 11<br>Alimentador 17<br>Alimentador 18<br>Alimentador 8<br>Correa 2<br>Electroiman correa 2 | <b>CINTA TRANSPORTADORA</b> | Feeder 23<br>Alimentador 11<br>Alimentador 17<br>Alimentador 18<br>Alimentador 8<br>Correa 2<br>Electroiman correa 2 | 136,67        | 36,46% | 36,46%      |
| Alimentador 10<br>Alimentador 18<br>Correa 3<br>Correa 5   | <b>MOTOR</b>                | Alimentador 10<br>Alimentador 18<br>Correa 3<br>Correa 5   | 37,92         | 10,11% | 46,57%      |
| Correa 2<br>Correa 5   | <b>SENSOR CORTE CORREA</b>  | Correa 2<br>Correa 5   | 28,92         | 7,71%  | 54,28%      |
| Chancador 3  | <b>CABEZA</b>               | Chancador 3  | 21,25         | 5,67%  | 59,95%      |
| Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | <b>POLINES</b>              | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | 19,83         | 5,29%  | 65,24%      |
| Tambor 1<br>Tambor 2   | <b>RODILLOS SOPORTE</b>     | Tambor 1<br>Tambor 2   | 17,00         | 4,53%  | 69,78%      |
| Chancador 3<br>Chancador 6   | <b>BOMBA</b>                | Chancador 3<br>Chancador 6   | 9,33          | 2,49%  | 72,26%      |
| Correa 2<br>Correa 4   | <b>DETECTOR DE METALES</b>  | Correa 2<br>Correa 4   | 8,83          | 2,35%  | 74,62%      |
| Harnero 1<br>Harnero 2   | <b>CORREAS TRANSMISIÓN</b>  | Harnero 1<br>Harnero 2   | 7,92          | 2,11%  | 76,73%      |
| Alimentador 11<br>Correa 2<br>Correa 3<br>Harnero 1  | <b>TILT SWITCH</b>          | Alimentador 11<br>Correa 2<br>Correa 3<br>Harnero 1  | 6,75          | 1,80%  | 78,53%      |
| Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | <b>REDUCTOR</b>             | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | 6,17          | 1,64%  | 80,18%      |

Revisando la criticidad de los equipos en el punto “1.1.2. ANÁLISIS CUALITATIVO DETERMINANTE DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS” con respecto a la continuidad operacional de la planta se puede asociar los equipos con los modos de falla e identificar el conjunto de mayor criticidad (Tabla 7).

**Tabla 7 Orden de importancia de componentes que fallan según continuidad operacional y criticidad de equipos**

| Orden criticidad | Componente que falla        | Equipo  | Configuración  | % continuidad operacional                          | Criticidad   |
|------------------|-----------------------------|---|--|--|--|
| 1°               | <b>POLINES</b>              | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5  | Serie<br>Serie<br>Serie  | 100%<br>100%<br>100%                               | Crítico<br>Crítico<br>Crítico  |
| 2°               | <b>CINTA TRANSPORTADORA</b> | Feeder 23<br>Alimentador 11<br><br>Alimentador 17<br><br>Alimentador 18<br><br>Correa 2<br>Electroiman correa 2 | Fraccionaria<br>Fraccionaria<br><br>Fraccionaria/<br>Stand by<br><br>Fraccionaria/<br>Stand by<br><br>Serie<br>Serie | 50%<br>50%<br><br>0%<br><br>0%<br><br>100%<br>100% | Crítico<br>Crítico<br><br>No Crítico<br><br>No Crítico<br><br>Crítico<br>Crítico |
| 3°               | <b>MOTOR</b>                | Alimentador 10<br><br>Alimentador 18<br><br>Correa 3<br>Correa 5  | Fraccionaria<br><br>Fraccionaria/<br>Stand by<br><br>Serie<br>Serie  | 50%<br><br>0%<br><br>100%<br>100%                  | Crítico<br><br>No Crítico<br><br>Crítico<br>Crítico                              |
| 4°               | <b>SENSOR CORTE CORREA</b>  | Correa 2<br>Correa 5  | Serie<br>Serie   | 100%<br>100%                                       | Crítico<br>Crítico   |
| 5°               | <b>RODILLOS SOPORTE</b>     | Tambor 1<br>Tambor 2  | Fraccionaria<br>Fraccionaria   | 50%<br>50%   | Crítico<br>Crítico   |
| 6°               | <b>CABEZA</b>               | Chancador 3   | Fraccionaria   | 50%  | Crítico  |

### 1.3.3 ELIMINACIÓN DE DETENCIONES NO PROGRAMADAS DE LOS RESULTADOS DE PARETO Y JACK-KNIFE

Una vez identificados los componentes que fallan con sus equipos respectivos se revisa en el plan de mantenimiento la existencia o no de estrategias que se hagan cargo de los modos de fallas detectados para cada componente que falla. Para esto se realiza un procedimiento lógico que sigue la siguiente estructura:



#### MEJORAS Y SOLUCIONES

COMPONENTE QUE FALLA: “POLINES” (CT02, CT03 Y CT05)

**Tabla 8 Resultados procedimiento lógico “Polines”**

| Día | Mes    | Equipo   | HRS detención                              | Componente que falla | Modo de falla   | Causa de falla   | Estrategia asociada                        | Mejora o solución   |
|-----|--------|----------|--|----------------------|-----------------|--|--|---|
| 14  | ene-14 | CORREA 2 | 1,00                                       | Polines              | Polin trancado* | Exceso de material particulado y falta de limpieza tranca rodamientos de polines | "8S Mec Cambio Polines CT02" Item 20998876 | Realizar inspecciones y limpiezas a los polines cada "4S" |
| 11  | feb-14 | CORREA 5 | 6,67                                       |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines Ct05" Item 20327642 |   |
| 12  | feb-14 |          | "8S Mec Cambio Polines CT03" Item 20998877 |                      |                 |  |  |   |
| 28  | jun-14 | CORREA 3 | 0,25                                       |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines Ct05" Item 20327642 |   |
| 10  | jul-14 | CORREA 5 | 0,42                                       |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines CT03" Item 20998877 |   |
| 12  | jul-14 | CORREA 3 | 1,75                                       |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines CT02" Item 20998876 |   |
| 30  | ago-14 | CORREA 2 | 7,33                                       |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines CT05" Item 20327642 |   |
| 30  | nov-14 |          |  |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines CT02" Item 20998876 |   |
| 6   | dic-14 |          |  |                      |                 |  | "8S Mec Cambio Polines Ct05" Item 20327642 |   |
| 11  | ene-15 | CORREA 5 | 2,42                                       |                      |                 |  |  |   |

\* Se aprovecharon detenciones programadas para realizar cambios de polines sobre pasando los tiempos definidos. Por ende, se consideran a los tiempos de retraso como detenciones no programadas por cambio de polines. Mantenciones por oportunidad.

Procedimiento lógico:

- Sí existen estrategias

- Mejora o solución:

- Realizar limpieza e inspecciones a los polines cada “4S”

Al implementar esta nueva estrategia se proyecta que en el futuro, para el mismo periodo evaluado, se evitarán 19,83 horas de detención, considerando el valor de producción de 80.000 dólares por hora junto a un factor de utilización de 90%, se disminuyen las posibles pérdidas en 1.427.760 dólares.

| Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [hrs] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 19,83                       | 0,9                   | 17,85          | 80.000                              | 1.427.760                           |

COMPONENTE QUE FALLA: “CINTA TRANSPORTADORA” (ELECTROIMAN CORREA 2, FEEDER 23, ALIMENTADOR 18, ALIMENTADOR 11, ALIMENTADOR 17 Y ALIMENTADOR 8)

**Tabla 9 Resultados procedimiento lógico “Cinta transportadora”**

| Día | Mes-Año | Equipo               | Horas detención | Componente que falla   | Modo de falla   | Causa de fallo   | Estrategia asociada  | Mejora solución   |
|-----|---------|----------------------|-----------------|--|---|--|--|---|
| 27  | mar-14  | ELECTROIMAN CORREA 2 | 2,08            | CINTA TRANSPORTADORA   | Corte de cinta electroiman  | Inchancable de mayores dimensione en la cinta, corta la cinta del electroiman correa 2                   | "1S Mec Insp General Operando Ct 2" Item: 20282231   | Scanner a la salida del chancador 4 para eliminar inchancables de mayores dimensiones.  |
| 24  | abr-14  | ALIMENTADOR 23       | 123,00          |  | Corte de cinta  | Se desprenden pedazos de placas de baberos del silo que cortan la cinta                                  | Existe estrategia para cambio de cinta. Pero, no para el cambio de placas de baberos. "52S Mec Camb Cinta Fee 23" Item: 20779776 | Se trabaja en modificar el sistema de placas de los baberos por cama de piedras y en la incorporación de un techo que protega al mantenedor dentro del silo para realizar las futuras inspecciones al nuevo sistema de cama de piedras. |
| 25  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 26  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 27  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 28  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 29  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 5   | jun-14  | ALIMENTADOR 18       | 0,17            |  | Desalineamiento   | Por razones operacionales, las variaciones en el suministro de la carga de material desalinean la cinta. | "1S Mec Insp Alimentador 18" Item: 20796904<br>"1S Mec Insp Alineamiento Feeder 17 al 20" Item: 21140137                         | Incorporación y/o reposicionamiento de sensores de nivel para mejorar la visualización en el suministro de la carga de material.  |
| 29  | ago-14  | CORREA 2             | 6,17            |  | Corte de cinta  | Al realizar limpieza bajo la correa se desalinea la cinta y se cortan lonjas.                            | "1S Mec Insp General Operando Ct 2" Item: 20282231   | Generar estrategia de limpieza para puesto de trabajo operaciones cada "4S"   |
| 28  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 27  |         |                      |                 |  |   |  |  |   |
| 20  | dic-14  | ALIMENTADOR 11       | 0,25            |  | Desalineamiento   | Por razones operacionales, las variaciones en el suministro de la carga de material desalinean la cinta. | "1S Mec Insp Alineamiento Feeder 10 al 15"Item: 21140136   | Incorporación y/o reposicionamiento de sensores de nivel para mejorar la visualización en el suministro de la carga de material.  |
| 19  | dic-14  | ALIMENTADOR 17       | 0,17            | "1S Mec Insp Alimentador 17" Item: 20796903<br>"1S Mec Insp Alineamiento Feeder 17 al 20" Item: 21140137 |   |  |  |   |
| 19  | dic-14  | ALIMENTADOR 8        | 0,83            | Sello de guarderas gastados  | Desgaste por roce entre guardera y cinta  | "2S Mec Insp Alimentador 8" Item: 20280550   | Añadir en la pauta de trabajo del Item: 20280550 inspección a los sellos de la cinta   |   |
| 5   | dic-14  | CORREA 2             | 1,92            | Desalineamiento  | Acumulación de material en retorno provoca que la cinta se monte sobre el material de carga y no sobre los polines. | "1S Mec Insp General Operando Ct 2" Item: 20282231   | Generar estrategia de limpieza para puesto de trabajo operaciones cada "4S"  |   |
| 4   |         |                      | 2,08            |  |   |  |  | *   |

\* Detención por revisión. No se considera el tiempo de detención en las ganancias.

Procedimiento lógico:

- Sí existen estrategias
- Mejora o solución:
  - Electroiman Correa 2: Scanner a la salida del chancador 4 para eliminar inchancables.
  - Feeder 23: Se trabaja en modificar el sistema de placas de los baberos por un sistema de cama de piedras junto con la incorporación de un “techo” que proteja al mantenedor dentro del silo de posibles caídas de material de los muros, para realizar las futuras inspecciones al nuevo sistema de cama de piedras.
  - Alimentador 11, 17 y 18: Incorporación y/o reposicionamiento de sensores de nivel para mejorar la visualización en el suministro de la carga de material.
  - Correa 2: Generar estrategia de limpieza para puesto de trabajo operaciones cada "4S".
  - Alimentador 8: Añadir en la pauta de trabajo del Item: 20280550 “Inspeccionar los sellos de la cinta”.

Al implementar estas nuevas estrategias y realizar mejoras a la existente se proyecta que en el futuro, para el mismo periodo evaluado, se evitarán 134,59 horas de detención, considerando el valor de producción de 80.000 dólares por hora junto a un factor de utilización de 90%, se disminuyen las posibles pérdidas en 9.690.480 dólares.

| Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [hrs] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 134,59                      | 0,9                   | 121,13         | 80.000                              | 9.690.480                           |

COMPONENTE QUE FALLA: “MOTOR” (FEEDER 10, FEEDER 18, CT03 Y CT05)

**Tabla 10 Resultados procedimiento lógico "Motor"**

| Día | Mes    | Equipo         | HRS detención | Componente que falla | Modo de falla   | Causa de fallo   | Estrategia asociada  | Mejora o solución   |
|-----|--------|----------------|---------------|----------------------|---|--|--|---|
| 17  | ago-14 | ALIMENTADOR 10 | 1,42          | MOTOR                | Sobrecalentamiento  | Aspa ventilador trancada.  | "2S Lubr Insp Temp Feeder 10 al 15" Item 21079502<br>"7S Moncon Term Mot FE10&11 H1&2 OX" Item 21091467            | Añadir en la Pauta de trabajo (21091467) actividad de revisión del estado del ventilador.   |
| 26  | ago-14 | CORREA 3       | 0,42          |                      | *   | Revisión por variación constante de corriente                        |  |   |
| 1   | oct-14 | CORREA 3       | 5,92          |                      | Carbones pegados al anillo colector.                      | No funciona el sistema de accionamiento o levantamiento de carbones. | "2S Elec Rep Carbon Motor Correa 3" Item 20207412 (En descripción del texto del Item modificar "Rep" por "Camb")   | Se cambió el motor y la tecnología del levantamiento de carbones por un sistema automático y un sistema manual secundario.  |
| 2   |        |                |               |                      |   |  |  |   |
| 4   |        |                |               |                      |   |  |  |   |
| 5   | oct-14 | ALIMENTADOR 18 | 0,50          |                      | *   | Tripeado desde sala eléctrica por sobre carga                        |  |   |
| 7   | oct-14 | CORREA 3       | 2,33          |                      | Carbones pegados al anillo colector.                      | No funciona el sistema de accionamiento o levantamiento de carbones. | "2S Elec Rep Carbon Motor Correa 3" Item 20207412 (En descripción del texto del Item modificar "Rep" por "Camb". ) | Se cambió el motor y la tecnología del levantamiento de carbones por un sistema automático y un sistema manual secundario.  |
| 1   | nov-14 | ALIMENTADOR 10 | 0,75          |                      | Sobrecalentamiento  | Aspa ventilador trancada.  | "2S Lubr Insp Temp Feeder 10 al 15" Item 21079502<br>"7S Moncon Term Mot FE10&11 H1&2 OX" Item 21091467            | Añadir en la Pauta de trabajo (21091467) actividad de revisión del estado del ventilador.   |
| 16  | ene-15 | CORREA 5       | 26,58         |                      | Sistema motriz con vibraciones fuera de límite permisible | Desalineamiento entre reductor y el motor                            | "5S Moncon Vibr Sist Motriz Correa CT05" Item 20902333.<br>"1S Lub Insp Temp Reductores Cv 2 a 5" Item 20212815    | Crear estrategia de mantenimiento que verifique alineamiento del sistema motriz cada "26S".<br>Incluir instructivo con el detalle de alineamiento cuando se haga cambio de motor. |
| 17  |        |                |               |                      |   |  |  |   |
| 18  |        |                |               |                      |   |  |  |   |

\* Detenciones por tripeado y revisiones. No se consideran sus tiempos de detenciones en las ganancias.

Procedimiento lógico:

- Sí existen estrategias

- Mejora o solución:

- Alimentador 10: Añadir en la Pauta de trabajo (21091467) actividad de revisión del estado del ventilador.

- Correa 3: Se cambió el motor y la tecnología del levantamiento de carbones por un sistema automático y un sistema manual secundario.

- Correa 5: Crear estrategia de mantenimiento que verifique alineamiento del sistema motriz cada "26S". Incluir instructivo con el detalle de alineamiento cuando se haga cambio de motor.

Al implementar esta nueva estrategia y las mejoras realizadas, se proyecta que en el futuro, para el mismo periodo evaluado, se evitarán 37,00 horas de detención, considerando el valor de producción de 80.000 dólares por hora junto a un factor de utilización de 90%, se disminuyen las posibles pérdidas en 2.664.000 dólares.

| Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [hrs] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 37                          | 0,9                   | 33,30          | 80.000                              | 2.664.000                           |



COMPONENTE QUE FALLA: “SENSOR CORTE CORREA” (CT02 Y CT05)

**Tabla 11 Resultados procedimiento lógico “Sensores corte correa”**

| Día | Mes-Año | Equipo   | HRS detención | Componente que falla | Modo de falla                       | Causa de fallo  | Estrategia asociada                               | Mejora o solución  |  |  |   |  |
|-----|---------|----------|---------------|----------------------|-------------------------------------|---|---|--|--|--|---|--|
| 14  | ene-14  | CORREA 5 | 3,25          | SENSOR CORTE CORREA  | Falsa alarma sensor corte de correa | Derrame de material, por sobrecarga, activa al sensor generando una falsa alarma de corte de correa | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 5" Item 20327627 | Instalar protecciones a los sensores y/o modificar geometría del ángulo de batea de la correa (nueva configuración de polines) o derechamente usar otra tecnología de sensores. También, se recomienda realizar inspección y/o calibración de sensores cada 4S que incluyan además a los sensores de velocidad 0 y sensores de atollo o inclinación. |  |  |   |  |
| 21  |         |          |               |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 2" Item 20282216 |  |  |  |   |  |
| 24  |         |          |               |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 5" Item 20327627 |  |  |  |   |  |
| 29  |         |          |               |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 2" Item 20282216 |  |  |  |   |  |
| 12  | ene-14  | CORREA 2 | 0,67          |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 6   | ene-14  | CORREA 5 | 0,33          |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 10  | feb-14  | CORREA 2 | 10,25         |                      |                                     |   |   |  |  |  | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 2" Item 20282216 |  |
| 18  | mar-14  |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 19  |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 21  |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 16  | may-14  |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 24  | jun-14  |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 15  | jul-14  |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 18  |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 20  |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 21  |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 12  | jul-14  | CORREA 5 | 0,25          |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 5" Item 20327627 |  |  |  |   |  |
| 12  | jul-14  | CORREA 2 | 3,42          |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 2" Item 20282216 |  |  |  |   |  |
| 9   |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 7   |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 28  | ago-14  |          |               |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 5" Item 20327627 |  |  |  |   |  |
| 29  | sep-14  | CORREA 5 | 0,92          |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 5" Item 20327627 |  |  |  |   |  |
| 19  |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 4   |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 3   | sep-14  | CORREA 2 | 9,25          |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 2" Item 20282216 |  |  |  |   |  |
| 1   |         |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |
| 19  | oct-14  | CORREA 5 | 0,58          |                      |                                     |   | "26S Ele Limp Sw Corte Correa Ct 5" Item 20327627 |  |  |  |   |  |
| 12  | ene-15  |          |               |                      |                                     |   |   |  |  |  |   |  |

Procedimiento lógico:

- Sí existen estrategias

- Mejora o solución:

- Instalar protecciones a los sensores y/o modificar geometría del ángulo de batea de la correa (nueva configuración de polines), revisar ubicación de los sensores o derechamente usar otra tecnología de sensores. También, se recomienda realizar inspección y/o calibración de sensores cada 4S que incluyan además a los sensores de velocidad 0 y sensores de atollo o inclinación.

