

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD
PILOTO PARA UNA EMPRESA MINERA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

RICHARD JOHNY JIMENEZ CHACON

PROMOCION 2003-II

LIMA-PERU

2008

INDICE

Prólogo	1
Capítulo I	3
Introducción	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Objetivo	4
1.3. Alcance	4
Capítulo II	5
Marco Teórico	5
2.1. Evolución del Mantenimiento	5
2.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	7
2.2.1. Historia del RCM	7
2.2.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Plus (RCM+).	7
Capítulo III	10
Situación actual del Mantenimiento en la Minería	10
3.1. Descripción de Pierina	10
3.1.1. Historia	11
3.1.2. Organigrama	12
3.1.3. Visión, misión y valores de Pierina.	12
3.1.4. Gestión Ambiental, Salud y Seguridad	14
3.1.5. Relaciones Comunitarias	14

3.1.6. Proceso de Extracción	15
3.2. El Mantenimiento en Pierina.....	18
3.2.1. Mantenimiento Mina.	18
3.2.2. Mantenimiento Procesos	18
Capítulo IV.....	20
Implementación del Mantenimiento Centrado en confiabilidad.....	20
4.1. Planificación	22
4.1.1. Indicadores antes de iniciar el análisis RCM.....	22
4.1.2. Capacitación en RCM (+)	23
4.1.3. Planificación de los Grupos de Trabajo	24
4.1.4. Estructura de desglose del trabajo (EDT).....	25
4.1.5. Cronograma de Trabajo.....	25
4.1.6. Matriz de Responsabilidades	28
4.2. Análisis De Mejorabilidad	29
4.2.1. Resultados del análisis de Mejorabilidad.....	29
4.2.2. Orden de Implementación del RCM +	33
4.3. Análisis Funcional.....	34
4.3.1. Diagrama Entrada Función Salida	34
4.3.2. Análisis Funcional de la Mina Pierina	34
4.3.3. Equipos principales de la Flota Mina en Pierina	35
4.4. Desarrollo de Diagramas Causa Efecto	35
4.5. Desarrollo de los FMECA'S	41
4.6. Desarrollo del Agrupado de Tareas.....	44

4.7. Resultados del Análisis de RCM+	47
4.8. Plan de Divulgación de Resultados de RCM +.....	48
4.9. Observaciones:.....	49
Capítulo V.....	53
Costos de Implementación del RCM piloto en la empresa.	53
Capítulo VI.....	55
Beneficios de implementar el RCM en una empresa	55
6.1. Beneficios Identificados.....	55
6.2. Observaciones.....	57
6.3. Otros Beneficios:	58
6.4. Indicadores después de la Implementación del RCM	58
6.5. Costos de Mantenimiento después de la Implementación del RCM plus.....	61
Conclusiones	62
Bibliografía	64
Apéndice	65
Anexos del Análisis de RCM +	66

INDICE DE FIGURAS

Figura II.1: Evolución del mantenimiento en el tiempo.....	6
Figura III.1: Ubicación de Pierina	10
Figura III.2: Organigrama de la empresa minera Pierina	12
Figura III.3: Diagrama de Flujo del Proceso Productivo de Pierina.....	16
Figura IV.1: Confiabilidad de los Cargadores 994D	22
Figura IV.2: Disponibilidad de los Cargadores 994D	23
Figura IV.3: Grupo de Análisis del RCM para el cargador 994D.....	24
Figura IV.5: Cronograma de trabajo para la implementación del RCM.....	27
Figura IV.6: Análisis de Mejorabilidad de la Mina Pierina para el año 2006	30
Figura IV.7: Análisis de Mejorabilidad del Sistema de Carguio para el año 2006.....	30
Figura IV.8: Análisis de Mejorabilidad del Cargador frontal 994D para el año 2006	31
Figura IV.9: Análisis de Mejorabilidad de la Mina Pierina para el año 2007	31
Figura IV.10: Análisis de Mejorabilidad del Sistema de Carguío para el año 2007	32
Figura IV.11: Análisis de Mejorabilidad del Cargador frontal 994D para el año 2007..	32
Figura IV.12: Diagrama Causa Efecto: Mantenimiento Mina Pierina - Barrick.....	38
Figura IV.13: Diagrama Causa Efecto: Sistema de Carguío.....	38
Figura IV.14: Diagrama Causa Efecto: Cargador Frontal 994D.....	39
Figura IV.15: Diagrama Causa Efecto: Componentes y modos de Falla: Sistema Hidráulico del Implemento.....	39

Figura IV.16: Diagrama Causa Efecto : Componentes y modos de Falla: Sistema	
Piloto del Hidráulico.....	40
Figura IV.17: Diagrama de Creación de Valor	52
Figura VI.1: Confiabilidad de los Cargadores 994D – Diciembre del 2007	59
Figura VI.2: Disponibilidad de los Cargadores 994D Ene - Jun del 2008	60

INDICE DE TABLAS

Tabla IV.1: Grupo de Apoyo para la implementación del RCM.....	24
Tabla IV.2: Matriz de responsabilidades para la implementación del RCM.....	28
Tabla IV.3: Resumen de los FMECAS del análisis RCM.....	41
Tabla IV.4: Modelo de FMECA del sistema de enfriamiento de los Cargadores 994D.....	42
Tabla IV.5: Agrupado de Tareas Recomendadas para analogía de términos con ORACLE: Equipo: Cargador Frontal 994D.....	45
Tabla V.1: Costos Asociados a la implementación del RCM en Pierina.....	53
Tabla VI.1: Beneficios calculados después del RCM plus.....	56
Tabla VI.1: Resumen de indicadores antes y después de la implementación del RCM plus.....	59