Al implementar alguna de estas mejoras e implementar esta nueva estrategia, se proyecta que en el futuro, para el mismo periodo evaluado, se evitarán 28,92 horas de detención, considerando el valor de producción de 80.000 dólares por hora junto a un factor de utilización de 90%, se disminuyen las posibles pérdidas en 2.082.240 dólares.

| Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [hrs] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 28,92                       | 0,9                   | 26,03          | 80.000                              | 2.082.240                           |

COMPONENTE QUE FALLA: “RODILLO SOPORTE” (TAMBOR 1 Y TAMBOR 2)

**Tabla 12 Resultados procedimiento lógico "Rodillos soporte"**

| Día | Mes-Año | Equipo   | HRS detención | Componente que falla       | Modo de falla          | Causa de fallo  | Estrategia asociada  | Mejora o solución                                  |
|-----|---------|----------|---------------|----------------------------|------------------------|---|--|--|
| 16  | feb-14  | TAMBOR 1 | 5,00          | RODILLOS SOPORTE           | Desalineamiento tambor | Por falta de flotación se dañan y truncan rollers y trunions. | No existe estrategia   | Generar estrategia de flotación cada 4 u 8 semanas |
| 5   | may-14  |          |               |                            |                        |   |  |  |
| 19  | oct-14  |          |               |                            |                        |   |  |  |
| 22  |         |          |               |                            |                        |   |  |  |
| 4   | dic-14  | TAMBOR 2 | 12,00         | Trunion izquierdo trancado | Trunion mal reparado   | "1D Mec Insp Tambor Aglomerador 2" Item: 21040215             | Revisar los rollers antes de instalar. Generar protocolo de recepción de componentes o equipos reparados |  |
| 5   |         |          |               |                            |                        |   |  |  |

Procedimiento lógico:

- No existe estrategia para tambor 1 y si existe estrategia para tambor 2

- Mejora o solución:

- Tambor 1: Generar estrategia de flotación cada 4 u 8 semanas

- Tambor 2: Revisar los rollers antes de instalar. Generar protocolo de recepción de componentes o equipos reparados

Al implementar esta nueva estrategia y realizar las mejoras, se proyecta que en el futuro, para el mismo periodo evaluado, se evitarán 17,00 horas de detención, considerando el valor de producción de 80.000 dólares por hora junto a un factor de utilización de 90%, se disminuyen las posibles pérdidas en 1.224.000 dólares.

| Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [hrs] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 17,00                       | 0,9                   | 15,30          | 80.000                              | 1.224.000                           |

COMPONENTE QUE FALLA “CABEZA” (CH.SEC.3)

**Tabla 13 Resultados procedimiento lógico “Cabeza”**

| Día | Mes-Año | Equipo      | HRS detención | Componente que falla | Modo de falla                           | Causa de fallo                    | Estrategia asociada                                | Mejora o solución  |
|-----|---------|-------------|---------------|----------------------|---|-----------------------------------|--|--|
| 28  | ene-14  | Chancador 3 | 0,33          | Cabeza               | *                                       |                                   |  |  |
| 13  | oct-14  | Chancador 3 | 20,92         | Cabeza               | Se suelta perno de cabeza del chancador | Cambia sentido de giro del motor. | "1S Mec Insp Chancador Secundario 3" Item 21070170 | Se creó dentro de la pauta de inspección (Item 21070170) una actividad que verifica el correcto sentido de giro del motor. |
| 14  |         |             |               |                      |   |                                   |  |  |
| 15  |         |             |               |                      |   |                                   |  |  |
| 22  |         |             |               |                      |   |                                   |  |  |
| 23  |         |             |               |                      |   |                                   |  |  |

\* Chequeo interior del chancador. No se considera el tiempo de detención en las ganancias.

Procedimiento lógico:

- Sí existe estrategia

- Mejora o solución:

- Se creó dentro de la pauta de inspección (Maintenace Item: 21070170) una actividad que verifica el correcto sentido de giro del motor. Además, cada vez que se realiza una mantención mayor a equipos críticos estos se deben recepcionar con un protocolo de entrega.

Al implementar esta nueva estrategia y realizar las mejoras, se proyecta que en el futuro, para el mismo periodo evaluado, se evitarán 20,92 horas de detención, considerando el valor de producción de 80.000 dólares por hora junto a un factor de utilización de 90%, se disminuyen las posibles pérdidas en 1.506.240 dólares.

| Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [hrs] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 20,92                       | 0,9                   | 18,83          | 80.000                              | 1.506.240                           |

**Tabla 14 Totales de las posibles pérdidas ahorradas tras eliminar las detenciones no programadas de los componentes que fallan**

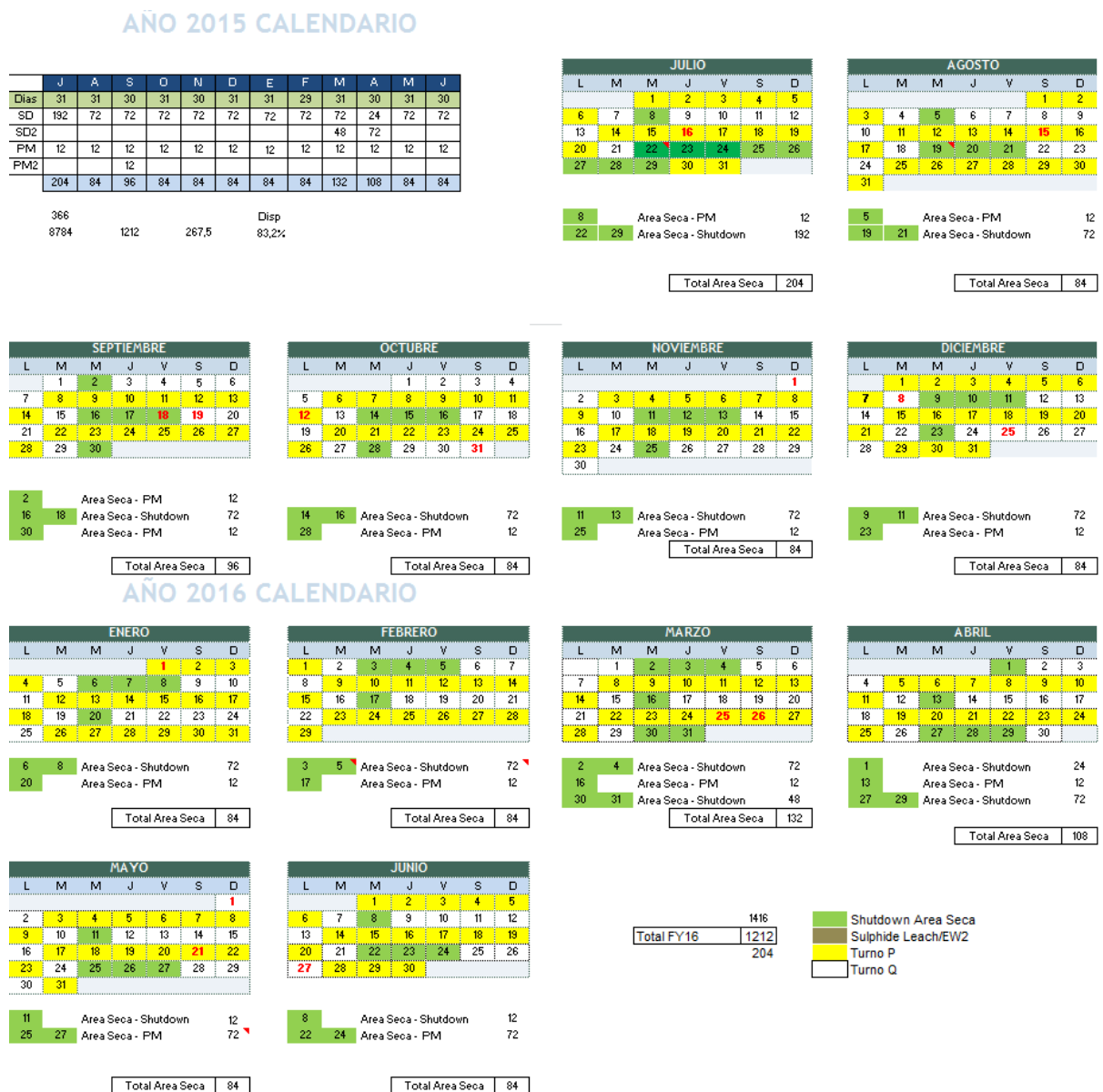
| Componente que falla | Equipo                | Tiempo de detención [horas] | Factor de utilización | Run time [horas] | Valor hora de producción [USD\$/hr] | Posibles pérdidas ahorradas [USD\$] |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Polines              | Correa 2              | 8,33                        | <b>0,9</b>            | 7,50             | 80.000                              | 599.760,00                          |
|                      | Correa 3              | 2,00                        | <b>0,9</b>            | 1,80             | 80.000                              | 144.000,00                          |
|                      | Correa 5              | 9,50                        | <b>0,9</b>            | 8,55             | 80.000                              | 684.000,00                          |
|                      | <b>Sub-total</b>      | <b>19,83</b>                | <b>0,9</b>            | <b>17,85</b>     | <b>80.000</b>                       | <b>1.427.760,00</b>                 |
| Motor                | Alimentador 10        | 2,17                        | <b>0,9</b>            | 1,95             | 80.000                              | 156.240,00                          |
|                      | Correa 3              | 8,25                        | <b>0,9</b>            | 7,43             | 80.000                              | 594.000,00                          |
|                      | Correa 5              | 26,58                       | <b>0,9</b>            | 23,92            | 80.000                              | 1.913.760,00                        |
|                      | <b>Sub-total</b>      | <b>37,00</b>                | <b>0,9</b>            | <b>33,30</b>     | <b>80.000</b>                       | <b>2.664.000,00</b>                 |
| Sensor corte correa  | Correa 2              | 23,59                       | <b>0,9</b>            | 21,23            | 80.000                              | 1.698.240,24                        |
|                      | Correa 5              | 5,33                        | <b>0,9</b>            | 4,80             | 80.000                              | 383.999,98                          |
|                      | <b>Sub-total</b>      | <b>28,92</b>                | <b>0,9</b>            | <b>26,03</b>     | <b>80.000</b>                       | <b>2.082.240,00</b>                 |
| Cinta transportadora | Electro-imán correa 2 | 2,08                        | <b>0,9</b>            | 1,87             | 80.000                              | 149.999,98                          |
|                      | Alimentador 23        | 123,00                      | <b>0,9</b>            | 110,70           | 80.000                              | 8.856.000,00                        |
|                      | Alimentador 18        | 0,17                        | <b>0,9</b>            | 0,15             | 80.000                              | 12.000,02                           |
|                      | Correa 2              | 8,09                        | <b>0,9</b>            | 7,28             | 80.000                              | 582.240,02                          |
|                      | Alimentador 11        | 0,25                        | <b>0,9</b>            | 0,23             | 80.000                              | 18.000,00                           |
|                      | Alimentador 17        | 0,17                        | <b>0,9</b>            | 0,15             | 80.000                              | 12.000,02                           |
|                      | Alimentador 8         | 0,83                        | <b>0,9</b>            | 0,75             | 80.000                              | 59.999,98                           |
|                      | <b>Sub-total</b>      | <b>134,59</b>               | <b>0,9</b>            | <b>121,13</b>    | <b>80.000</b>                       | <b>9.690.480,00</b>                 |
| Cabeza               | Chancador 3           | 20,92                       | <b>0,9</b>            | 18,83            | 80.000                              | 1.506.240,00                        |
|                      | <b>Sub-total</b>      | <b>20,92</b>                | <b>0,9</b>            | <b>18,83</b>     | <b>80.000</b>                       | <b>1.506.240,00</b>                 |
| Rodillos soporte     | Tambor 1              | 5,00                        | <b>0,9</b>            | 4,50             | 80.000                              | 360.000,00                          |
|                      | Tambor 2              | 12,00                       | <b>0,9</b>            | 10,80            | 80.000                              | 864.000,00                          |
|                      | <b>Sub-total</b>      | <b>17,00</b>                | <b>0,9</b>            | <b>15,30</b>     | <b>80.000</b>                       | <b>1.224.000,00</b>                 |
| <b>TOTAL</b>         |                       | <b>258,26</b>               | <b>0,9</b>            | <b>232,43</b>    | <b>80.000</b>                       | <b>18.594.720</b>                   |

De un total de 374,89 horas de detenciones no programadas correspondientes a 51 componentes que fallan, se proponen nuevas estrategias y mejoras para la estrategia actual para que las fallas que causaron 258,26 horas de detención no vuelvan a ocurrir. Provenientes de 6 componentes que fallan identificados por los diagramas de Pareto y Jack-Knife, estas fallas imprevistas, aplicándoles un factor de utilización del 90%, corresponden al 62% del total del tiempo de detenciones no programadas equivalentes a 18.594.720 \$USD en pérdidas que se eliminarían con las estrategias y mejoras propuestas.

## 2. OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE ÁREA SECA

### 2.1. REPROGRAMACIÓN DE CALENDARIO DE DETENCIONES SEGÚN ESTRATEGIA

Dentro de año fiscal, se enmarca el calendario de mantenimientos donde figuran todas las detenciones programadas de mantenimiento, actividades de larga duración para equipos estratégicos críticos. El objetivo de este calendario es proyectar la disponibilidad operacional de la planta.



**Figura 30 Calendario Original de detenciones FY16**

Existen 2 tipos de detenciones programadas, PM y SD. En estricto rigor significan lo mismo, para ambos casos significa la detención de la planta, diferenciándose solamente en la duración de la detención.

- PM: Plant Maintenance (Mantenimiento de Planta), son mantenciones que duran 12 horas cada 4 semanas. En ellas se realiza el mantenimiento rutinario de menor duración referente a inspecciones, reparaciones, ajustes, limpieza y lubricación de componentes menores, tales como: motores, bombas, sistemas de lubricación, sistemas de polvo, sensores, entre otros.

- SD: Shut Down (Parada de Planta), son detenciones mayores que están condicionadas por la duración de las mantenciones de los equipos críticos. Estas pueden durar entre 60 y 192 horas (según duración de actividades, Tabla 15) y se realizan cada 4 semanas.

Ambas detenciones tiene un desfase de 2 semanas para que no existan interferencias y se revise constantemente el estado de los equipos.

## RUTA CRÍTICA

Sabiendo que las PM tienen un tiempo determinado de duración de 12 horas, es en las SD en donde se encuentran las oportunidades de mejora y las ganancias de tiempo para entregar mayor disponibilidad a la planta. El tiempo de duración de las SD es determinado por una ruta crítica, definida por la actividad de mantenimiento que posee el mayor tiempo de duración.

Para la confección de dichas rutas críticas se identifican las actividades de mantenimiento con el mayor tiempo de duración (Tabla 15).

**Tabla 15 Actividades de mantenimiento críticas**

| Equipo             | Actividad                     | Duración actividad (Horas) | Frecuencia (Meses) | Frecuencia (Semanas) |
|--------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|
| Chancador Primario | Cambio Cóncavas               | 84                         | 6                  | 26                   |
| Chancador Sec. 2   | Cambio Corazas (Manto y bowl) | 56                         | 6                  | 26                   |
|                    | Cambio Excéntrica             | 72                         | 12                 | 52                   |
| Chancador Sec. 3   | Cambio Corazas (Manto y bowl) | 56                         | 6                  | 26                   |
|                    | Cambio Excéntrica             | 72                         | 12                 | 52                   |
| Harnero Sec. 1     | Cambio Harnero                | 72                         | 18                 | 78                   |
| Harnero Sec. 2     | Cambio Harnero                | 72                         | 18                 | 78                   |
| Ct02               | Cambio Cinta                  | 96                         | 24                 | 104                  |
| Ct03               | Cambio Cinta                  | 120                        | 18                 | 78                   |
| Ct04               | Cambio Cinta                  | 96                         | 24                 | 104                  |
| Ct05               | Cambio Cinta                  | 120                        | 24                 | 104                  |
| Feeder 10          | Cambio Cinta                  | 72                         | 12                 | 52                   |
|                    | Cambio Placas                 | 60                         | 6                  | 26                   |
| Feeder 11          | Cambio Cinta                  | 72                         | 12                 | 52                   |
|                    | Cambio Placas                 | 60                         | 6                  | 26                   |
| Feeder 22          | Cambio Cinta                  | 96                         | 12                 | 52                   |
|                    | Cambio Placas                 | 60                         | 6                  | 26                   |
| Feeder 23          | Cambio Cinta                  | 96                         | 12                 | 52                   |
|                    | Cambio Placas                 | 60                         | 6                  | 26                   |
| Tambor 1           | Cambio Trunion                | 72                         | 12                 | 52                   |
| Tambor 2           | Cambio tambor                 | 192                        | 36                 | 156                  |
|                    | Cambio Trunion                | 72                         | 12                 | 52                   |

Nota: Existen actividades referentes al cambio de poleas de las correas y al cambio de revestimiento de los tambores con tiempos de duración de 72 hrs respectivamente. Estas actividades no se consideran dentro de la programación por manifestarse según condición, acoplándose a la parada de planta más cercana de acuerdo a la necesidad de cambiar el componente.



## CONSIDERACIONES EN LA SELECCIÓN DE ACTIVIDADES

Para definir una ruta crítica se deben considerar los siguientes criterios:

- Existen actividades de mantenimiento que no se pueden realizar dentro de una misma detención por razones físicas de espacio, dotación de personal, dificultad de la maniobra y disponibilidad de equipos.
- La periodicidad de la frecuencia de la actividad que define la ruta crítica debe ser múltiplo de las actividades “acompañantes” para que se proyecten en el futuro y así, las futuras detenciones contengan las mismas actividades de mantenimiento, conservando los tiempos y la disponibilidad de la planta.
- No se pueden realizar en una misma detención actividades de mantenimiento a equipos que se encuentren bajo una misma línea vertical de producción. (ej. Feeder-Chancador-Harnero), por efectos de seguridad e interferencia de trabajos.

PROPUESTA DEL CALENDARIO DE DETENCIONES

Luego que se identifican todos los cambios de componentes mayores que requieren ser ejecutados en una detención de planta y tomando las consideraciones mencionadas, se confecciona la siguiente programación:

**Tabla 16 Programación de las primeras 4 SD que contienen todas las actividades de mantenimiento de mayor duración.**

| Actividad         | Duración actividad (Horas) | Frecuencia (Meses) | Frecuencia (Semanas) | SD1       | SD2       | SD3       | SD4       |
|-------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                   |                            |                    |                      | 22-jul-15 | 19-ago-15 | 16-sep-15 | 14-oct-15 |
| Cambio Cóncavas   | 84                         | 6                  | 26                   |           |           | 84        |           |
| Cambio Corazas    | 56                         | 6                  | 26                   |           |           |           | 56        |
| Cambio Excéntrica | 72                         | 12                 | 52                   |           |           | 72        |           |
| Cambio Corazas    | 56                         | 6                  | 26                   |           |           |           | 56        |
| Cambio Excéntrica | 72                         | 12                 | 52                   | 72        |           |           |           |
| Cambio Harnero    | 72                         | 18                 | 78                   |           |           | 72        |           |
| Cambio Harnero    | 72                         | 18                 | 78                   | 72        |           |           |           |
| Cambio Cinta      | 96                         | 24                 | 104                  | 96        |           |           |           |
| Cambio Cinta      | 120                        | 18                 | 78                   |           |           |           | 120       |
| Cambio Cinta      | 96                         | 24                 | 104                  | 96        |           |           |           |
| Cambio Cinta      | 120                        | 24                 | 104                  |           |           |           | 120       |
| Cambio Cinta      | 72                         | 12                 | 52                   | 72        |           |           |           |
| Cambio Placas     | 60                         | 6                  | 26                   |           | 60        |           |           |
| Cambio Cinta      | 72                         | 12                 | 52                   |           |           | 72        |           |
| Cambio Placas     | 60                         | 6                  | 26                   |           | 60        |           |           |
| Cambio Cinta      | 96                         | 12                 | 52                   | 96        |           |           |           |
| Cambio Placas     | 60                         | 6                  | 26                   |           | 60        |           |           |
| Cambio Cinta      | 96                         | 12                 | 52                   |           |           | 96        |           |
| Cambio Placas     | 60                         | 6                  | 26                   |           | 60        |           |           |
| Cambio Trunion    | 72                         | 12                 | 52                   |           |           | 72        |           |
| Cambio tambor     | 192                        | 36                 | 156                  |           |           |           | 192       |
| Cambio Trunion    | 72                         | 12                 | 52                   | 72        |           |           |           |

Nota: Para el Tambor 1 no existe actividad “Cambio de Tambor”, puesto que se realizó dicha actividad el pasado 11 de Noviembre del 2014 incorporando una nueva tecnología de tambor que solo requerirá del cambio de revestimiento. Y para el Tambor 2, la semana del 14 de octubre del 2015 será la última vez que se realice el cambio gracias esta nueva tecnología, razón por la que no se proyecta su frecuencia en el calendario.

**Tabla 17 Programación de las primeras 4 SD que contiene todas las actividades de mantenimiento de mayor duración**

| 1era Semana (22 Julio 2015)         | 2da Semana (19 Agosto 2015)          |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| CT02 Cinta 96hrs (104S)             | Fee11 Placas 60hrs (26S)             |
| CT04 Cinta 96hrs (104S)             | Fee23 Placas 60hrs (26S)             |
| Fee 22 Cinta 96hrs (52S)            | Fee22 Placas 60hrs (26S)             |
| Fee10 Cinta 72hrs (52S)             | Fee10 Placas 60hrs (26S)             |
| Tambor 2 Trunion 72hrs (52S)        |                                      |
| Harn.Sec.2 Cambio Harn. 72hrs (78S) |                                      |
| Ch.Sec.3 excentrica 72hrs (52S)     |                                      |
|                                     |                                      |
| 3era Semana (16 sept 2015)          | 4ta Semana (14 Octubre 2015)         |
| Ch.Prim Concavas 84 hrs (26S)       | Tambor 2 Cambio tambor 192hrs (156S) |
| Fee11 Cinta 72hrs (52S)             | CT05 Cinta 120 hrs (104S)            |
| Fee 23 Cinta 96hrs (52S)            | CT03 Cinta 120hrs (78S)              |
| Tambor 1 Trunion 72hrs (52S)        | Ch.Sec.2 Corazas 56hrs (26S)         |
| Harn.Sec.1 Cambio Harn. 72hrs (78S) | Ch.Sec.3 Corazas 56hrs (26S)         |
| Ch.Sec.2 excentrica 72hrs (52S)     |                                      |

Esta programación da origen al calendario de detenciones (Figura 31) producto de las frecuencias proyectadas en el tiempo. Los resultados esperados son el ahorro de horas en mantenimiento junto al aumento de la disponibilidad de la planta.

Se realiza re-programación de actividades a los calendarios FY16, FY17, FY18, F19 y FY20.

**AÑO 2015 CALENDARIO**

|      | J   | A  | S   | O   | N  | D  | E  | F  | M   | A   | M  | J  |
|------|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30  | 31  | 30 | 31 | 31 | 29 | 31  | 30  | 31 | 30 |
| SD   | 96  | 60 | 96  | 192 | 24 | 24 | 24 | 24 | 60  | 36  | 24 | 24 |
| SD2  |     |    |     |     |    |    |    |    | 48  | 56  |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 |
| PM2  |     |    | 12  |     |    |    |    |    |     |     |    |    |
|      | 108 | 72 | 120 | 204 | 36 | 36 | 36 | 36 | 120 | 104 | 36 | 36 |

366  
8784      944      278,7      Disp  
86,1%

**JULIO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |    |

8 Area Seca - PM 12  
22 25 Area Seca - Shutdown 96

Total Area Seca 108

**AGOSTO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    | 1  | 2  |
| 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 |    |    |    |    |    |    |

5 Area Seca - PM 12  
19 21 Area Seca - Shutdown 60

Total Area Seca 72

**SEPTIEMBRE**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |
| 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 |    |    |    |    |

2 Area Seca - PM 12  
16 18 Area Seca - Shutdown 96  
30 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 120

**OCTUBRE**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    | 1  | 2  | 3  | 4  |
| 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |    |

14 16 Area Seca - Shutdown 192  
28 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 204

**NOVIEMBRE**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    | 1  |
| 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 |    |    |    |    |    |    |

11 13 Area Seca - Shutdown 24  
25 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 36

**DICIEMBRE**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    | 1  |
| 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 |    |    |    |    |    |

9 11 Area Seca - Shutdown 24  
23 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 36

**AÑO 2016 CALENDARIO**

**ENERO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    | 1  | 2  | 3  |
| 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

6 8 Area Seca - Shutdown 24  
20 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 36

**FEBRERO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29 |    |    |    |    |    |    |

3 5 Area Seca - Shutdown 24  
17 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 36

**MARZO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    | 1  |
| 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 |    |    |    |    |    |

2 4 Area Seca - Shutdown 60  
16 Area Seca - PM 12  
30 31 Area Seca - Shutdown 48

Total Area Seca 120

**ABRIL**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    | 1  |
| 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 |    |    |    |    |    |    |

1 Area Seca - Shutdown 36  
13 Area Seca - PM 12  
27 29 Area Seca - Shutdown 56

Total Area Seca 104

**MAYO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    | 1  |
| 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 |    |    |    |    |    |

11 Area Seca - Shutdown 24  
25 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 36

**JUNIO**

| L  | M  | M  | J  | V  | S  | D  |
|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    | 1  | 2  | 3  | 4  |
| 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |    |    |

8 Area Seca - Shutdown 24  
22 Area Seca - PM 12

Total Area Seca 36

Total FY16 944

Shutdown Area Seca  
Sulphide Leach/EW2  
Turno P  
Turno Q

**Figura 31 Modificación Calendario de detenciones FY16**

METODOLOGÍA CÁLCULO DISPONIBILIDAD:

$$T. C. = N^{\circ} \text{días al año} * 24_{\text{horas/día}} [\text{horas/año}] \quad (\text{E.C. 4})$$

$$M. P. = \sum PM + \sum SD [\text{horas/año}] \quad (\text{E.C. 5})$$

$$M. N. P. = \frac{1_{\text{hr}_{\text{imprevisto/día}} * \text{Punto1} - \text{Punto2}_{\text{hrs/año}}}{24_{\text{hrs/día}}} - 4_{\text{hrs/mes}} * 12_{\text{meses/año}} [\text{horas/año}] \quad (\text{E.C. 6})$$

Nota: Se definen como objetivos, 1 hr de imprevisto diario y disminuir 4 hrs de imprevisto mensual.

$$T. D. = T. C. - M. P. - M. N. P. [\text{horas/año}] \quad (\text{E.C. 7})$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{T.D.}{T.C.} * 100 [\%] \quad (\text{E.C. 8})$$

$$\text{Ganancia Disp. FY} = \text{Disp. FY}_{\text{reprogramado}} - \text{Disp. FY}_{\text{actual}} [\%] \quad (\text{E.C. 9})$$

$$\text{Ganancia en horas FY} = T. D._{\text{reprogramado}} - T. D._{\text{actual}} [\text{horas/año}] \quad (\text{E.C. 10})$$

$$\text{Ganancia \$USD FY} = 80.000_{\text{\$/hr}} * \text{Ganancia en horas} [\text{\$/año}] \quad (\text{E.C. 11})$$

### 2.1.1. RESULTADOS

FISCAL YEAR 16

#### CALENDARIO ORIGINAL

|      | J   | A  | S  | O  | N  | D  | E  | F  | M   | A   | M  | J  |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| Días | 31  | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 29 | 31  | 30  | 31 | 30 |
| SD   | 192 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72  | 24  | 72 | 72 |
| SD2  |     |    |    |    |    |    |    |    | 48  | 72  |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 |
| PM2  |     |    | 12 |    |    |    |    |    |     |     |    |    |
|      | 204 | 84 | 96 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 132 | 108 | 84 | 84 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8784                | 1212                | 267,5                 | 83,2%          |

#### CALENDARIO REPROGRAMADO

|      | J   | A  | S   | O   | N  | D  | E  | F  | M   | A   | M  | J  |
|------|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| Días | 31  | 31 | 30  | 31  | 30 | 31 | 31 | 29 | 31  | 30  | 31 | 30 |
| SD   | 96  | 60 | 96  | 192 | 48 | 48 | 48 | 48 | 60  | 36  | 48 | 48 |
| SD2  |     |    |     |     |    |    |    |    | 48  | 56  |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 |
| PM2  |     |    | 12  |     |    |    |    |    |     |     |    |    |
|      | 108 | 72 | 120 | 204 | 60 | 60 | 60 | 60 | 120 | 104 | 60 | 60 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8784                | 1088                | 272,7                 | 84,5%          |

#### MEJORAS DE DISPONIBILIDAD

| FY | Disponibilidad original | Disponibilidad reprogramación | Aumento disponibilidad | Aumento disponibilidad [horas/año] | Ahorro en mantenimiento \$USD |
|----|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 16 | 83,2%                   | 84,5%                         | 1,35%                  | 118,83                             | \$ 9.506.666,67               |

FISCAL YEAR 17

CALENDARIO ORIGINAL

|      | J   | A  | S  | O  | N  | D  | E  | F  | M   | A  | M  | J  |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 28 | 31  | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 120 | 72 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 72 | 60  | 60 | 60 | 60 |
| SD2  |     |    |    |    |    |    |    |    | 60  |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 |
| PM2  |     | 12 |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|      | 132 | 96 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 84 | 132 | 72 | 72 | 72 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1020                | 274,5                 | 85,2%          |

CALENDARIO REPROGRAMADO

|      | J   | A  | S   | O  | N  | D  | E  | F  | M   | A   | M  | J  |
|------|-----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30  | 31 | 30 | 31 | 31 | 28 | 31  | 30  | 31 | 30 |
| SD   | 96  | 60 | 96  | 56 | 48 | 48 | 48 | 72 | 60  | 48  | 48 | 48 |
| SD2  |     |    |     |    |    |    |    |    | 72  | 56  |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 |
| PM2  |     | 12 |     |    |    |    |    |    |     |     |    |    |
|      | 108 | 84 | 108 | 68 | 60 | 60 | 60 | 84 | 144 | 116 | 60 | 60 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1012                | 274,8                 | 85,3%          |

MEJORAS DE DISPONIBILIDAD

| FY | Disponibilidad original | Disponibilidad reprogramación | Aumento disponibilidad | Aumento disponibilidad [horas/año] | Ahorro en mantenimiento \$USD |
|----|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 17 | 85,2%                   | 85,3%                         | 0,09%                  | 7,67                               | \$ 613.333,33                 |

FISCAL YEAR 18

CALENDARIO ORIGINAL

|      | J   | A  | S  | O  | N  | D  | E  | F  | M   | A  | M  | J  |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 28 | 31  | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 120 | 72 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 48 | 36  | 60 | 60 | 60 |
| SD2  |     |    |    |    |    |    | 24 | 24 | 60  |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 |
| PM2  |     | 12 |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|      | 132 | 96 | 72 | 72 | 72 | 72 | 96 | 84 | 108 | 72 | 72 | 72 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1020                | 274,5                 | 85,2%          |

CALENDARIO REPROGRAMADO

|      | J   | A  | S   | O   | N  | D  | E  | F  | M   | A  | M  | J  |
|------|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30  | 31  | 30 | 31 | 31 | 28 | 31  | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 96  | 60 | 96  | 120 | 48 | 48 | 48 | 36 | 24  | 48 | 48 | 48 |
| SD2  |     |    |     |     |    |    | 24 | 24 | 84  |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 |
| PM2  |     | 12 |     |     |    |    |    |    |     |    |    |    |
|      | 108 | 84 | 108 | 132 | 60 | 60 | 84 | 72 | 120 | 60 | 60 | 60 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1008                | 275,0                 | 85,4%          |

MEJORAS DE DISPONIBILIDAD

| FY | Disponibilidad original | Disponibilidad reprogramación | Aumento disponibilidad | Aumento disponibilidad [horas/año] | Ahorro en mantenimiento \$USD |
|----|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 18 | 85,2%                   | 85,4%                         | 0,13%                  | 11,5                               | \$ 920.000,00                 |



FISCAL YEAR 19

CALENDARIO ORIGINAL

|      | J   | A  | S  | O  | N  | D  | E   | F  | M  | A  | M  | J  |
|------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31  | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 120 | 72 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60  | 24 | 12 | 60 | 60 | 60 |
| SD2  |     |    |    |    |    |    | 48  | 48 | 60 |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| PM2  |     | 12 |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
|      | 132 | 96 | 72 | 72 | 72 | 72 | 120 | 84 | 84 | 72 | 72 | 72 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1020                | 274,5                 | 85,2%          |

CALENDARIO REPROGRAMADO

|      | J   | A  | S  | O   | N  | D  | E  | F  | M  | A  | M  | J  |
|------|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30 | 31  | 30 | 31 | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 96  | 60 | 84 | 120 | 24 | 24 | 24 | 0  | 36 | 56 | 24 | 24 |
| SD2  |     |    |    |     |    |    | 24 | 48 | 24 |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| PM2  |     | 12 |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 108 | 84 | 96 | 132 | 36 | 36 | 60 | 60 | 72 | 68 | 36 | 36 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 992                 | 275,7                 | 85,5%          |

MEJORAS DE DISPONIBILIDAD

| FY | Disponibilidad original | Disponibilidad reprogramación | Aumento disponibilidad | Aumento disponibilidad [horas/año] | Ahorro en mantenimiento \$USD |
|----|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 19 | 85,2%                   | 85,5%                         | 0,31%                  | 26,83                              | \$ 2.146.666,67               |

FISCAL YEAR 20

CALENDARIO ORIGINAL

|      | J   | A  | S  | O  | N  | D  | E   | F  | M  | A  | M  | J  |
|------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31  | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 120 | 72 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60  | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| SD2  |     |    |    |    |    |    | 72  |    |    |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| PM2  | 12  |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
|      | 144 | 84 | 72 | 72 | 72 | 72 | 144 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1020                | 274,5                 | 85,2%          |

CALENDARIO REPROGRAMADO

|      | J   | A  | S   | O   | N  | D  | E   | F  | M  | A  | M  | J  |
|------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| Dias | 31  | 31 | 30  | 31  | 30 | 31 | 31  | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 |
| SD   | 96  | 60 | 96  | 120 | 48 | 48 | 48  | 60 | 84 | 56 | 48 | 48 |
| SD2  |     |    |     |     |    |    | 48  |    |    |    |    |    |
| PM   | 12  | 12 | 12  | 12  | 12 | 12 | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| PM2  | 12  |    |     |     |    |    |     |    |    |    |    |    |
|      | 120 | 72 | 108 | 132 | 60 | 60 | 108 | 72 | 96 | 68 | 60 | 60 |

| T.C.<br>[horas/año] | M.P.<br>[horas/año] | M.N.P.<br>[horas/año] | Disponibilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| 8760                | 1016                | 274,7                 | 85,3%          |

MEJORAS DE DISPONIBILIDAD

| FY | Disponibilidad original | Disponibilidad reprogramación | Aumento disponibilidad | Aumento disponibilidad [horas/año] | Ahorro en mantenimiento \$USD |
|----|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 20 | 85,2%                   | 85,3%                         | 0,04%                  | 3,83                               | \$ 306.666,67                 |

TOTALES

| FY | Disponibilidad original | Disponibilidad reprogramación | Aumento disponibilidad | Aumento disponibilidad [horas/año] | Ahorro en mantenimiento [\$USD] |
|----|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 16 | 83,2%                   | 84,5%                         | 1,35%                  | 118,83                             | 9.506.666,67                    |
| 17 | 85,2%                   | 85,3%                         | 0,09%                  | 7,67                               | 613.333,33                      |
| 18 | 85,2%                   | 85,4%                         | 0,13%                  | 11,5                               | 920.000,00                      |
| 19 | 85,2%                   | 85,5%                         | 0,31%                  | 26,83                              | 2.146.666,67                    |
| 20 | 85,2%                   | 85,3%                         | 0,04%                  | 3,83                               | 306.666,67                      |
|    |                         | Σ                             | <b>1,9%</b>            | <b>169</b>                         | <b>13.493.333,33</b>            |

Finalmente con la reprogramación realizada para un período de 5 años fiscales, se logra aumentar la disponibilidad en un 1,9% lo que permite ahorrar costos por mantenimiento estimados en \$USD 13.493.333,33.

**IMPORTANTE:** Para poder obtener los resultados expuestos es necesario que en las detenciones de 48 hrs, donde no hay actividades de larga duración que determinan una ruta crítica, se aumente la dotación de personal para poder llevar a cabo las tareas, puesto que los SD en el calendario original están programados con un tiempo base de 60 hrs. Capacidad de aumento que tiene la Súper Intendencia de Planificación para trabajos puntuales como estos.

## **2.2. MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO**

### **2.2.1. VERIFICACIÓN DE COMPONENTES EN HOJAS DE RUTA SEGÚN ESTRATEGIA Y COMPONENTES EN HOJAS DE RUTA STAND ALONE**

Los componentes de una hoja de ruta corresponden a los materiales, piezas o equipos que se utilizan en una actividad de mantenimiento. Los componentes deben estar catalogados en SAP para puedan ser añadidos en las hojas de ruta, lo que significa que deben estar clasificados con sus respectivas características.

Catalogación:

- Se deben clasificar de acuerdo a si es crítico o no, lo cual permite determinar la estrategia de reposición en el futuro realizada por abastecimiento.
- Se deben detallar la mayor cantidad de características significativas de los componentes, como dimensiones, materiales, propiedades, etc.
- Debe contar con su número de parte (Part Number) que lo identifica únicamente a él (Similar al RUT). También debe poseer número de fabricante creado en SAP y en caso de no tener un número creado, se le ordena su creación.
- Finalmente el componente posee un número de material (Material Number) o Stock Code en bodega el cual se genera automáticamente al crear el componente.

Cuando no están catalogados los componentes, la compra se realiza por cargo directo. Una compra por cargo directo no permite tener la holgura suficiente para cotizar un producto ni abastecer bodega de forma planificada. Esto se traduce en productos más caros y una menor disponibilidad en bodega, pudiendo afectar en la ejecución de la actividad de mantenimiento.

En la catalogación de componentes se trabaja constantemente a los largo de toda la estrategia de mantenimiento. Pero es en los componentes catalogados que aún no están asociados a la hoja de ruta donde se puede mejorar la calidad de la estrategia gestionando su incorporación.

Cabe mencionar que las actividades de inspección, calibración, termografía, revisión y reparación no llevan componentes asociados junto con actividades de limpieza, donde en esta última se utilizan insumos que no se consideran componentes (no se catalogan).

Es importante que los componentes estén añadidos en sus respectivas HR o HRSA, puesto que liberan de tiempo a los planificadores. Si las HR o HRSA no tienen los componentes cargados los planificadores tienen que buscar dichos componentes con sus códigos y cantidades. Aquello, resta tiempo de trabajo efectivo al planificador, tiempo en el cual podría realizar otras actividades referentes a su trabajo. Además, es estándar del sistema de mantenimiento tener cargados los componentes en las HR y HRSA que correspondan.

En esta actividad se trabaja más allá del alcance definido a Chancado Fino, revisando hojas de ruta correspondientes a toda el área seca y área húmeda con un total de 717 HR y 114 HRSA.

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Así como hay actividades en las que no se utilizan componentes catalogados también hay actividades que por su descripción se infiere deben llevar componentes asociados. Estas actividades son las que indican “cambio”, “reemplazo” y “lubricación”. Para poder encontrar los componentes faltantes en las HR y HRSA según corresponda, se deben realizar talleres con el equipo de planificación para determinar cuáles son los componentes faltantes en la plataforma de SAP.

De SAP se descargan todas las HR y HRSA, para los distintos puestos de trabajo del área seca, con el detalle de las operaciones y los componentes utilizados según corresponda.

Luego de revisar la data con las HR y HRSA, en conjunto con los planificadores de cada puesto de trabajo, se encuentran los siguientes resultados (Tabla 18 y Tabla 19):

**Tabla 18 Cantidad de HR provenientes de estrategia con componentes a agregar.**

| WRC               | HR  | HR CC | HR SC | HR CCA | HR CC+CCA | % HR CC | % HR CC+CCA |
|-------------------|-----|-------|-------|--------|-----------|---------|-------------|
| MN34-L01          | 28  | 11    | 17    | 3      | 14        | 39%     | 50%         |
| MN34-M01          | 29  | 0     | 29    | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN34-M04          | 14  | 0     | 14    | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN34-M05          | 1   | 0     | 1     | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN34-M06          | 7   | 7     | 0     | 0      | 7         | 100%    | 100%        |
| MN34-M07          | 59  | 8     | 51    | 5      | 13        | 14%     | 22%         |
| MN45-D01          | 27  | 0     | 27    | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN45-L01          | 145 | 4     | 141   | 73     | 77        | 3%      | 53%         |
| MN45-M01          | 10  | 0     | 10    | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN45-M03          | 4   | 2     | 2     | 4      | 6         | 50%     | 150%        |
| MN45-M02          | 226 | 2     | 224   | 8      | 10        | 1%      | 4%          |
| MN46-E01          | 88  | 0     | 88    | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN46-I01          | 71  | 0     | 71    | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| MN46-E03          | 1   | 0     | 1     | 0      | 0         | 0%      | 0%          |
| XN34-M03          | 7   | 3     | 4     | 1      | 4         | 43%     | 57%         |
| $\Sigma$          | 717 | 37    | 680   | 94     | 131       |         |             |
| % TOTAL HRCC      | 5%  |       |       |        |           |         |             |
| % TOTAL HR CC+CCA | 18% |       |       |        |           |         |             |

Donde:

HR CC: Hoja de ruta con componente cargado.

HR CCA: Hoja de ruta con componente a agregar.

HR CC+CCA: Total de hojas de ruta con componentes.

De un total de 717 HR existen 37 HR con componente cargados, encontrando 94 HR con componentes a agregar. Se aumento de un 5% de HR con componentes cargados a un 18%. Mejora de la calidad en un 13% de las HR.

**Tabla 19 Cantidad de HRSA con componentes a agregar**

| WRC                 | HRSA | HRSA CC | HRSA SC | HRSA CCA | HRSA CC+CCA | % HRSA CC | % HRSA CC+CCA |
|---------------------|------|---------|---------|----------|-------------|-----------|---------------|
| MN34-L01            | 3    | 1       | 2       | 0        | 1           | 33%       | 33%           |
| MN34-M01            | 28   | 22      | 6       | 0        | 22          | 79%       | 79%           |
| MN34-M06            | 2    | 1       | 1       | 0        | 1           | 50%       | 50%           |
| MN34-M07            | 68   | 53      | 15      | 6        | 59          | 78%       | 87%           |
| MN45-M02            | 1    | 0       | 1       | 0        | 0           | 0%        | 0%            |
| MN46-E01            | 5    | 1       | 4       | 3        | 4           | 20%       | 80%           |
| MN46-E02            | 6    | 0       | 6       | 1        | 1           | 0%        | 17%           |
| MN46-I01            | 1    | 0       | 1       | 1        | 1           | 0%        | 100%          |
| $\Sigma$            | 114  | 78      | 36      | 11       | 89          |           |               |
| % TOTAL HRSA CC     | 68%  |         |         |          |             |           |               |
| % TOTAL HRSA CC+CCA | 78%  |         |         |          |             |           |               |

Donde:

HRSA CC: Hoja de ruta stand alone con componente cargado.

HRSA CCA: Hoja de ruta stand alone con componente a agregar.

HRSA CC+CCA: Total de hojas de ruta stand alone con componentes.

De un total de 114 HRSA existen 78 HRSA con componente cargados, encontrando 11 HRSA con componentes a agregar. Se aumento de un 68% de HRSA con componentes cargados a un 78%. Mejora de la calidad en un 10% de las HR.

## 2.2.2. LEVANTAMIENTO DE DOCUMENTOS EN HR PROVENIENTES DE ESTRATEGIA

Además de poseer componentes, una HR tiene documentos de trabajo esenciales para llevar a cabo la actividad de mantenimiento. Existen dos tipos de documentos utilizados en las actividades de mantenimiento, estos son:

- Documento de seguridad: En él se detallan las acciones a tomar antes, durante y después del trabajo, en términos de seguridad.
- Pauta de trabajo: Contiene información técnica y detalla las tareas a realizar dentro de la actividad.

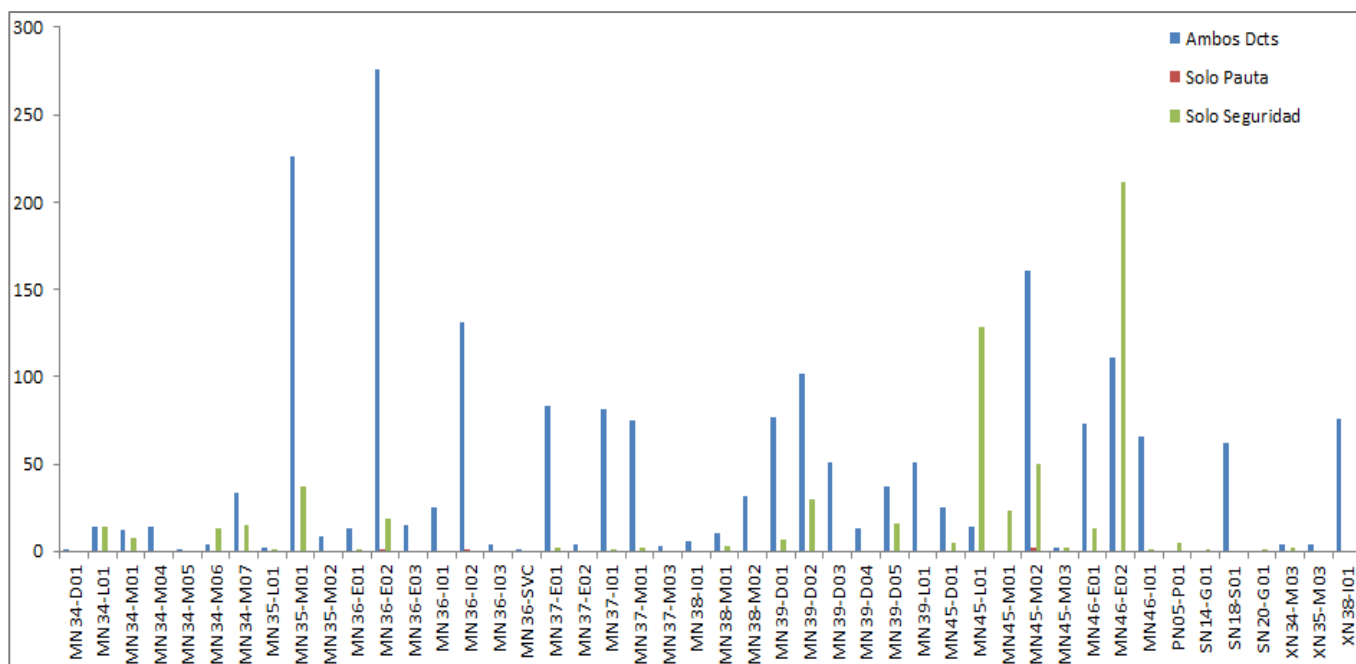
Es importante que todas las HR tengan sus documentos cargados en sistema puesto que permite realizar el trabajo de manera segura, gracias al documento de seguridad, y al mismo tiempo se tiene completo conocimiento de las tareas a ejecutar, riesgos asociados, equipamiento necesario y el tiempo disponible, gracias a la pauta de trabajo.

La pauta de trabajo en particular le entrega sustentabilidad al sistema de mantenimiento, ya que permite estandarizar la ejecución de las actividades de mantenimiento, permitiendo que cualquier mantenedor sepa lo que tiene que hacer. Aquello, asegura que si por cualquier motivo, en un marco hipotético, un mantenedor de experiencia que ha trabajado varios años con los mismos equipos se tuviese que ir del área o de la empresa, cualquier mantenedor será capaz de ejecutar la misma labor.

Para el levantamiento, se descarga del sistema (SAP) la data que contiene todas las HR. Esta data muestra si hay o no documentos cargados en la HR. Trabajando dicha información se obtienen el siguiente levantamiento (ANEXO G y Figura 32):

De un total de 2619 HR correspondientes a PM02, pertenecientes a todos los puesto de trabajo de Área seca, se encontraron 2004 HR que poseen ambos documentos (Pauta de trabajo y documento de seguridad), 611 HR que solo tienen documento de seguridad y 4 HR que poseen solo pauta de trabajo. Esto significa que un 23% de los trabajos se realiza sin instructivo de la actividad y un 0,15% de las actividades sin documento de seguridad.





**Figura 32 Gráfico de la cantidad de documentos cargados en HR (SAP) por puesto de trabajo (WRC)**

La corrección de este hallazgo es imperativa si se desea tener un sistema prolijo de mantenimiento con todos sus recursos estandarizados. Para esto se necesita un equipo de trabajo que se encargue de crear pautas en el caso de que no existan, modificar pautas si están obsoletas y finalmente cargar las pautas para ambas situaciones.

## **CAPÍTULO II**

### **3 MEJORA DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE:**

#### **3.1. MEJORA DE LA CALIDAD DE LA FRECUENCIA DE ACTIVIDADES DE MONCON**

En mantenimiento preventivo, las actividades de mantenimiento se realizan con cierta frecuencia. Estas frecuencias se pueden determinar de tres formas: utilizando métodos estadísticos, utilizando modelos matemáticos y/o basándose en la experiencia de los técnicos que deben elaborar el plan de mantenimiento.

Al mismo tiempo, existen dos formas de indicar la frecuencia con la que debe realizarse una tarea de mantenimiento: siguiendo periodicidades fijas, es decir, indicando el espacio de tiempo que debe transcurrir entre intervenciones y/o determinándola a partir de las horas de funcionamiento.

Es entonces la frecuencia, un factor determinante a la hora de prevenir una falla. Es por esto que se desea evaluar la calidad de las frecuencias asignadas a las actividades de mantenimiento de MONCON.

Lo que se desea obtener con la disminución de la frecuencia de las actividades de mantenimiento es liberar recursos (HH) y así poder cubrir otros requerimientos de la estrategia de mantenimiento, logrando ser más productivos.

La información a analizar proviene de todos los avisos subsecuentes generados por los KPT's o usuarios pertenecientes a MEL del área de MONCON. Pudiendo encontrar planes antiguos y nuevos. Se analizan los planes antiguos puesto que son reemplazados por los nuevos y entonces su data histórica incide en el análisis de estos últimos.

Esta información data desde enero del 2014 hasta abril del 2015. Se revisan un total de 446 M.I. que arrojan 4148 órdenes de trabajo (PM02) en donde se generan un total de 420 avisos subsecuentes.

Cabe señalar que este análisis engloba a Área Seca y Área Húmeda.

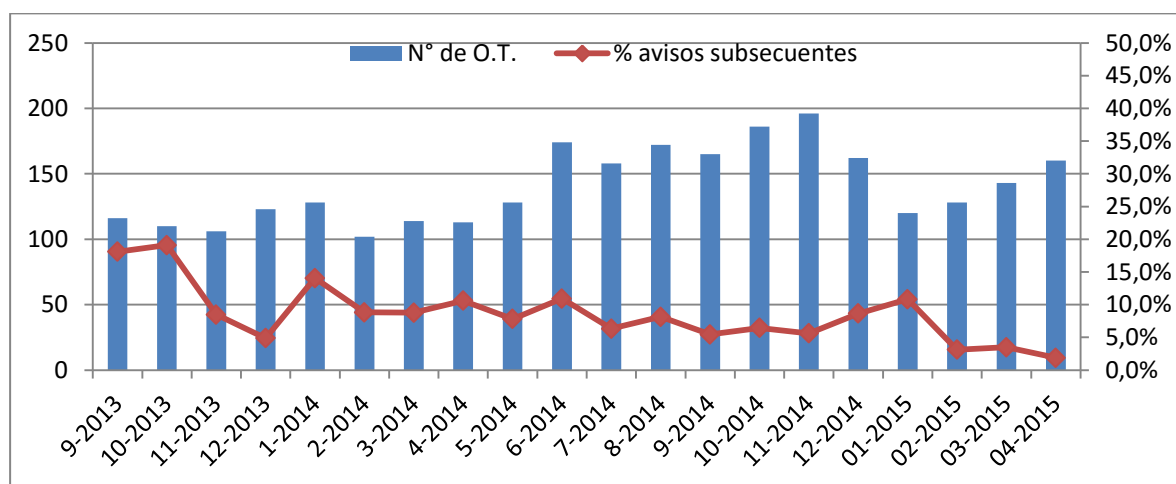
## METODOLOGÍA

En las actividades de MONCON, principalmente se busca encontrar desviaciones fuera de los estándares determinados y para acusar tales desviaciones se utilizan los avisos subsecuentes.

Para evaluar la calidad de la frecuencia de una actividad se analiza la cantidad de avisos subsecuentes generados por órdenes de trabajo provenientes de estrategia (PM02).

Para determinar qué porcentaje de avisos subsecuentes por órdenes de trabajo valida o no la frecuencia de las actividades de mantenimiento se necesita de un benchmark de trabajo.

El benchmark a utilizar se obtiene de manera interna revisando el historial de avisos subsecuentes generados por órdenes de trabajo (PM02) desde septiembre del 2013 hasta abril del 2015 (Figura 33). Este se determina calculando el promedio en dicho periodo el cual corresponde a un 8,6% (Tabla 20) y con el fin de mejorar la calidad de las frecuencias, el benchmark de trabajo se define en un 15% indicando que todas las actividades de mantenimiento que estén por debajo de dicho porcentaje requieren de evaluación para una nueva frecuencia.



**Figura 33 N° de O.T (PM02) y porcentaje de avisos subsecuentes generados en puesto de trabajo MN39**

**Tabla 20 N° O.T. y N° avisos subsecuentes**

| Mes-Año         | N° O.T. | N° Avisos subsecuentes | % A.S v/s O.T. |
|-----------------|---------|------------------------|----------------|
| sep-13          | 116     | 21                     | 18,1%          |
| oct-13          | 110     | 21                     | 19,1%          |
| nov-13          | 106     | 9                      | 8,5%           |
| dic-13          | 123     | 6                      | 4,9%           |
| ene-14          | 128     | 18                     | 14,1%          |
| feb-14          | 102     | 9                      | 8,8%           |
| mar-14          | 114     | 10                     | 8,8%           |
| abr-14          | 113     | 12                     | 10,6%          |
| may-14          | 128     | 10                     | 7,8%           |
| jun-14          | 174     | 19                     | 10,9%          |
| jul-14          | 158     | 10                     | 6,3%           |
| ago-14          | 172     | 14                     | 8,1%           |
| sep-14          | 165     | 9                      | 5,5%           |
| oct-14          | 186     | 12                     | 6,5%           |
| nov-14          | 196     | 11                     | 5,6%           |
| dic-14          | 162     | 14                     | 8,6%           |
| ene-15          | 120     | 13                     | 10,8%          |
| feb-15          | 128     | 4                      | 3,1%           |
| mar-15          | 143     | 5                      | 3,5%           |
| abr-15          | 160     | 3                      | 1,9%           |
| <b>Promedio</b> |         |                        | <b>8,6%</b>    |

Además del benchmark de trabajo, es importante considerar la criticidad del equipo y/o actividad de mantenimiento, puesto que, aunque la actividad no genere hallazgos, dada la criticidad que posea el equipo o la actividad, puede no ser recomendable modificar su frecuencia. Para aquello, es que se trabaja directamente con los mantenedores de monitoreo de condiciones, conocedores de la estrategia, revisando una por una las actividades de mantenimiento.

De la misma manera, no se modificarán las frecuencias de las actividades que, a pesar que estén bajo el benchmark de trabajo, posean historiales de órdenes de trabajo reducidos (bajo 10 O.T.)

Las nuevas frecuencias se determinan con la siguiente lógica:

- Actividades con frecuencia de 1S y 2S: 100% de holgura quedando en 2S y 4S respectivamente.
- Actividades con frecuencia 3S: 70% de holgura pudiendo quedar en 5S.
- Actividades con frecuencia 4S y 5S: 60% de holgura pudiendo quedar en 6S y 7S respectivamente.
- Actividades con frecuencia 8S y 9S: 40% de holgura pudiendo quedar en 10S y 11S respectivamente.
- Actividades con frecuencia 12S: 20% de holgura pudiendo quedar en 14S
- Actividades con frecuencia 24S: 10% de holgura pudiendo quedar en 26S

Nota 1: Existen excepciones aisladas en donde se sale de la holgura. Tales excepciones se detallan en el análisis.

Nota 2: Para frecuencias diarias, se trabajan en semanas respetando los mismos porcentajes de holguras.

### 3.1.1. RESULTADOS

Aplicando el benchmark de trabajo a la data, de los 446 M.I. se obtienen 343 M.I. a los cuales se les debe evaluar la frecuencia con que se realizan.

Trabajando una a una las actividades de mantenimiento, por medio del criterio de criticidad de equipos y/o actividades, se redujo de 344 M.I. a 92 M.I.

Estas actividades se pueden clasificar según su estado de vigencia y antigüedad en el sistema:

| Antigüedad M.I. | Estado en sistema                       |
|-----------------|---|
| Old (Antiguo)   | Deletion flag (Con petición de borrado) |
|                 | Active (Activo)                         |
|                 | Inactive (Inactivo)                     |
| New (Nuevo)     | Deletion flag (Con petición de borrado) |
|                 | Active (Activo)                         |
|                 | Inactive (Inactivo)                     |

Esto es importante, ya que 35 M.I corresponden a actividades antiguas con petición de borrado, por lo que las nuevas frecuencias a determinar aplican a los nuevos M.I que los reemplazan (ANEXO H). De esta manera se restan los M.I. antiguos con petición de borrado y se suman 20 M.I. nuevos y activos, que están sobre el benchmark de trabajo, resultando 82 M.I a los que se les debe modificar su frecuencia (ANEXO I, ANEXO J, ANEXO K y ANEXO L).

**Tabla 21 cantidad de M.I. a modificar sus frecuencias con ganancias en HH**

| Antigüedad M.I. | Estado en sistema | Cant. M.I a modificar | Ganancias en HH anual |
|-----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nuevo           | Activo            | 20                    | 300,7                 |
|                 | Inactivo          | 2                     | 468,0                 |
| Antiguo         | Activo            | 33                    | 464,6                 |
|                 | Inactivo          | 7                     | 370,0                 |
|                 |                   |                       | <b>1603,3</b>         |

Finalmente se obtienen 765,3 HH de planes activos, las cuales pueden ser utilizadas en otras actividades de forma inmediata una vez que se realicen los cambios. Las 838 HH restantes se consideran potenciales ganancias hasta que se vuelvan a activar los planes.

### **3.2. IDENTIFICAR RUTAS DE MONCON CON MAYOR SOLICITUD DE HH Y SUGERIR MEJORAS DE MONITOREO EN LÍNEA QUE LIBEREN RECURSOS**

El puesto de trabajo MN39 de monitoreo de condiciones posee distintas actividades las cuales asumen distintos responsables: MN39-D01, MN39-L01, MN39-D02, MN39-D03, MN39-D04 Y MN39-D05. Cada puesto de trabajo responsable corresponde a una especialidad y posee una carga de HH determinada por sus rutas de trabajo.

Las rutas de trabajo se definen según el tipo de trabajo a realizar, ya sea: vibraciones, lubricación, ultrasonido, scanner, radiografías, mediciones, inspecciones y termografías.

Para cada ruta de trabajo se desea calcular su carga de HH y así identificar la ruta con mayor consumo de estos recursos. Aquello, para sugerir actividades de monitoreo en línea que liberen dichos recursos y lograr ser más productivos.

Desde la plataforma de SAP se obtienen la data con todas las actividades de mantenimiento para el puesto de trabajo MN39 la cual se trabaja para obtener las cargas de HH por puesto responsable (detalle cargas de HH ANEXO M ) y ruta de trabajo (Tabla 22 y Tabla 23).

**Tabla 22 Carga de HH por puesto de trabajo responsable**

| WRC      | Empresa | N° actividades | Total HH  |
|----------|---------|----------------|-----------|
| MN39-D01 | MEL     | 81             | 2.469,61  |
| MN39-L01 | MEL     | 53             | 3.738,21  |
| MN39-D02 | MEL     | 132            | 6.120,93  |
| MN39-D03 | P&C     | 51             | 3.533,07  |
| MN39-D04 | P&C     | 17             | 495,00    |
| MN39-D05 | TTM     | 55             | 4.602,43  |
| Total    |         |                | 20.959,26 |

**Tabla 23 Carga de HH por ruta de trabajo**

| RUTAS MONCON             | Empresa | WRC      | TOTAL HH  |
|--------------------------|---------|----------|-----------|
| Vibraciones              | MEL     | MN39-D01 | 2.250,98  |
| Moncon Online            |         |          | 190,00    |
| Lubricación              |         | MN39-L01 | 3.738,21  |
| Moncon Term.             |         | MN39-D02 | 3.345,11  |
| Elec Insp                |         |          | 2.775,82  |
| Moncon Insp. Estructuras | MEL     | MN39-D01 | 125,67    |
|                          | P&C     | MN39-D03 |           |
| Ultrasonido              | MEL     | MN39-D01 | 3.931,04  |
|                          | P&C     | MN39-D03 |           |
|                          | P&C     | MN39-D04 |           |
| Medición Espesor         | TTM     | MN39-D05 | 286,00    |
| Moncon Insp. Visual      |         |          | 3.972,80  |
| Radiografía              |         |          | 283,83    |
| Scanner                  |         |          | 59,80     |
|                          |         | Total    | 20.959,26 |

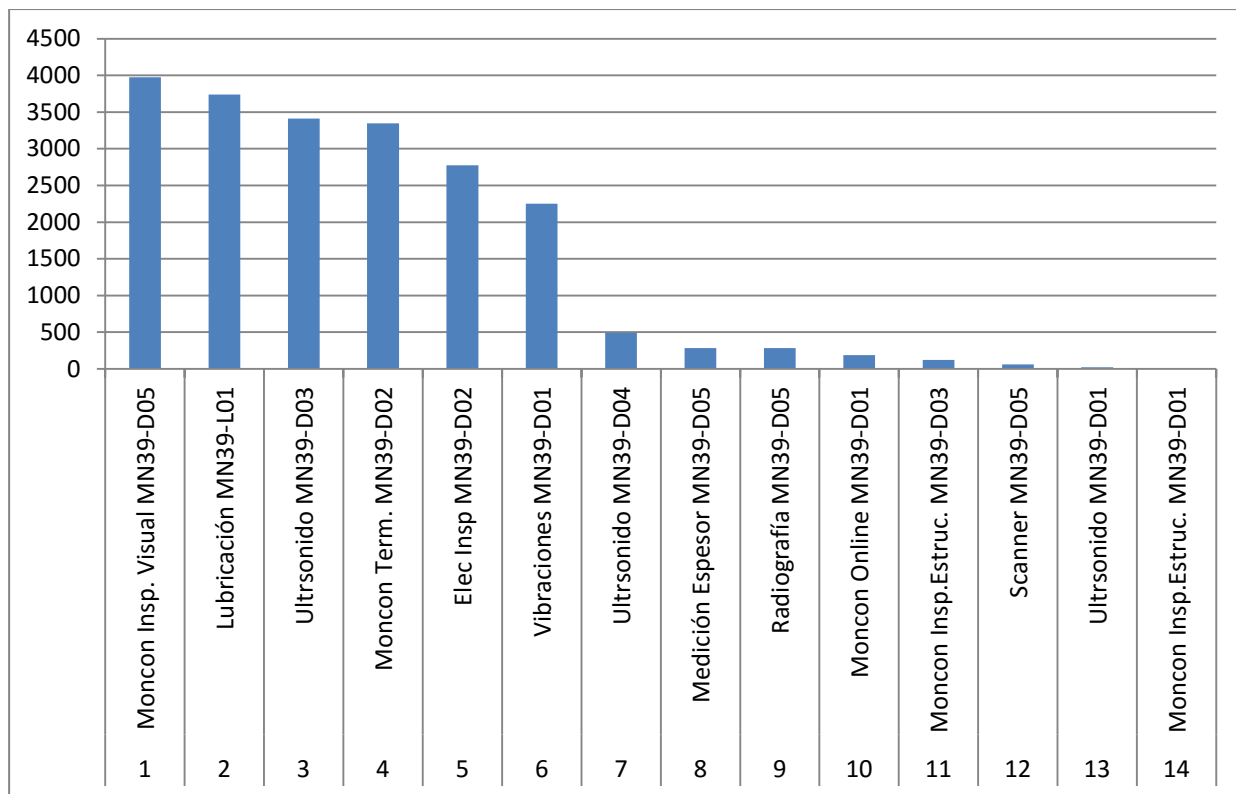
Intersectando ambas tablas se pueden encontrar las mayores cargas de HH por ruta de trabajo y responsable.

**Tabla 24 cargas de HH por ruta y puesto responsable de trabajo**

| Ruta de trabajo          | WRC (Work Resource Center - Responsable puesto de trabajo) |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | MN39-D01   | MN39-L01 | MN39-D02 | MN39-D03 | MN39-D04 | MN39-D05 |
| Vibraciones              | 2251,0   |          |          |          |          |          |
| Moncon Online            | 190,0  |          |          |          |          |          |
| Lubricación              |  | 3738,2   |          |          |          |          |
| Moncon Term.             |  |          | 3345,1   |          |          |          |
| Elec Insp                |  |          | 2775,8   |          |          |          |
| Moncon Insp. Estructuras | 4,3  |          |          |          |          |          |
|                          |  |          |          | 121,3    |          |          |
| Ultrasonido              | 24,3   |          |          |          |          |          |
|                          |  |          |          | 3411,6   |          |          |
|                          |  |          |          |          | 495      |          |
| Medición Espesor         |  |          |          |          |          | 286,0    |
| Moncon Insp. Visual      |  |          |          |          |          | 3972,8   |
| Radiografía              |  |          |          |          |          | 283,8    |
| Scanner                  |  |          |          |          |          | 59,8     |
| Total                    | 2469,6   | 3738,2   | 6120,9   | 3532,9   | 495,0    | 4602,4   |

De la Tabla 24 se identifican las rutas con mayores consumos de HH y a que puesto responsable de trabajo corresponden.





**Figura 34 Gráfica con los mayores consumos de HH por ruta de trabajo**

SUGERENCIAS DE MONITOREO EN LÍNEA

**Tabla 25 Lista de sugerencias de monitoreo en línea para rutas detectadas con mayores cargas de HH**

| Ruta monitoreo de condiciones | HH     | Actividades   | Equipos   | Sugerencia   |
|-------------------------------|--------|---|---|--|
| Inspección visual             | 3972,8 | Inspecciones visuales y auditivas a componentes de los equipos                    | Correas (Estructuras, poleas, polines, cinta, raspadores, sensores y sellos)                              | Esta actividad requiere ser realizada por personal en terreno por la cantidad de componentes a inspeccionar. Se sugiere instalar un sistema de inspección visual automatizado para la cinta transportadora, único componente que se puede inspeccionar en un solo punto. |
| Lubricación                   | 3738,2 | Inpecciones de temperatura de aceites, conteo de partículas, muestras y análisis. | Correas, chancadores, tambores aglomeradores y bombas.  | Dado a que las actividades de lubricación requieren que el personal tome las muestras solo se puede mejorar en disponer de un servidor en línea de los datos analizados en vez de tener la información en un solo computador.  |
| Ultrasonido                   | 3411,6 | Ultrasonido   | Líneas de fluidos, tanques de fluidos y poleas de correas.  | Instalar sistema de ultrasonido en línea en poleas.  |
| Termografía                   | 3345,1 | Termografía   | Motores y cubículos de salas eléctricas.  | Instalar sistema de análisis termográfico en línea en motores y salas eléctricas.  |
| Inspecciones eléctricas       | 2775,8 | Inpecciones   | Motores, bomas, salas eléctricas, agitadores, sopladores, correas y MDC.                                  | Esta actividad requiere ser realizada por personal con instrumentación en terreno no pudiendo implementar un sistema en línea.   |
| Vibraciones                   | 2251,0 | Vibraciones   | Sistemas motriz, correas, chancadores, harneros, poleas, agitadores, MDC, aglomerado, bombas y sopladores | Ya existen sistema en línea para correas, bombas y tambores aglomeradores. Evaluar aumentar equipos a monitorear.  |

#### **4. ANÁLISIS DE LAS OPORTUNIDADES DE EJERCICIO EN TIME ON TOOL**

El ejercicio de “Time on Tool” es una herramienta de trabajo que estudia el tiempo efectivo de trabajo de un trabajador o un grupo de trabajadores. El análisis se lleva a cabo identificando las tareas o actividades que contiene la jornada laboral para luego contabilizar la duración que toma ejecutarlas.

En definitiva, el trabajo consiste en observar lo que hacen los trabajadores durante toda su jornada laboral, como lo hacen y cuanto se demoran en hacerlo. Con esto, se busca aumentar la eficiencia en el trabajo y aumentar la productividad. Esta es una herramienta simple y de bajo costo.

Para interpretar los datos obtenidos del estudio se utilizan métodos estadísticos que definen la muestra para que se puedan realizar inferencias válidas sobre una población más amplia. La validez y utilidad de estas inferencias dependen de cómo el estudio ha sido diseñado y ejecutado, por lo que la estadística debe considerarse como una parte integrante del método de trabajo “Time on Tool”.

##### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

En estadística, el término población se utiliza para describir todas las posibles observaciones de una determinada variable o todas las unidades sobre las que podría haberse realizado una observación. Habitualmente se estudian muestras en lugar de poblaciones por criterios de eficiencia.

El término muestra se refiere a cualquier conjunto específico de sujetos u observaciones procedentes de una población determinada. Para que sea útil y la estadística aplicable, se requiere que la muestra tenga un tamaño razonable y sea representativa de la población de la que procede. Un tamaño elevado no asegura la representatividad, sino que ésta radica básicamente en que la muestra haya sido escogida adecuadamente y esté libre de sesgos.

Dado que diferentes muestras podrían conducir a diferentes resultados, se necesita una medida de la precisión de esta estimación, lo que se hace mediante el cálculo del llamado intervalo de confianza o niveles de confianza.

El nivel de confianza deseado (Z). Indica el grado de confianza que se tendrá; que el valor verdadero del parámetro en la población se encuentre en la muestra calculada. Cuanta más confianza se desee, será más elevado el número de sujetos u observaciones necesarias. Se fija en función del interés del investigador. Los valores más comunes son 99% 95% o 90% (Tabla 26).

La precisión absoluta (d). Es la amplitud deseada del intervalo de confianza a ambos lados del valor real de la diferencia entre las dos proporciones (en puntos porcentuales) (Tabla 27).

**Tabla 26 Niveles de confianza y error para  $Z_{\alpha}$**

| % Error [e] | Nivel de Confianza | Valor de Z |
|-------------|--------------------|------------|
| 1           | 99%                | 2,326      |
| 5           | 95%                | 1,645      |
| 10          | 90%                | 1,282      |

**Tabla 27 Valores de precisión absoluta para niveles de confianza**

| Nivel de Confianza | Valor d |
|--------------------|---------|
| 99%                | 0,01    |
| 95%                | 0,05    |
| 90%                | 0,1     |

## FÓRMULA PARA CALCULAR LA MUESTRA EN ESTUDIOS DESCRIPTIVOS

Para una población finita (cuando se conoce el total de unidades de observación que la integran):

$$n = \frac{N * S^2 * Z^2}{(N-1) * d^2 + S^2 * Z^2} \quad (\text{EC } 12)$$

donde:

n = tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

$S^2$  = varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto). Cuando se desconoce la varianza, se utiliza el máximo valor de esta,  $S=0,5$ .

$Z^2$  = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza.

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

### DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA.

El ejercicio fue llevado a cabo por la empresa colaboradora (Akhand) junto a personal propio de MEL. El estudio tiene un alcance de 4 puestos de trabajo del área seca definidos por el departamento de A&I, estos son:

**Tabla 28 Puestos de trabajo estudiados**

| WRC      | ESPECIALIDAD | EMPRESA |
|----------|--------------|---------|
| MN34-M01 | Mecánico     | MEL     |
| MN34-M07 | Mecánico     | TECHINT |
| MN45-M02 | Mecánico     | FAM     |
| MN46-E01 | Eléctrico    | MEL     |

El tamaño de la población está definido por la disponibilidad de los puestos de trabajo y el tiempo disponible de 9 semanas para realizar el estudio. A excepción del puesto de trabajo MN34-M07 que fue estudiado por 5 semanas, por ser turno 7x7, el resto de los puestos de trabajo fue estudiado por 9 semanas continuas en turno 4x3.

Entonces, el tamaño de la población se calcula multiplicando las horas semanales por la cantidad de semanas para cada puesto de trabajo.

**Tabla 29 Población global y por puesto de trabajo**

| WRC      | Horas/semana | Período de estudio [semanas] | Disponibilidad [horas] |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------|
| MN34-M01 | 45           | 9                            | 405                    |
| MN34-M07 | 84           | 5                            | 420                    |
| MN45-M02 | 45           | 9                            | 405                    |
| MN46-E01 | 45           | 9                            | 405                    |
|          |              |                              | <b>1635</b>            |

Una vez conocida la población se puede calcular la muestra que se requiere para el nivel de confianza escogido.

**Tabla 30 Muestras mínimas calculadas con un 95% de confianza**

| WRC         | Población [N] | Desviación estándar [S] | Nivel de confianza 1 - $\alpha=95\%$ [Z] | Error $\alpha=5\%$ [d] | Muestra calculada [n] |
|-------------|---------------|-------------------------|--|------------------------|-----------------------|
| MN34-M01    | 405           | 0,5                     | 1,645                                    | 0,05                   | 162,46                |
| MN34-M07    | 420           | 0,5                     | 1,645                                    | 0,05                   | 164,81                |
| MN45-M02    | 405           | 0,5                     | 1,645                                    | 0,05                   | 162,46                |
| MN46-E01    | 405           | 0,5                     | 1,645                                    | 0,05                   | 162,46                |
| <b>1635</b> |               | <b>0,5</b>              | <b>1,645</b>                             | <b>0,05</b>            | <b>232,30</b>         |

**Tabla 31 Muestras mínimas calculadas con un 90% de confianza**

| WRC         | Población [N] | Desviación estándar [S] | Nivel de confianza 1 - $\alpha=90\%$ [Z] | Error $\alpha=10\%$ [d] | Muestra calculada [n] |
|-------------|---------------|-------------------------|--|-------------------------|-----------------------|
| MN34-M01    | 405           | 0,5                     | 1,282                                    | 0,1                     | 37,39                 |
| MN34-M07    | 420           | 0,5                     | 1,282                                    | 0,1                     | 37,51                 |
| MN45-M02    | 405           | 0,5                     | 1,282                                    | 0,1                     | 37,39                 |
| MN46-E01    | 405           | 0,5                     | 1,282                                    | 0,1                     | 37,39                 |
| <b>1635</b> |               | <b>0,5</b>              | <b>1,282</b>                             | <b>0,1</b>              | <b>40,10</b>          |

**Tabla 32 Comparación entre muestras mínimas calculadas y muestras registradas en terreno**

| WRC      | Disponibilidad o Población [horas] | Muestra 95% de confianza [horas] | Muestra 90% de confianza [horas] | Muestras registradas [horas] |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| MN34-M01 | 405                                | 162,46                           | 37,39                            | 72                           |
| MN34-M07 | 420                                | 164,81                           | 37,51                            | 108                          |
| MN45-M02 | 405                                | 162,46                           | 37,39                            | 72                           |
| MN46-E01 | 405                                | 162,46                           | 37,39                            | 36                           |
|          | <b>1635</b>                        | <b>232,3</b>                     | <b>40,10</b>                     | <b>288</b>                   |

Para la población Global de 1635 horas la muestra registrada global de 289 horas supera el 95% de confianza y para las poblaciones por puesto de trabajo las muestras superan el 90% de confianza a excepción del puesto de trabajo MN46-E01 que alcanza un 89,6% de confianza. Por lo tanto, las muestras registradas en terreno se consideran representativas de la población.

#### LEVANTAMIENTO DEL EJERCICIO “TIME ON TOOL”

Se determinan dos grupos de actividades, “Task Time” y “Non Task Time”. Estas engloban las tareas o actividades que se desarrollan durante la jornada laboral.

En el grupo “Task Time” se encuentran las actividades que se traducen en tiempo efectivo de trabajo, tales como:

- Seguridad (safety)
- Ejecución del trabajo (tool time)
- Tiempo en sistema (system time)

En el grupo “Non Task Time” se encuentran las actividades que no aportan directamente a la ejecución del trabajo, tales como:

- Tiempo de traslado (travel time)
- Tiempo de espera (waiting time)
- Reuniones (Meetings)
- Descansos o quiebres de actividades (breaks)

Una vez definidos los grupos, la distribución de los tiempos registrados en terreno queda de la siguiente manera:

**Tabla 33 Distribución de tiempos registrados en actividades “Task Time”**

| WRC      | Muestras registradas [horas] | TASK TIME  |               |                 | TOTAL [%] |
|----------|------------------------------|------------|---------------|-----------------|-----------|
|          |                              | Safety [%] | Tool-time [%] | System time [%] |           |
| MN34-M01 | 72                           | 1          | 51            | 24              | 76        |
| MN34-M07 | 108                          | 18         | 55            | 0               | 73        |
| MN45-M02 | 72                           | 11         | 35            | 0               | 46        |
| MN46-E01 | 36                           | 6          | 31            | 11              | 48        |

**Tabla 34 Distribución de tiempos registrados en actividades "Non Task Time"**

| WRC      | Muestras registradas [horas] | NON TASK TIME   |                  |              |            | TOTAL [%] |
|----------|------------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------|-----------|
|          |                              | Travel time [%] | Waiting time [%] | Meetings [%] | Breaks [%] |           |
| MN34-M01 | 72                           | 6               | 4                | 6            | 8          | 24        |
| MN34-M07 | 108                          | 6               | 5                | 6            | 10         | 27        |
| MN45-M02 | 72                           | 11              | 30               | 3            | 10         | 54        |
| MN46-E01 | 36                           | 10              | 3                | 36           | 3          | 52        |



Con estos resultados y por medio de un benchmark de trabajo, definido en un “Task Time” del 50%, se desea identificar las actividades deficientes junto con encontrar oportunidades de mejora en los puestos de trabajo que estén por debajo del benchmark de la industria.

Por lo tanto, los puestos de trabajo que se detectan bajo el benchmark son:

- MN45-M02 (Mecánico FAM)
- MN46-E01 (Eléctrico MEL)

Para el puesto de trabajo MN45-M02, la propia empresa FAM está llevando a cabo mejoras internas en sus prácticas para revertir los resultados.

Y es en el puesto de trabajo de MEL MN46-E01 donde se desarrollará el análisis en las deficiencias encontradas y se generará un plan de acción para las brechas detectadas.

#### 4.1. BRECHAS DETECTADAS Y PLANES DE ACCIÓN

Para las brechas o deficiencias detectadas se deben generar acciones que corrijan y mejoren la planificación y ejecución de las actividades de trabajo. De esta manera se aumentarán los tiempos en actividades “Task Time” y disminuirán los tiempos en actividades “Non Task Time”.

**Tabla 35 Plan de acción para brechas detectadas en actividades "Task Time"**

| Actividad   | Brecha detectada   | Acción, mejora o solución   | Responsable                             | Fecha límite |
|-------------|--|---|---|--------------|
| Tool time   | Se realizan actividades de mantenimiento sin utilizar las pautas o procedimientos de mantenimiento en terreno.   | Mejorar disciplina del uso del work pack de trabajo realizando control periódico por parte de los supervisores.   | Supervisores eléctricos                 | sep-15       |
|             | El plan que se emite para ejecutar es pobre en actividades PM02, por lo que se requiere llegar a un 50% de las HH totales en actividades provenientes de estrategia. | Revisar cuales son las actividades PM01 que más se repiten para transformarlas en PM02.   | Gustavo de la Jara.<br>Renato Sandoval. | sep-15       |
| System time | No se registran las atenciones solicitadas durante el día por parte de operaciones, ingeniería y mantenimiento   | Instruir a mantenedores en seguir los procedimientos de trabajo.<br>Las tareas imprevistas por requerimientos de operaciones, proyecto y/o mantenimiento deben generar avisos y ordenes de trabajo en el sistema. | Supervisores eléctricos                 | sep-15       |

**Tabla 36 Plan de acción para brechas detectadas en actividades “Non Task Time”**

| Actividad | Brecha detectada   | Acción, mejora o solución   | Responsable        | Fecha límite |
|-----------|--|---|--------------------|--------------|
| Meetings  | Reuniones mal planificadas y sin estructura.   | Generar rutina diaria para los supervisores eléctricos donde se optimicen los tiempos de reuniones. | Gustavo de la Jara | sep-15       |
|           |  | Generar registros de los acuerdos.  | Gustavo de la Jara | sep-15       |
|           | Deficiente comunicación entre turnos para coordinar capacitaciones.                    | Planificar capacitaciones según dotación existente de mantenedores.                                 | Gustavo de la Jara | sep-15       |
|           | Se interrumpe capacitación para atender solicitudes tras no tener dotación suficiente. |   |                    |              |

#### 4.2. HALLAZGOS

- Se ajustan los recursos de las órdenes de trabajo PM02, realizando ajuste en las HH de las órdenes del mismo origen de forma manual, generando un trabajo extra hacia el planificador.

Se realiza la verificación en el sistema de las actividades de mantenimiento que se generan en forma automática, en la cual se puede visualizar modificaciones en el número de personas que realizan la actividad.

Plan de acción: Identificar actividades u órdenes que se ajustan recurrentemente para saber cuáles son y corregirlas definitivamente. Se deben modificar las HH en plan de SAP para evitar ajustes manuales de capacidad y re-trabajo.

Responsable: A&I

Fecha límite: Octubre 2015

- Mejorar tiempo de bloqueo.

Plan de acción: Se está trabajando en una iniciativa de disminución en el tiempo de los bloqueos junto con las empresas colaboradoras.

Responsable: Antonio Cortes.

Fecha límite: Septiembre 2015

- Se detecta mala práctica por parte de los mantenedores en el ingreso de las horas reales de la actividad de mantenimiento en SAP.

Se ejecuta el proceso de cierre de acuerdo a lo establecido en el proceso de ISAP, pero la confirmación de tiempo no es la real de ejecución del trabajo, se notifica la cantidad planificada de HH que aparece en la orden siendo que existen diferencias con lo realizado en terreno.

Plan de acción: Se debe instruir a los mantenedores en el correcto uso del sistema, debiendo ingresar las horas reales de trabajo y la información relevante respecto al trabajo ejecutado (fotografías y comentarios).

Responsable: Supervisores eléctricos.

Fecha límite: Septiembre 2015

## CONCLUSIONES

Dado a que Minera Escondida Limitada es una minera de nivel mundial, posee un estructurado plan de mantenimiento soportado por distintas herramientas de análisis y gestión, es por esto que para poder mejorar el plan de mantenimiento se debe pensar en la mejora continua prestando especial atención a los detalles.

Para poder identificar dichos detalles, los cuales permitirán mejorar el plan de mantenimiento, se debe conocer a cabalidad lo que se tiene como tal: origen del plan, identificación y manejo de los recursos, equipos críticos y sistema de gestión. De esta manera se puede ir mejorando en los detalles, que hacen la diferencia.

En la búsqueda por mejorar el plan de mantenimiento, se debe trabajar en optimizar la calidad de la estrategia con la finalidad de aumentar la productividad, disminuir costos y, mejorar los procesos y procedimientos en el mantenimiento. También, se debe dar énfasis en el correcto uso de las herramientas de gestión, preocupándose de mantener los estándares definidos y establecidos.

En definitiva, por medio de la realización de distintos trabajos de mejoras en las áreas de planificación y ejecución se logra obtener una mejora sinérgica sobre el plan de mantenimiento.

El tener un complejo plan de mantenimiento no significa que no se pueda seguir mejorando, ya que la industria crece constantemente de la mano de nuevas tecnologías de manera muy competitiva, de manera que los cambios se presentan con la misma velocidad, debiendo abrazar al cambio.

Finalmente se concluye que cuando ya existe un plan de mantenimiento basado en herramientas de análisis y es efectivo, se debe poner atención en revisar y mejorar lo implementado de manera constante, con la intención de encontrar deficiencias a corregir y mejorar el plan de mantenimiento existente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Minera Escondida Limitada

Manual de inducción (2013)

- Rosendo Huerta Espinoza

El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional

<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/> Revisado el 15/08/2015

- Santiago García

Plan de mantenimiento basado en RCM.

<http://www.ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm> Revisado 02/06/2015

- Pascual Rodrigo (2008)

El arte de mantener, departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile.

- SAP Informaiton

<http://help.sap.com/> Revisado 09/05/2015

- Iourival Tavares

Administración moderna del mantenimiento

- Portal minero

<http://www.portalminero.com/display/home/Portal+Minero> Revisado 19/06/2015

- Consejo de competencias mineras

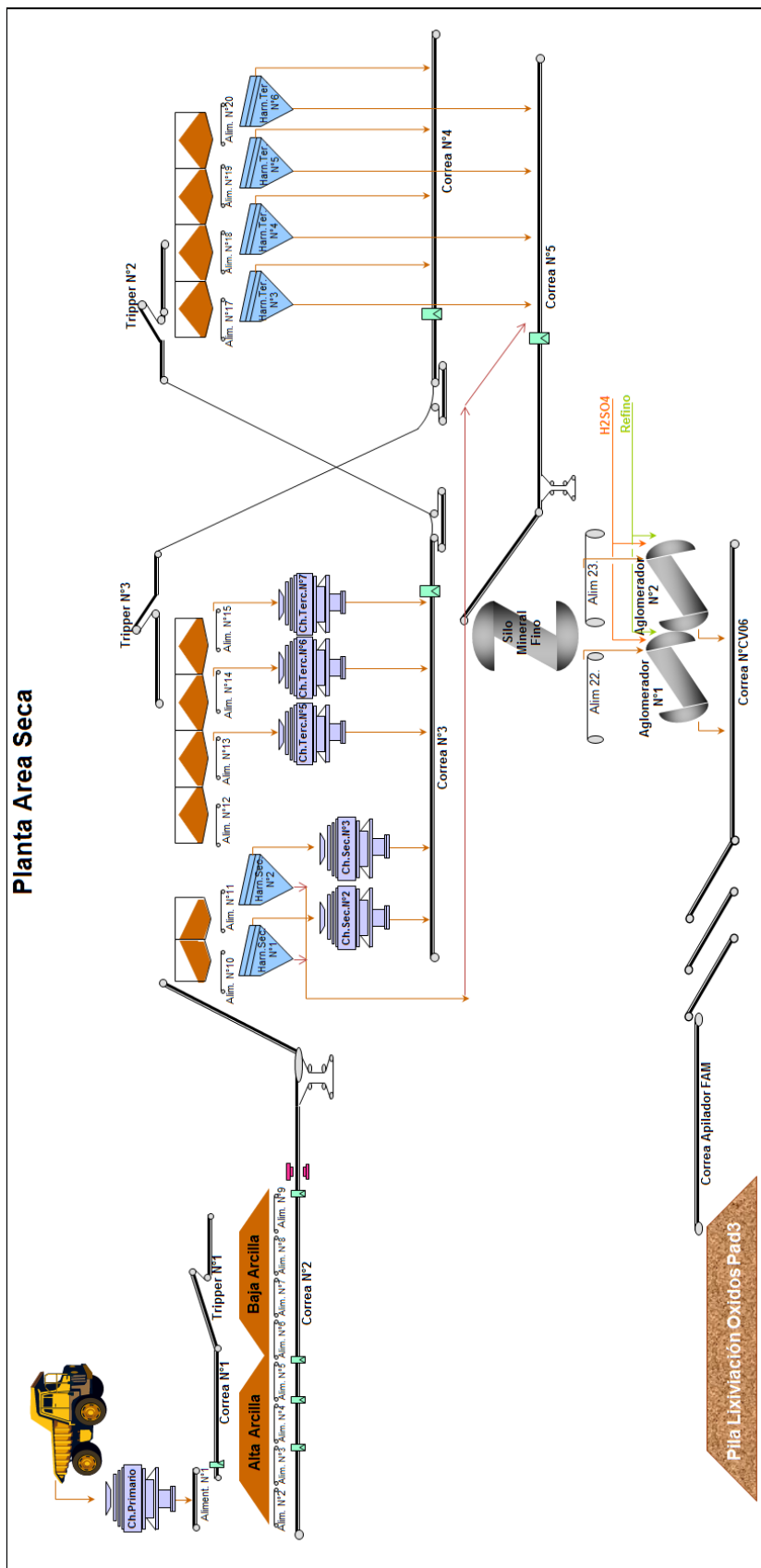
<http://www.ccm.cl/> Revisado 03/04/2015

- Mantenimiento Mundial

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/> Revisado 16/04/2015

ANEXOS

ANEXO A Diagrama de flujo Chancado Fino



**ANEXO B Alcance Puestos de trabajos responsables**

| Puesto de trabajo responsable (WRC) | Especialidad                    | Equipos   | Actividades mantenimiento a equipos y componentes                        | Empresa a cargo |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|--|-----------------|
| MN34-M01                            | Mecánica general de equipos     | Alimentadores<br>Chancadores<br>Tambores  | Inpecciones<br>Cambios   | MEL             |
| MN34-M04                            | Mecánico colectores de polvo    | Alimentadores<br>Chancadores<br>Trippers<br>Correas transportadoras   | Inspecciones<br>Reparaciones   | SALFA           |
| MN34-M05                            | Mecánica líneas de fuidos       | Líneas Aglomerado   | Inspecciones   | EMIN            |
| MN34-M06                            | Mecánica cintas transportadoras | Alimentadores<br>Correas transortadoras   | Cambios  | REMA TIP-TOP    |
| MN34-M07                            | Mecánico                        | Correas trasnpotadoras<br>Alimenadores<br>Harneros<br>Trippers<br>Tambores<br>Aglomeradores                 | Inspecciones<br>Desarmes<br>Armados<br>Cambios                           | TECHINT         |
| MN34-L01                            | Lubricación general de equipos  | Chancadores<br>Harneros<br>Correas<br>Alimenadores<br>Tambores<br>Aglomeradores                             | Inspecciones<br>Reemplazos<br>Limpiezas<br>Reparaciones<br>Lubricaciones | MEL             |
| XN34-M03                            | Mecánico                        | Chancadores   | Inspecciones<br>Cambios  | METSO           |
| MN39-D01                            | Predictivo mecánico             | Correas trasnpotadoras<br>Alimentadores<br>Chancadores<br>Harneros<br>Trippers<br>Tambores<br>Aglomeradores | Monitoreo<br>Vibraciones<br>Inspecciones                                 | MEL             |
| MN39-D02                            | Predictivo eléctrico            | Correas transportadoras<br>Alimentadores<br>Chancadores<br>Tambores<br>aglomeradores                        | Inspecciones<br>Mediciones<br>Termografías                               | MEL             |



|          |   |   |   |     |
|----------|---|---|---|-----|
| MN39-L01 | Predictivo<br>lubricación               | Correas<br>transportadoras<br>Alimentadores<br>Chancadores<br>Harneros<br>Tambores<br>aglomeradores | Inspecciones<br>Muestras<br>Análisis<br>Conteo de<br>partículas | MEL |
| MN39-D03 | Predictivo<br>ultrasonido               | Correas<br>transportadoras<br>Alimentadores   | Inspecciones<br>Monitoreo de<br>condiciones                     | P&C |
| MN39-D05 | Predictivo<br>radiografías y<br>scanner | Correas<br>transportadoras<br>Alimentadores   | Inspecciones<br>Mediciones                                      | TTM |
| MN46-E01 | Eléctricidad<br>general de<br>equipos   | Correas<br>transportadoras<br>Alimentadores   | Reparaciones<br>Limpiezas<br>Inspecciones                       | MEL |

**ANEXO C componentes/equipos que fallan con sus tiempos de detenciones en horas desde Enero del 2014 has Enero del 2015**

| Componente/Equipo que falla          | ene-14      | feb-14      | mar-14      | abr-14        | may-14 | jun-14      | jul-14      | ago-14      | sep-14      | oct-14       | nov-14      | dic-14      | ene-15       | Grand Total   |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| <b>⊖ BOMBA</b>                       |             |             | <b>4,92</b> |               |        | <b>4,17</b> |             |             |             | <b>0,25</b>  |             |             |              | <b>9,33</b>   |
| Chancador 3                          |             |             | 4,92        |               |        | 4,17        |             |             |             |              |             |             |              | 9,08          |
| CHANCADOR 6                          |             |             |             |               |        |             |             |             |             | 0,25         |             |             |              | 0,25          |
| <b>⊖ CABEZA</b>                      | <b>0,33</b> |             |             |               |        |             |             |             |             | <b>20,92</b> |             |             |              | <b>21,25</b>  |
| Chancador 3                          | 0,33        |             |             |               |        |             |             |             |             | 20,92        |             |             |              | 21,25         |
| <b>⊖ CHUTE</b>                       |             |             |             |               |        | <b>4,83</b> |             |             |             |              |             |             |              | <b>4,83</b>   |
| Alimentador 17                       |             |             |             |               |        | 4,83        |             |             |             |              |             |             |              | 4,83          |
| <b>⊖ CILINDROS</b>                   |             |             | <b>1,83</b> |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | <b>1,83</b>   |
| Chancador 3                          |             |             | 1,83        |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 1,83          |
| <b>⊖ CINTA TRANSPORTADORA</b>        |             |             | <b>2,08</b> | <b>123,00</b> |        | <b>0,17</b> |             | <b>5,00</b> |             |              |             | <b>6,42</b> |              | <b>136,67</b> |
| Alimentador 11                       |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             | 0,25        |              | 0,25          |
| Alimentador 17                       |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             | 0,17        |              | 0,17          |
| ALIMENTADOR 18                       |             |             |             |               |        | 0,17        |             |             |             |              |             |             |              | 0,17          |
| ALIMENTADOR 8                        |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             | 0,83        |              | 0,83          |
| Correa 2                             |             |             |             |               |        |             |             | 5,00        |             |              |             | 5,17        |              | 10,17         |
| ELECTROIMAN CORREA 2                 |             |             | 2,08        |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 2,08          |
| FEEDER 23                            |             |             |             | 123,00        |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 123,00        |
| <b>⊖ COMUNICACIÓN</b>                |             |             |             |               |        |             |             |             | <b>0,25</b> | <b>1,92</b>  |             |             |              | <b>2,17</b>   |
| ALIMENTADOR 13                       |             |             |             |               |        |             |             |             | 0,25        |              |             |             |              | 0,25          |
| ELECTROIMAN CORREA 4                 |             |             |             |               |        |             |             |             |             | 1,92         |             |             |              | 1,92          |
| <b>⊖ CONTACTOR</b>                   |             |             |             |               |        |             |             |             | <b>0,25</b> | <b>1,92</b>  |             |             |              | <b>2,17</b>   |
| Alimentador 11                       |             |             |             |               |        |             |             |             | 0,25        |              |             |             |              | 0,25          |
| Correa 3                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             | 1,92         |             |             |              | 1,92          |
| <b>⊖ CORREAS TRANSMISIÓN</b>         |             |             |             |               |        | <b>0,67</b> |             | <b>2,42</b> | <b>2,75</b> | <b>0,75</b>  | <b>1,33</b> |             |              | <b>7,92</b>   |
| HARNERO 1                            |             |             |             |               |        |             |             | 0,33        |             |              |             |             |              | 0,33          |
| HARNERO 2                            |             |             |             |               |        | 0,67        |             | 2,08        | 2,75        | 0,75         | 1,33        |             |              | 7,58          |
| <b>⊖ DESCANSOS</b>                   |             |             | <b>1,92</b> |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | <b>1,92</b>   |
| HARNERO 5                            |             |             | 1,92        |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 1,92          |
| <b>⊖ DETECTOR DE METALES</b>         |             | <b>1,25</b> | <b>0,17</b> |               |        | <b>6,41</b> |             |             |             |              |             |             |              | <b>8,83</b>   |
| Correa 2                             |             | 1,25        | 0,17        |               |        | 6,41        |             |             |             |              |             |             |              | 7,58          |
| CORREA 4                             |             |             |             |               |        |             | 1,00        |             |             |              |             |             |              | 1,25          |
| <b>⊖ ENCODER</b>                     |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             | <b>3,58</b> |              | <b>3,58</b>   |
| TAMBOR 2                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             | 3,58        |              | 3,58          |
| <b>⊖ ESTANQUE, UNIDAD HIDRÁULICA</b> |             | <b>0,83</b> |             |               |        |             |             | <b>2,00</b> | <b>0,08</b> |              |             |             | <b>0,33</b>  | <b>3,25</b>   |
| FEEDER 22                            |             | 0,83        |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 0,83          |
| TAMBOR 1                             |             |             |             |               |        |             |             | 2,00        | 0,08        |              |             |             | 0,33         | 2,42          |
| <b>⊖ ESTRUCTURA</b>                  |             |             |             |               |        |             |             |             |             | <b>0,17</b>  |             | <b>0,75</b> |              | <b>0,92</b>   |
| CORREA 4                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             | 0,17         |             |             |              | 0,17          |
| HARNERO 1                            |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              | 0,75        |             |              | 0,75          |
| <b>⊖ ESTRUCTURA CHUTE</b>            | <b>0,50</b> | <b>1,00</b> |             |               |        | <b>0,08</b> | <b>1,42</b> |             |             |              |             |             |              | <b>3,00</b>   |
| FEEDER 22                            | 0,50        |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 0,50          |
| TAMBOR 1                             |             | 1,00        |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 2,42          |
| TAMBOR 2                             |             |             |             |               |        | 0,08        | 1,42        |             |             |              |             |             |              | 0,08          |
| <b>⊖ FALDONES</b>                    |             |             |             |               |        | <b>1,92</b> |             |             |             |              |             |             |              | <b>1,92</b>   |
| TAMBOR 1                             |             |             |             |               |        | 1,92        |             |             |             |              |             |             |              | 1,92          |
| <b>⊖ FILTRO SISTEMA HIDRÁULICO</b>   |             | <b>0,17</b> |             |               |        |             |             | <b>0,42</b> |             |              |             |             |              | <b>0,58</b>   |
| TAMBOR 1                             |             |             |             |               |        |             |             | 0,42        |             |              |             |             |              | 0,42          |
| TAMBOR 2                             |             | 0,17        |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 0,17          |
| <b>⊖ INSPECCIÓN</b>                  | <b>0,33</b> |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | <b>0,33</b>  | <b>0,67</b>   |
| Correa 5                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | 0,33         | 0,33          |
| ELECTROIMAN CORREA 2                 | 0,33        |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             |              | 0,33          |
| <b>⊖ LAZO, INSTRUMENTACIÓN</b>       |             |             |             |               |        |             | <b>1,50</b> |             |             |              |             |             |              | <b>1,50</b>   |
| FEEDER 22                            |             |             |             |               |        |             | 1,50        |             |             |              |             |             |              | 1,50          |
| <b>⊖ LAZO, PARADA EMERGENCIA</b>     |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              | <b>1,42</b> |             |              | <b>1,42</b>   |
| TAMBOR 2                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              | 1,42        |             |              | 1,42          |
| <b>⊖ Lazo, Sensor Posición</b>       |             |             |             |               |        |             | <b>0,17</b> |             |             |              |             |             |              | <b>0,17</b>   |
| SILO                                 |             |             |             |               |        |             | 0,17        |             |             |              |             |             |              | 0,17          |
| <b>⊖ LAZO, VELOCIDAD</b>             |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | <b>1,67</b>  | <b>1,67</b>   |
| TAMBOR 1                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | 1,67         | 1,67          |
| <b>⊖ Lifter Desprendido</b>          |             |             |             |               |        |             | <b>3,83</b> |             |             |              |             |             |              | <b>3,83</b>   |
| TAMBOR 2                             |             |             |             |               |        |             | 3,83        |             |             |              |             |             |              | 3,83          |
| <b>⊖ MALLA HARNERO</b>               |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | <b>4,25</b>  | <b>4,25</b>   |
| HARNERO 4                            |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | 4,25         | 4,25          |
| <b>⊖ MOTOR</b>                       |             |             |             |               |        |             |             | <b>1,83</b> |             | <b>8,75</b>  | <b>0,75</b> |             | <b>26,58</b> | <b>37,92</b>  |
| ALIMENTADOR 10                       |             |             |             |               |        |             |             | 1,42        |             |              | 0,75        |             |              | 2,17          |
| ALIMENTADOR 18                       |             |             |             |               |        |             |             |             |             | 0,50         |             |             |              | 0,50          |
| Correa 3                             |             |             |             |               |        |             |             | 0,42        |             | 8,25         |             |             |              | 8,67          |
| Correa 5                             |             |             |             |               |        |             |             |             |             |              |             |             | 26,58        | 26,58         |

|                              |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      |       |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------|------|-------|
| ☐ MOTOR DE SISTEMA MOTRIZ    |              |              |              |               | 0,50         |              |              |              |              |              |              |              |              |               | 0,50 |      |       |
| TAMBOR 2                     |              |              |              |               | 0,50         |              |              |              |              |              |              |              |              |               | 0,50 |      |       |
| ☐ MULTILINK                  |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              | 0,92         |               | 0,92 |      |       |
| Correa 5                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              | 0,92         |               | 0,92 |      |       |
| ☐ PARTIDOR SISTEMA MOTRIZ    |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 0,58          | 0,58 |      |       |
| FEEDER 22                    |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 0,58          | 0,58 |      |       |
| ☐ PLC                        |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               | 0,42 |      |       |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               | 0,42 |      |       |
| ☐ POLEA                      | 2,92         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 2,58          | 5,50 |      |       |
| Alimentador 19               | 2,92         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               | 2,92 |      |       |
| CORREA 4                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 2,58          | 2,58 |      |       |
| ☐ POLINES                    | 1,00         | 6,67         |              |               |              | 0,25         | 2,17         | 1,83         |              |              |              |              |              | 2,75          | 2,75 | 2,42 | 19,83 |
| Correa 2                     | 1,00         |              |              |               |              |              |              | 1,83         |              |              |              |              |              | 2,75          | 2,75 |      | 8,33  |
| Correa 3                     |              |              |              |               |              | 0,25         | 1,75         |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 2,00  |
| Correa 5                     |              | 6,67         |              |               |              |              | 0,42         |              |              |              |              |              |              |               |      | 2,42 | 9,50  |
| ☐ PROTECCIONES MECANICAS     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,50  |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,50  |
| ☐ PULL-CORD                  | 1,33         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      | 0,17 | 1,83  |
| Alimentador 15               |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,33  |
| ALIMENTADOR 18               |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      | 0,17 | 0,17  |
| Correa 3                     | 1,33         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,33  |
| ☐ REDUCTOR                   |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 4,50  |
| Correa 2                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 3,00  |
| Correa 3                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,00  |
| Correa 5                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      | 0,67 | 2,17  |
| ☐ RELE CONTROL               | 0,50         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,50  |
| FEEDER 22                    | 0,50         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,50  |
| ☐ RODILLOS SOPORTE           |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,50  |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,33  |
| TAMBOR 2                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,33  |
| ☐ SENSOR CORTE CORREA        | 4,25         | 0,25         | 3,92         |               |              | 0,50         | 1,33         | 5,42         | 2,50         | 10,17        | 0,25         |              |              |               |      | 0,33 | 28,92 |
| Correa 2                     | 0,67         | 0,25         | 3,92         |               |              | 0,50         | 1,33         | 5,17         | 2,50         | 9,25         |              |              |              |               |      |      | 23,58 |
| Correa 5                     | 3,58         |              |              |               |              |              |              | 0,25         |              | 0,92         | 0,25         |              |              |               |      | 0,33 | 5,33  |
| ☐ SENSOR DE ATOLLO           |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,17  |
| Correa 2                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,17  |
| HARNERO 2                    |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,58  |
| ☐ SENSOR DE NIVEL            |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 5,67  |
| Alimentador 17               |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 5,67  |
| ☐ SENSOR DE VELOCIDAD        |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,33  |
| ELECTROIMAN CORREA 2         |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,33  |
| ☐ SENSOR POSICION            |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,08  |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,08  |
| ☐ SENSOR PULLCORD            |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,08  |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,08  |
| ☐ SENSOR TEMPERATURA         |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 2,42  |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 2,42  |
| ☐ SEÑAL ERRÓNEA              |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,25  |
| ALIMENTADOR 14               |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,25  |
| CORREA 4                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,25  |
| ☐ SIN ENERGÍA                |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,33  |
| ALIMENTADOR 18               |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,33  |
| Correa 5                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,42  |
| ☐ SISTEMA HIDRÁULICO         |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 2,17  |
| Correa 5                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 2,17  |
| ☐ SISTEMA LUBRICACIÓN        |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,42  |
| Chancador 3                  |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,92  |
| CHANCADOR 7                  |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,42  |
| ☐ SOBRECORRIENTE             |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,25  |
| TAMBOR 2                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,25  |
| ☐ TILT SWITCH                | 0,58         | 0,92         | 2,25         |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,33  |
| Alimentador 11               | 0,58         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,83  |
| Correa 2                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,42  |
| Correa 3                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 4,08  |
| HARNERO 1                    |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,33  |
| ☐ VÁLVULA CONTROL            | 1,25         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,92  |
| TAMBOR 1                     | 1,25         |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 1,25  |
| ☐ VÁLVULA SISTEMA HIDRÁULICO |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,67  |
| TAMBOR 1                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,67  |
| ☐ VARIADOR DE VELOCIDAD      |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,25  |
| Correa 5                     |              |              |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |      |      | 0,25  |
| <b>Grand Total</b>           | <b>13,00</b> | <b>16,00</b> | <b>19,25</b> | <b>123,50</b> | <b>12,40</b> | <b>12,00</b> | <b>17,25</b> | <b>29,25</b> | <b>17,92</b> | <b>37,34</b> | <b>10,08</b> | <b>27,41</b> | <b>39,50</b> | <b>374,89</b> |      |      |       |

**ANEXO D Tabla de Pareto componentes/equipos que fallan durante Enero 2014 y Enero 2015**

| <b>Componente que falla</b>        | <b>Equipo</b>  | <b>Hrs detención</b> | <b>%</b> | <b>% Acumulado</b> |
|------------------------------------|--|----------------------|----------|--------------------|
| <b>CINTA TRANSPORTADORA</b>        | Feeder 23<br>Alimentador 11<br>Alimentador 17<br>Alimentador 18<br>Alimentador 8<br>Correa 2<br>Electroiman correa 2 | 136,67               | 36,46%   | 36,46%             |
| <b>MOTOR</b>                       | Alimentador 10<br>Alimentador 18<br>Correa 3<br>Correa 5   | 37,92                | 10,11%   | 46,57%             |
| <b>SENSOR CORTE CORREA</b>         | Correa 2<br>Correa 5   | 28,92                | 7,71%    | 54,28%             |
| <b>CABEZA</b>                      | Chancador 3  | 21,25                | 5,67%    | 59,95%             |
| <b>POLINES</b>                     | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | 19,83                | 5,29%    | 65,24%             |
| <b>RODILLOS SOPORTE</b>            | Tambor 1<br>Tambor 2   | 17,00                | 4,53%    | 69,78%             |
| <b>BOMBA</b>                       | Chancador 3<br>Chancador 6   | 9,33                 | 2,49%    | 72,26%             |
| <b>DETECTOR DE METALES</b>         | Correa 2<br>Correa 4   | 8,83                 | 2,35%    | 74,62%             |
| <b>CORREAS TRANSMISIÓN</b>         | Harnero 1<br>Harnero 2   | 7,92                 | 2,11%    | 76,73%             |
| <b>TILT SWITCH</b>                 | Alimentador 11<br>Correa 2<br>Correa 3<br>Harnero 1  | 6,75                 | 1,80%    | 78,53%             |
| <b>REDUCTOR</b>                    | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5   | 6,17                 | 1,64%    | 80,18%             |
| <b>SENSOR DE NIVEL</b>             | Alimentador 17   | 5,67                 | 1,51%    | 81,69%             |
| <b>POLEA</b>                       | Alimentador 19<br>Correa 4   | 5,50                 | 1,47%    | 83,15%             |
| <b>CHUTE</b>                       | Alimentador 17   | 4,83                 | 1,29%    | 84,44%             |
| <b>MALLA HARNERO</b>               | Harnero 4  | 4,25                 | 1,13%    | 85,58%             |
| <b>Lifter Desprendido</b>          | Tambor 2   | 3,83                 | 1,02%    | 86,60%             |
| <b>ENCODER</b>                     | Tambor 2   | 3,58                 | 0,95%    | 87,55%             |
| <b>SEÑAL ERRÓNEA</b>               | Alimentador 14<br>Correa 4   | 3,34                 | 0,89%    | 88,44%             |
| <b>ESTANQUE, UNIDAD HIDRÁULICA</b> | Feeder 22<br>Tambor 1  | 3,25                 | 0,87%    | 89,31%             |
| <b>ESTRUCTURA CHUTE</b>            | Feeder 22<br>Tambor 1<br>Tambor 2  | 3,00                 | 0,80%    | 90,11%             |
| <b>SISTEMA LUBRICACIÓN</b>         | Chancador 3<br>Chancador 7   | 2,91                 | 0,78%    | 90,89%             |
| <b>SENSOR TEMPERATURA</b>          | Tambor 1   | 2,42                 | 0,64%    | 91,53%             |

|                                   |  |               |                |         |
|-----------------------------------|--|---------------|----------------|---------|
| <b>COMUNICACIÓN</b>               | Alimentador13<br>Electroiman correa 4        | 2,17          | 0,58%          | 92,11%  |
| <b>CONTACTOR</b>                  | Alimenatdor 11<br>Correa 3                   | 2,17          | 0,58%          | 92,69%  |
| <b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>         | Correa 5                                     | 2,17          | 0,58%          | 93,27%  |
| <b>DESCANSOS</b>                  | Harnero 5                                    | 1,92          | 0,51%          | 93,78%  |
| <b>FALDONES</b>                   | Tambor 1                                     | 1,92          | 0,51%          | 94,29%  |
| <b>CILINDROS</b>                  | Chancador 3                                  | 1,83          | 0,49%          | 94,78%  |
| <b>PULL-CORD</b>                  | Alimentador 15<br>Alimentador 18<br>Correa 3 | 1,83          | 0,49%          | 95,27%  |
| <b>SENSOR DE ATOLLO</b>           | Correa 2<br>Harnero 2                        | 1,75          | 0,47%          | 95,73%  |
| <b>LAZO, VELOCIDAD</b>            | Tambor 1                                     | 1,67          | 0,44%          | 96,18%  |
| <b>LAZO, INSTRUMENTACIÓN</b>      | Feeder 22                                    | 1,50          | 0,40%          | 96,58%  |
| <b>LAZO, PARADA EMERGENCIA</b>    | Tambor 2                                     | 1,42          | 0,38%          | 96,96%  |
| <b>SENSOR DE VELOCIDAD</b>        | Electroiman correa 2                         | 1,33          | 0,35%          | 97,31%  |
| <b>VÁLVULA CONTROL</b>            | Tambor 1                                     | 1,25          | 0,33%          | 97,64%  |
| <b>SENSOR POSICION</b>            | Tambor 1                                     | 1,08          | 0,29%          | 97,93%  |
| <b>ESTRUCTURA</b>                 | Correa 4<br>Harnero 1                        | 0,92          | 0,24%          | 98,18%  |
| <b>MULTILINK</b>                  | Correa 5                                     | 0,92          | 0,24%          | 98,42%  |
| <b>SIN ENERGÍA</b>                | Alimentador 18<br>Correa 5                   | 0,75          | 0,20%          | 98,62%  |
| <b>VÁLVULA SISTEMA HIDRÁULICO</b> | Tambor 1                                     | 0,67          | 0,18%          | 98,80%  |
| <b>INSPECCIÓN</b>                 | Correa 5<br>Electroiman correa 2             | 0,67          | 0,18%          | 98,98%  |
| <b>PARTIDOR SISTEMA MOTRIZ</b>    | Feeder 22                                    | 0,58          | 0,16%          | 99,13%  |
| <b>FILTRO SISTEMA HIDRÁULICO</b>  | Tambor 1<br>Tambor 2                         | 0,58          | 0,16%          | 99,29%  |
| <b>MOTOR DE SISTEMA MOTRIZ</b>    | Tambor 2                                     | 0,50          | 0,13%          | 99,42%  |
| <b>PROTECCIONES MECANICAS</b>     | Tambor 1                                     | 0,50          | 0,13%          | 99,56%  |
| <b>RELE CONTROL</b>               | Feeder 22                                    | 0,50          | 0,13%          | 99,69%  |
| <b>PLC</b>                        | Tambor 1                                     | 0,42          | 0,11%          | 99,80%  |
| <b>SOBRECORRIENTE</b>             | Tambor 2                                     | 0,25          | 0,07%          | 99,87%  |
| <b>VARIADOR DE VELOCIDAD</b>      | Correa 5                                     | 0,25          | 0,07%          | 99,93%  |
| <b>Lazo, Sensor Posición</b>      | Silo   | 0,17          | 0,04%          | 99,98%  |
| <b>SENSOR PULLCORD</b>            | Tambor 1                                     | 0,08          | 0,02%          | 100,00% |
|                                   |  | <b>374,90</b> | <b>100,00%</b> |         |

**ANEXO E Tabla de Jack Knife con límites obtenidos**

| <b>Codigo</b> | <b>Equipo</b>   | <b>Componente que falla</b>            | <b>N° det.</b> | <b>MTTR</b> | <b>Tiempo total</b> |
|---------------|---|--|----------------|-------------|---------------------|
| 1             | Chancador 3<br>Chancador 6  | <b>BOMBA</b>                           | 5              | 1,87        | 9,33                |
| 2             | Chancador 3   | <b>CABEZA</b>                          | 8              | 2,66        | 21,25               |
| 3             | Alimentador 17  | <b>CHUTE</b>                           | 2              | 2,42        | 4,83                |
| 4             | Chancador 3   | <b>CILINDROS</b>                       | 1              | 1,83        | 1,83                |
| 5             | Feeder 23<br>Alimentador 11<br>Alimentador 17<br>Alimentador 18<br>Alimentador 8<br>Correa 2<br>Electroiman<br>correa 2 | <b>CINTA TRANSPORTADORA</b>            | 24             | 5,69        | 136,67              |
| 6             | Alimentador 13<br>Electroiman<br>correa 4   | <b>COMUNICACIÓN</b>                    | 2              | 1,08        | 2,17                |
| 7             | Alimentador 11<br>Correa 3  | <b>CONTACTOR</b>                       | 2              | 1,08        | 2,17                |
| 8             | Harnero 1<br>Harnero 2  | <b>CORREAS TRANSMISIÓN</b>             | 9              | 0,88        | 7,92                |
| 9             | Harnero 5   | <b>DESCANSOS</b>                       | 1              | 1,92        | 1,92                |
| 10            | Correa 2<br>Correa 4  | <b>DETECTOR DE METALES</b>             | 18             | 0,49        | 8,83                |
| 11            | Tambor 2  | <b>ENCODER</b>                         | 6              | 0,60        | 3,58                |
| 12            | Feeder 22<br>Tambor 1   | <b>ESTANQUE, UNIDAD<br/>HIDRÁULICA</b> | 8              | 0,41        | 3,25                |
| 13            | Correa 4<br>Harnero 1   | <b>ESTRUCTURA</b>                      | 3              | 0,31        | 0,92                |
| 14            | Feeder 22<br>Tambor 1<br>Tambor 2   | <b>ESTRUCTURA CHUTE</b>                | 5              | 0,60        | 3,00                |
| 15            | Tambor 1  | <b>FALDONES</b>                        | 3              | 0,64        | 1,92                |
| 16            | Tambor 1<br>Tambor 2  | <b>FILTRO SISTEMA<br/>HIDRÁULICO</b>   | 3              | 0,19        | 0,58                |
| 17            | Correa 5<br>Electroiman<br>correa 2   | <b>INSPECCIÓN</b>                      | 2              | 0,33        | 0,67                |
| 18            | Feeder 22   | <b>LAZO, INSTRUMENTACIÓN</b>           | 1              | 1,50        | 1,50                |
| 19            | Tambor 2  | <b>LAZO, PARADA<br/>EMERGENCIA</b>     | 1              | 1,42        | 1,42                |
| 20            | Silo  | <b>Lazo, Sensor Posición</b>           | 1              | 0,17        | 0,17                |
| 21            | Tambor 1  | <b>LAZO, VELOCIDAD</b>                 | 1              | 1,67        | 1,67                |
| 22            | Tambor 2  | <b>Lifter Desprendido</b>              | 3              | 1,28        | 3,83                |
| 23            | Harnero 4   | <b>MALLA HARNERO</b>                   | 1              | 4,25        | 4,25                |
| 24            | Alimentador 10<br>Alimentador 18<br>Correa 3<br>Correa 5  | <b>MOTOR</b>                           | 30             | 1,26        | 37,92               |
| 25            | Tambor 2  | <b>MOTOR DE SISTEMA</b>                | 1              | 0,50        | 0,50                |

|    |   |                                   |            |              |               |
|----|---|-----------------------------------|------------|--------------|---------------|
|    |   | <b>MOTRIZ</b>                     |            |              |               |
| 26 | Correa 5  | <b>MULTILINK</b>                  | 1          | 0,92         | 0,92          |
| 27 | Feeder 22   | <b>PARTIDOR SISTEMA MOTRIZ</b>    | 1          | 0,58         | 0,58          |
| 28 | Tambor 1  | <b>PLC</b>                        | 1          | 0,42         | 0,42          |
| 29 | Alimentador 19<br>Correa 4                          | <b>POLEA</b>                      | 3          | 1,83         | 5,50          |
| 30 | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5                    | <b>POLINES</b>                    | 10         | 1,98         | 19,83         |
| 31 | Tambor 1  | <b>PROTECCIONES MECANICAS</b>     | 1          | 0,50         | 0,50          |
| 32 | Alimentador 15<br>Alimentador 18<br>Correa 3        | <b>PULL-CORD</b>                  | 3          | 0,61         | 1,83          |
| 33 | Correa 2<br>Correa 3<br>Correa 5                    | <b>REDUCTOR</b>                   | 4          | 1,54         | 6,17          |
| 34 | Feeder 22   | <b>RELE CONTROL</b>               | 1          | 0,50         | 0,50          |
| 35 | Tambor 1<br>Tambor 2                                | <b>RODILLOS SOPORTE</b>           | 7          | 2,43         | 17,00         |
| 36 | Correa 2<br>Correa 5                                | <b>SENSOR CORTE CORREA</b>        | 44         | 0,66         | 28,92         |
| 37 | Correa 2<br>Harnero 2                               | <b>SENSOR DE ATOLLO</b>           | 6          | 0,29         | 1,75          |
| 38 | Alimentador 17                                      | <b>SENSOR DE NIVEL</b>            | 1          | 5,67         | 5,67          |
| 39 | Electroiman<br>correa 2                             | <b>SENSOR DE VELOCIDAD</b>        | 2          | 0,67         | 1,33          |
| 40 | Tambor 1  | <b>SENSOR POSICION</b>            | 2          | 0,54         | 1,08          |
| 41 | Tambor 1  | <b>SENSOR PULLCORD</b>            | 1          | 0,08         | 0,08          |
| 42 | Tambor 1  | <b>SENSOR TEMPERATURA</b>         | 5          | 0,48         | 2,42          |
| 43 | Alimentador 14<br>Correa 4                          | <b>SEÑAL ERRÓNEA</b>              | 4          | 0,83         | 3,34          |
| 44 | Alimentador 18<br>Correa 5                          | <b>SIN ENERGÍA</b>                | 2          | 0,38         | 0,75          |
| 45 | Correa 5  | <b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>         | 1          | 2,17         | 2,17          |
| 46 | Chancador 3<br>Chancador 7                          | <b>SISTEMA LUBRICACIÓN</b>        | 5          | 0,58         | 2,91          |
| 47 | Tambor 2  | <b>SOBRECORRIENTE</b>             | 1          | 0,25         | 0,25          |
| 48 | Alimenatdor 11<br>Correa 2<br>Correa 3<br>Harnero 1 | <b>TILT SWITCH</b>                | 15         | 0,45         | 6,75          |
| 49 | Tambor 1  | <b>VÁLVULA CONTROL</b>            | 2          | 0,63         | 1,25          |
| 50 | Tambor 1  | <b>VÁLVULA SISTEMA HIDRÁULICO</b> | 1          | 0,67         | 0,67          |
| 51 | Correa 5  | <b>VARIADOR DE VELOCIDAD</b>      | 1          | 0,25         | 0,25          |
|    |   |                                   | <b>266</b> | <b>60,94</b> | <b>374,90</b> |

LIMITE MTTR = 1,41  
 LIMITE N° PARADAS = 5,22

**ANEXO F Tabla “Down time” para confección de curvas de iso-indisponibilidad**

|    | 136,67  | 45,56  | 27,33  | 19,52  |
|----|---------|--------|--------|--------|
| 1  | 136,670 | 45,557 | 27,334 | 19,524 |
| 2  | 68,335  | 22,778 | 13,667 | 9,762  |
| 3  | 45,557  | 15,186 | 9,111  | 6,508  |
| 4  | 34,168  | 11,389 | 6,834  | 4,881  |
| 5  | 27,334  | 9,111  | 5,467  | 3,905  |
| 6  | 22,778  | 7,593  | 4,556  | 3,254  |
| 7  | 19,524  | 6,508  | 3,905  | 2,789  |
| 8  | 17,084  | 5,695  | 3,417  | 2,441  |
| 9  | 15,186  | 5,062  | 3,037  | 2,169  |
| 10 | 13,667  | 4,556  | 2,733  | 1,952  |
| 11 | 12,425  | 4,142  | 2,485  | 1,775  |
| 12 | 11,389  | 3,796  | 2,278  | 1,627  |
| 13 | 10,513  | 3,504  | 2,103  | 1,502  |
| 14 | 9,762   | 3,254  | 1,952  | 1,395  |
| 15 | 9,111   | 3,037  | 1,822  | 1,302  |
| 16 | 8,542   | 2,847  | 1,708  | 1,220  |
| 17 | 8,039   | 2,680  | 1,608  | 1,148  |
| 18 | 7,593   | 2,531  | 1,519  | 1,085  |
| 19 | 7,193   | 2,398  | 1,439  | 1,028  |
| 20 | 6,834   | 2,278  | 1,367  | 0,976  |
| 21 | 6,508   | 2,169  | 1,302  | 0,930  |
| 22 | 6,212   | 2,071  | 1,242  | 0,887  |
| 23 | 5,942   | 1,981  | 1,188  | 0,849  |
| 24 | 5,695   | 1,898  | 1,139  | 0,814  |
| 25 | 5,467   | 1,822  | 1,093  | 0,781  |
| 26 | 5,257   | 1,752  | 1,051  | 0,751  |
| 27 | 5,062   | 1,687  | 1,012  | 0,723  |
| 28 | 4,881   | 1,627  | 0,976  | 0,697  |
| 29 | 4,713   | 1,571  | 0,943  | 0,673  |
| 30 | 4,556   | 1,519  | 0,911  | 0,651  |
| 31 | 4,409   | 1,470  | 0,882  | 0,630  |
| 32 | 4,271   | 1,424  | 0,854  | 0,610  |
| 33 | 4,142   | 1,381  | 0,828  | 0,592  |
| 34 | 4,020   | 1,340  | 0,804  | 0,574  |
| 35 | 3,905   | 1,302  | 0,781  | 0,558  |
| 36 | 3,796   | 1,265  | 0,759  | 0,542  |
| 37 | 3,694   | 1,231  | 0,739  | 0,528  |
| 38 | 3,597   | 1,199  | 0,719  | 0,514  |
| 39 | 3,504   | 1,168  | 0,701  | 0,501  |
| 40 | 3,417   | 1,139  | 0,683  | 0,488  |
| 41 | 3,333   | 1,111  | 0,667  | 0,476  |
| 42 | 3,254   | 1,085  | 0,651  | 0,465  |
| 43 | 3,178   | 1,059  | 0,636  | 0,454  |
| 44 | 3,106   | 1,035  | 0,621  | 0,444  |
| 45 | 3,037   | 1,012  | 0,607  | 0,434  |
| 46 | 2,971   | 0,990  | 0,594  | 0,424  |
| 47 | 2,908   | 0,969  | 0,582  | 0,415  |
| 48 | 2,847   | 0,949  | 0,569  | 0,407  |
| 49 | 2,789   | 0,930  | 0,558  | 0,398  |
| 50 | 2,733   | 0,911  | 0,547  | 0,390  |



**ANEXO G levantamiento de documentos en hojas de ruta**

| <b>WRC</b> | <b>Ambos<br/>dcts</b> | <b>Solo<br/>Pauta</b> | <b>Solo<br/>Seguridad</b> | <b>Total</b> |
|------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| MN34-D01   | 1                     |                       |                           | 1            |
| MN34-L01   | 14                    |                       | 14                        | 28           |
| MN34-M01   | 12                    |                       | 8                         | 20           |
| MN34-M04   | 14                    |                       |                           | 14           |
| MN34-M05   | 1                     |                       |                           | 1            |
| MN34-M06   | 4                     |                       | 13                        | 17           |
| MN34-M07   | 33                    |                       | 15                        | 48           |
| MN35-L01   | 2                     |                       | 1                         | 3            |
| MN35-M01   | 226                   |                       | 37                        | 263          |
| MN35-M02   | 9                     |                       |                           | 9            |
| MN36-E01   | 13                    |                       | 1                         | 14           |
| MN36-E02   | 276                   | 1                     | 19                        | 296          |
| MN36-E03   | 15                    |                       |                           | 15           |
| MN36-I01   | 25                    |                       |                           | 25           |
| MN36-I02   | 131                   | 1                     |                           | 132          |
| MN36-I03   | 4                     |                       |                           | 4            |
| MN36-SVC   | 1                     |                       |                           | 1            |
| MN37-E01   | 83                    |                       | 2                         | 85           |
| MN37-E02   | 4                     |                       |                           | 4            |
| MN37-I01   | 81                    |                       | 1                         | 82           |
| MN37-M01   | 75                    |                       | 2                         | 77           |
| MN37-M03   | 3                     |                       |                           | 3            |
| MN38-I01   | 6                     |                       |                           | 6            |
| MN38-M01   | 10                    |                       | 3                         | 13           |
| MN38-M02   | 32                    |                       |                           | 32           |
| MN39-D01   | 77                    |                       | 7                         | 84           |
| MN39-D02   | 102                   |                       | 30                        | 132          |
| MN39-D03   | 51                    |                       |                           | 51           |
| MN39-D04   | 13                    |                       |                           | 13           |
| MN39-D05   | 37                    |                       | 16                        | 53           |
| MN39-L01   | 51                    |                       |                           | 51           |
| MN45-D01   | 25                    |                       | 5                         | 30           |
| MN45-L01   | 14                    |                       | 128                       | 142          |

|              |             |          |            |             |
|--------------|-------------|----------|------------|-------------|
| MN45-M01     |             |          | 23         | 23          |
| MN45-M02     | 161         | 2        | 50         | 213         |
| MN45-M03     | 2           |          | 2          | 4           |
| MN46-E01     | 73          |          | 13         | 86          |
| MN46-E02     | 111         |          | 211        | 322         |
| MN46-I01     | 66          |          | 1          | 67          |
| PN05-P01     |             |          | 5          | 5           |
| SN14-G01     |             |          | 1          | 1           |
| SN18-S01     | 62          |          |            | 62          |
| SN20-G01     |             |          | 1          | 1           |
| XN34-M03     | 4           |          | 2          | 6           |
| XN35-M03     | 4           |          |            | 4           |
| XN38-I01     | 76          |          |            | 76          |
| <b>Total</b> | <b>2004</b> | <b>4</b> | <b>611</b> | <b>2619</b> |

**ANEXO H M.I. antiguos con petición de borrado con M.I. nuevos y activos que los reemplazan**

| Maint. Item | Frecuencia | Cantidad de órdenes | Cantidad de avisos sub. | % Avisos/órdenes | Nueva frecuencia | M.I que reemplaza                            |
|-------------|------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------------|--|
| 20213506    | 12S        | 5                   | 0                       | 0%               | 14S              |  |
| 20205504    | 1S         | 69                  | 9                       | 13%              | 2S               |  |
| 20190951    | 1S         | 10                  | 0                       | 0%               | 5S               | 20902379                                     |
| 20212802    | 24S        | 3                   | 0                       | 0%               | 12S              |  |
| 20205496    | 30D        | 10                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902338                                     |
| 20207067    | 30D        | 10                  | 1                       | 10%              | 7S               | 20902360                                     |
| 20205510    | 3S         | 13                  | 1                       | 8%               | 5S               |  |
| 20210363    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902357<br>20902358                         |
| 20210357    | 4S         | 8                   | 0                       | 0%               | Mo               |  |
| 20184497    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 4S               |  |
| 20207068    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 6S               |  |
| 20706304    | 4S         | 17                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902369                                     |
| 20204302    | 4S         | 8                   | 1                       | 13%              | 7S               | 20902374<br>20902375<br>20902376             |
| 20207081    | 4S         | 9                   | 0                       | 0%               | 5S               | 20902363                                     |
| 20204300    | 4S         | 11                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902391                                     |
| 20207078    | 4S         | 9                   | 0                       | 0%               | 7S               | 20902367                                     |
| 20207075    | 4S         | 10                  | 1                       | 10%              | 5S               | 20902345                                     |
| 20207083    | 4S         | 9                   | 0                       | 0%               | 5S               | 20902365                                     |
| 20207082    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 5S               | 20902364                                     |
| 20207077    | 4S         | 8                   | 0                       | 0%               | 7S               | 20902349<br>20902350<br>20902351<br>20902352 |
| 20184597    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902391                                     |
| 20207084    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902341<br>20902342                         |
| 20207071    | 4S         | 11                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902331                                     |
| 20207070    | 4S         | 11                  | 1                       | 9%               | 7S               | 20902335<br>20902336                         |
| 20207072    | 4S         | 10                  | 1                       | 10%              | 7S               | 20902332<br>20902333                         |
| 20207074    | 4S         | 10                  | 1                       | 10%              | 7S               | 20902341<br>20902342                         |
| 20192604    | 4S         | 10                  | 0                       | 0%               | 7S               | 20902378                                     |

|                 |     |    |   |     |     |   |
|-----------------|-----|----|---|-----|-----|---|
| <b>20204301</b> | 4S  | 10 | 1 | 10% | 7S  | <b>20902382</b><br><b>20902383</b><br><b>20902384</b><br><b>20902385</b><br><b>20902386</b> |
| <b>20207080</b> | 4S  | 10 | 0 | 0%  | 5S  | <b>20902348</b>   |
| <b>20207079</b> | 4S  | 10 | 0 | 0%  | 5S  | <b>20902348</b>   |
| <b>20184455</b> | 4S  | 9  | 0 | 0%  | 7S  | <b>20902389</b>   |
| <b>20205489</b> | 4S  | 10 | 0 | 0%  | 7S  | <b>20902361</b>   |
| <b>20205490</b> | 4S  | 10 | 0 | 0%  | 7S  | <b>20902362</b>   |
| <b>20212813</b> | 60D | 8  | 0 | 0%  | 30D |   |
| <b>20207066</b> | 60D | 4  | 0 | 0%  | 11S | <b>20902366</b>   |

**ANEXO I M.I. Nuevos y activos con nuevas frecuencias y ganancias en HH**

| <b>Maint. Item</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Cantidad de órdenes</b> | <b>Cantidad de avisos sub.</b> | <b>% Avisos/órdenes</b> | <b>Nueva frecuencia</b> | <b>HH anuales</b> | <b>Nuevas HH anuales</b> | <b>Ganancias HH</b> |
|--------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>20902379</b>    | 5S                | 6                          | 0                              | 0%                      | 7S                      | 26,0              | 18,6                     | 7,4                 |
| <b>20902360</b>    | 5S                | 6                          | 1                              | 17%                     | 7S                      | 31,2              | 22,3                     | 8,9                 |
| <b>20902357</b>    | 5S                | 6                          | 1                              | 17%                     | 7S                      | 26,0              | 18,6                     | 7,4                 |
| <b>20902358</b>    | 5S                | 6                          | 0                              | 0%                      | 7S                      | 5,2               | 3,7                      | 1,5                 |
| <b>20902369</b>    | 5S                | 6                          | 0                              | 0%                      | 7S                      | 26,0              | 18,6                     | 7,4                 |
| <b>20902375</b>    | 5S                | 5                          | 2                              | 40%                     | 7S                      | 31,2              | 22,3                     | 8,9                 |
| <b>20902376</b>    | 5S                | 5                          | 0                              | 0%                      | 7S                      | 10,4              | 7,4                      | 3,0                 |
| <b>20902363</b>    | 3S                | 9                          | 1                              | 11%                     | 5S                      | 17,3              | 10,4                     | 6,9                 |
| <b>20902391</b>    | 5S                | 5                          | 2                              | 40%                     | 7S                      | 78,0              | 55,7                     | 22,3                |
| <b>20902367</b>    | 5S                | 6                          | 1                              | 17%                     | 7S                      | 10,4              | 7,4                      | 3,0                 |
| <b>20902345</b>    | 3S                | 10                         | 1                              | 10%                     | 5S                      | 104,0             | 62,4                     | 41,6                |
| <b>20902365</b>    | 3S                | 9                          | 0                              | 0%                      | 5S                      | 17,3              | 10,4                     | 6,9                 |
| <b>20902364</b>    | 3S                | 9                          | 0                              | 0%                      | 5S                      | 17,3              | 10,4                     | 6,9                 |
| <b>20902349</b>    | 5S                | 6                          | 4                              | 67%                     | 7S                      | 26,0              | 18,6                     | 7,4                 |
| <b>20902350</b>    | 5S                | 6                          | 0                              | 0%                      | 7S                      | 5,2               | 3,7                      | 1,5                 |
| <b>20902351</b>    | 5S                | 6                          | 2                              | 33%                     | 7S                      | 10,4              | 7,4                      | 3,0                 |
| <b>20902352</b>    | 5S                | 6                          | 1                              | 17%                     | 7S                      | 15,6              | 11,1                     | 4,5                 |
| <b>20902341</b>    | 5S                | 6                          | 1                              | 17%                     | 7S                      | 20,8              | 14,9                     | 5,9                 |
| <b>20902342</b>    | 5S                | 6                          | 2                              | 33%                     | 7S                      | 20,8              | 14,9                     | 5,9                 |

|          |    |    |   |     |     |      |      |              |
|----------|----|----|---|-----|-----|------|------|--------------|
| 20902331 | 5S | 6  | 1 | 17% | 7S  | 10,4 | 7,4  | 3,0          |
| 20902335 | 5S | 6  | 2 | 33% | 7S  | 46,8 | 33,4 | 13,4         |
| 20902336 | 5S | 6  | 2 | 33% | 7S  | 15,6 | 11,1 | 4,5          |
| 20902332 | 5S | 6  | 1 | 17% | 7S  | 20,8 | 14,9 | 5,9          |
| 20902333 | 5S | 6  | 5 | 83% | 7S  | 20,8 | 14,9 | 5,9          |
| 20902378 | 5S | 5  | 0 | 0%  | 7S  | 36,4 | 26,0 | 10,4         |
| 20902382 | 5S | 5  | 1 | 20% | 7S  | 15,6 | 11,1 | 4,5          |
| 20902383 | 5S | 5  | 0 | 0%  | 7S  | 15,6 | 11,1 | 4,5          |
| 20902384 | 5S | 5  | 0 | 0%  | 7S  | 15,6 | 11,1 | 4,5          |
| 20902385 | 5S | 5  | 0 | 0%  | 7S  | 5,2  | 3,7  | 1,5          |
| 20902386 | 5S | 5  | 0 | 0%  | 7S  | 5,2  | 3,7  | 1,5          |
| 20902348 | 3S | 10 | 0 | 0%  | 5S  | 95,3 | 57,2 | 38,1         |
| 20902389 | 5S | 6  | 3 | 50% | 7S  | 52,0 | 37,1 | 14,9         |
| 20902361 | 5S | 6  | 1 | 17% | 7S  | 62,4 | 44,6 | 17,8         |
| 20902362 | 5S | 6  | 1 | 17% | 7S  | 31,2 | 22,3 | 8,9          |
| 20902366 | 9S | 3  | 0 | 0%  | 11S | 5,8  | 4,7  | 1,1          |
|          |    |    |   |     |     |      |      | <b>300,7</b> |

**ANEXO J M.I. Nuevos e inactivos con nuevas frecuencias y ganancias en HH**

| Maint. Item | Frecuencia | Cantidad de órdenes | Cantidad de avisos sub. | % Avisos/órdenes | Nueva frecuencia | HH anuales | Nuevas HH anuales | Ganancias HH   |
|-------------|------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------|-------------------|----------------|
| 20815875    | 1S         | 30                  | 0                       | 0%               | 2S               | 468,0      | 234,0             | 234,0          |
| 20815871    | 1S         | 32                  | 1                       | 3%               | 2S               | 468,0      | 234,0             | 234,0          |
|             |            |                     |                         |                  |                  |            |                   | <b>∑ 468,0</b> |

**ANEXO K M.I. Antiguos y activos con nuevas frecuencias y ganancias en HH**

| Maint. Item | Frecuencia | Cantidad de órdenes | Cantidad de avisos sub. | % Avisos/órdenes | Nueva frecuencia | HH anuales | Nuevas HH anuales | Ganancias HH |
|-------------|------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------|-------------------|--------------|
| 20205160    | 1S         | 66                  | 5                       | 8%               | 2S               | 312,0      | 156,0             | 156,0        |
| 20317073    | 24S        | 3                   | 0                       | 0%               | 25S              | 4,3        | 4,2               | 0,2          |
| 20205521    | 60D        | 7                   | 1                       | 14%              | 75D              | 66,9       | 53,5              | 13,4         |
| 20205520    | 60D        | 8                   | 0                       | 0%               | 75D              | 66,9       | 53,5              | 13,4         |
| 20205507    | 90D        | 5                   | 0                       | 0%               | 180D             | 16,2       | 1,2               | 15,1         |
| 20204245    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 12S              | 63,6       | 47,7              | 15,9         |
| 20204227    | 9S         | 8                   | 0                       | 0%               | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204228    | 9S         | 6                   | 0                       | 0%               | 11S              | 34,7       | 28,4              | 6,3          |
| 20204240    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204242    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 127,1      | 104,0             | 23,1         |
| 20204234    | 9S         | 7                   | 0                       | 0%               | 12S              | 34,7       | 26,0              | 8,7          |
| 20204241    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 34,7       | 28,4              | 6,3          |
| 20204233    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204249    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204238    | 9S         | 8                   | 0                       | 0%               | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204243    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 127,1      | 104,0             | 23,1         |
| 20204235    | 9S         | 7                   | 0                       | 0%               | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204505    | 9S         | 8                   | 0                       | 0%               | 11S              | 34,7       | 28,4              | 6,3          |
| 20204236    | 9S         | 8                   | 0                       | 0%               | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204237    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 34,7       | 28,4              | 6,3          |
| 20204508    | 9S         | 8                   | 0                       | 0%               | 12S              | 63,6       | 47,7              | 15,9         |
| 20204231    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 12S              | 28,9       | 21,7              | 7,2          |
| 20204507    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 12S              | 52,0       | 39,0              | 13,0         |
| 20204246    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6         |
| 20204248    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204252    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204255    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204256    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204257    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204258    | 9S         | 7                   | 0                       | 0%               | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204259    | 9S         | 7                   | 1                       | 14%              | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20204260    | 9S         | 7                   | 0                       | 0%               | 11S              | 28,9       | 23,6              | 5,3          |
| 20185854    | 4S         | 8                   | 0                       | 0%               | 4S               | 468,0      | 468,0             | 0,0          |
|             |            |                     |                         |                  |                  |            | <b>Σ 464,6</b>    |              |

**ANEXO L M.I. Antiguos e inactivos con nuevas frecuencias y ganancias en HH**

| Maint. Item | Frecuencia | Cantidad de órdenes | Cantidad de avisos sub. | % Avisos/órdenes | Nueva Frecuencia | HH anuales | Nuevas HH anuales | Ganancias HH   |
|-------------|------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------|-------------------|----------------|
| 20205498    | 1S         | 69                  | 0                       | 0%               | 2S               | 312,0      | 156,0             | 156,0          |
| 20205497    | 1S         | 67                  | 1                       | 1%               | 2S               | 312,0      | 156,0             | 156,0          |
| 20205513    | 60D        | 8                   | 1                       | 13%              | 75D              | 66,9       | 53,5              | 13,4           |
| 20205514    | 60D        | 8                   | 1                       | 13%              | 75D              | 66,9       | 53,5              | 13,4           |
| 20205516    | 60D        | 8                   | 0                       | 0%               | 75D              | 66,9       | 53,5              | 13,4           |
| 20204506    | 9S         | 8                   | 1                       | 13%              | 11S              | 34,7       | 28,4              | 6,3            |
| 20204503    | 9S         | 8                   | 0                       | 0%               | 11S              | 63,6       | 52,0              | 11,6           |
|             |            |                     |                         |                  |                  |            |                   | <b>Σ 370,0</b> |

**ANEXO M Tablas de detalle de cargas de HH por puesto de trabajo responsables**

| WRC       | Actividad                 | Equipos o comp.      | HH    |
|-----------|---------------------------|----------------------|-------|
| MN39-D01  | MONCON VIBR.              | Sist. motriz correas | 90    |
|           |                           | Motriz polea         | 18    |
|           |                           | Poleas               | 78    |
|           |                           | Feeders              | 145,6 |
|           |                           | Harneros             | 41,6  |
|           |                           | Chancadores          | 72,8  |
|           |                           | Equipos aglomerado   | 104   |
|           |                           | Bombas               | 621,1 |
|           |                           | Salas Calent.        | 93,6  |
|           |                           | Plantas RO           | 98,8  |
|           |                           | Agitadores trenes    | 93,6  |
|           |                           | Extr. Same naves     | 145,6 |
|           |                           | MDC EFGH EW2         | 86,7  |
|           |                           | Trenes               | 104   |
|           |                           | Sopladores pila      | 457,6 |
|           |                           | Sub-total            | 2251  |
|           | MONCON INSP               | Estructural apilador | 4,3   |
|           |                           | Sub-total            | 4,3   |
|           | MONCON INSP. SIST. ONLINE | Correas              | 40    |
|           |                           | Aglomerador          | 12    |
|           |                           | Bombas ER LXS        | 8     |
|           |                           | Sub-total            | 60    |
|           | MONCON VIBR. ONLINE       | Correas              | 78    |
|           |                           | Tambores             | 26    |
|           |                           | Bombas ER            | 26    |
|           |                           | Sub-total            | 130   |
|           | MONCON ULTRASONIDO        | Valvula Filtro       | 18,3  |
|           |                           | TK Acido             | 1     |
|           |                           | Linea Acido          | 1     |
|           |                           | Bombas E.R. Refino   | 4     |
| Sub-total |                           | 24,3                 |       |
|           | Total                     | 2469,6               |       |



| WRC      | Actividad              | Equipos o comp.          | HH            |        |
|----------|------------------------|--------------------------|---------------|--------|
| MN39-L01 | LUBR. INSPECCIÓN TEMP. | Motriz correas área seca | 91            |        |
|          |                        | Bombas                   | 858           |        |
|          |                        | Feeders                  | 156,9         |        |
|          |                        | Harn. y col. Polvo       | 80,6          |        |
|          |                        | Chancadores Sec. y Terc. | 132,6         |        |
|          |                        | Equipos aglomerado       | 117           |        |
|          |                        | MDC                      | 208           |        |
|          |                        | Mixer Tren               | 286           |        |
|          |                        | Trenes                   | 312           |        |
|          |                        | Sub-total                | 2242,1        |        |
|          |                        | LUBR. MUESTRA ACEITE     | Correas Vent2 | 41,6   |
|          | Feeders                |                          | 47,2          |        |
|          | Chancadores            |                          | 31,2          |        |
|          | Aglomeradores          |                          | 31,2          |        |
|          | Bombas                 |                          | 176,4         |        |
|          | Trenes                 |                          | 60,4          |        |
|          | MDC EFGH EW1&2         |                          | 78            |        |
|          | FAM                    |                          | 19,8          |        |
|          | Sub-total              |                          | 485,8         |        |
|          | LUBR. ANALISIS ACEITE  | Correas Vent2            | 18,7          |        |
|          |                        | Feeders                  | 23,6          |        |
|          |                        | Chancadores              | 14,6          |        |
|          |                        | Aglomeradores            | 15,6          |        |
|          |                        | Bombas                   | 85,9          |        |
|          |                        | Trenes                   | 26,4          |        |
|          |                        | MDC EFGH EW1&2           | 18,2          |        |
|          |                        | FAM                      | 23,9          |        |
|          |                        | Sub-total                | 226,9         |        |
|          | LUBR. ANALISIS ACEITE  | Chancadores              | 138,7         |        |
|          |                        | Aglomeradores            | 332,8         |        |
|          |                        | MDC                      | 312           |        |
|          |                        | Sub-total                | 783,5         |        |
|          |                        |                          | Total         | 3738,3 |

| WRC       | Actividad        | Equipos o comp.        | HH     |
|-----------|------------------|------------------------|--------|
| MN39-D02  | ELEC. INSPECCIÓN | Bombas                 | 993,8  |
|           |                  | Salas                  | 248,4  |
|           |                  | Sop SE                 | 346,7  |
|           |                  | Motores                | 147,5  |
|           |                  | Máquinas               | 34,7   |
|           |                  | Agitadores             | 190,7  |
|           |                  | Switch House           | 63,6   |
|           |                  | Correas                | 34,7   |
|           |                  | Equipos detenidos      | 312    |
|           |                  | Prev Correas           | 66,9   |
|           |                  | Prev Alimentadores     | 66,9   |
|           | Sub-total        | 2505,9                 |        |
|           | ELEC. MONCON     | Muestra aceite transf. | 36     |
|           |                  | Sub-total              | 36     |
|           | MONCON INSP.     | Motores                | 208    |
|           |                  | EPP dielec             | 13     |
|           |                  | Htas dielec            | 13     |
|           |                  | Sub-total              | 234    |
|           | TERMOGRAFIA      | Salas                  | 1808,9 |
|           |                  | Motores                | 1536,3 |
| Sub-total |                  | 3345,2                 |        |
|           |                  | Total                  | 6121,1 |

| WRC      | Actividad   | Equipos o comp. | HH     |
|----------|-------------|-----------------|--------|
| MN39-D03 | ULTRASONIDO | Poleas          | 2178   |
|          |             | TK's            | 110    |
|          |             | Tripper car     | 259    |
|          |             | Tambor          | 220,8  |
|          |             | Cabezal         | 120,3  |
|          |             | Sprader         | 137,6  |
|          |             | Estructura      | 256    |
|          |             | Hopper          | 69,3   |
|          |             | Rotopala        | 43,3   |
|          |             | Orugas          | 17,3   |
|          |             | Sub-total       | 3411,6 |
|          | INSPECCIÓN  | Orugas          | 17,3   |
|          |             | Estructuras     | 104    |
|          |             | Sub-total       | 121,3  |
|          |             | Total           | 3532,9 |

| WRC      | Actividad   | Equipos o comp. | HH  |
|----------|-------------|-----------------|-----|
| MN39-D04 | Ultrasonido | TK's            | 40  |
|          |             | Líneas          | 455 |
|          |             | Total           | 495 |

| WRC      | Actividad    | Equipos o comp. | HH     |
|----------|--------------|-----------------|--------|
| MN39-D05 | Med. espesor | Cintas          | 286    |
|          | Ins. Visual  |                 | 3972,8 |
|          | Radiografía  |                 | 283,8  |
|          | Scanner      |                 | 59,8   |
|          | Total        |                 | 4602,4 |