PRÓLOGO

El mantenimiento en todas las industrias ha evolucionado considerablemente en los últimos 20 años. En la actualidad, no sólo se espera la falla del equipo o se repara con una frecuencia establecida, sino que también se ha incluido dentro los programas de mantenimiento el monitoreo por condición (mantenimiento predictivo), se está dando mucha mayor importancia a la seguridad y al medio ambiente, buscando una mayor disponibilidad y confiabilidad de las plantas, mayor vida útil de equipos, entre otros. Para esto se están desarrollando nuevas técnicas de mantenimiento como son: Inspección Basado en Riesgo, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), Análisis de Causa Raíz, TPM, Herramientas para toma de decisiones de costo-riesgo entre otros. En éste informe nos centraremos en como implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en una empresa minera, de manera que sirva de guía a las personas que deseen implementar el RCM en sus empresas.

Dichas pautas, consejos y procesos a seguir se resumen a continuación en cada capítulo:

En el Capítulo 2, escribimos un poco de cómo ha evolucionado el Mantenimiento en el tiempo, para luego tocar con mayor detalle el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

En el Capítulo 3, describiremos como ejemplo cual es la situación actual de la Mina Pierina – Barrick, donde se aplicó la metodología del RCM.

En el Capítulo 4, describiremos al detalle como se realizó la Implementación del Mantenimiento Centrado en confiabilidad, su Planificación, que indicadores de gestión se consideraron para el seguimiento, como se elige el orden de implementación y el proceso del RCM en sí: Análisis Funcionales, Diagramas Entrada Función Salida, Desarrollos de los FMECA'S (Análisis de Modos y Efectos de Falla y Criticidad), Agrupado de Tareas y el Plan de Divulgación de Resultados de RCM.

En el Capítulo 5, se detallarán los Costos de Implementación del RCM piloto en Pierina.

En el Capítulo 6, se detallará los beneficios de implementar el RCM en Pierina.

Al final de éste informe se encuentran los siguientes Anexos:

1. Diagramas Entrada - Función – Salida (EFS).
2. Diagramas Funcionales.
3. Diagramas Causa Efecto de los Cargadores Frontales 994D.
4. FMECA'S de los Cargadores Frontales 994D. Sistema Hidráulico de Alta Presión (4200 PSI)
5. Implementación de las tareas. Ejemplo: Mangueras Hidráulicas.

Este informe está dirigido a las personas que deseen implementar el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en sus empresas y no tengan claro por donde comenzar, que procesos a seguir, que beneficios se pueden obtener entre otras dudas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el mantenimiento ha cambiado quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben a la mayor cantidad de activos físicos, a la complejidad de los mismos que tienen que ser mantenidos en todo el mundo. Frente a todos éstos cambios los gerentes en todo el mundo están buscando nuevas metodologías y/o filosofías para evaluar y aplicar las que satisfagan mejor las necesidades de la compañía. Filosofías como Integridad Mecánica, Inspección Basado en Riesgo, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), Análisis de Causa Raíz, TPM, Herramientas para toma de decisiones de costo-riesgo entre otros.

En éste informe utilizaremos el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

1.1. Antecedentes

Debido a la baja disponibilidad y confiabilidad principalmente de la flota de cargadores frontales (sistema de carguío), la superintendencia de mantenimiento decide utilizar la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM a mediados del año 2006. En el último trimestre de ese año se reúne toda la información necesaria para desarrollar el RCM a los cargadores frontales. Se aplica la metodología del RCM2 con personal de la minera, no llegándose a concluir la

implementación. Por lo tanto a mediados del 2007 se decide realizar una revisión y culminar el análisis con un facilitador externo, concluyéndose el análisis en setiembre del 2007.

1.2. Objetivo

El objetivo de éste informe es elaborar las pautas necesarias para desarrollar e implementar un RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) en una empresa minera, para incrementar la confiabilidad y disponibilidad; también reducir los costos de los equipos más críticos.

1.3. Alcance

Este trabajo utilizará la metodología del RCM plus para implementarlo únicamente en el sistema hidráulico del Cargador Frontal 994D de la mina Pierina, más adelante se demostrará que es el más crítico (Ver Sub capítulo 4.2 Análisis de Mejorabilidad), no abarcará los demás sistemas ya que se trata de obtener el máximo impacto por tratarse de una implementación piloto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Es éste capítulo explicaremos como el mantenimiento ha evolucionado en el tiempo, para luego explicar más ha detalle el Mantenimiento Centrado en confiabilidad.

2.1. Evolución del Mantenimiento.

Durante los últimos 20 años el mantenimiento ha venido cambiando, esto debido a la mayor cantidad y complejidad de los activos físicos, haciendo crecer las expectativas del mantenimiento. Por ejemplo:

En los años 1940 y 1950 (Primera generación): sólo se reparaba cuando el equipo fallaba.

En los años 1960 a 1980 (Segunda generación): Se buscaba una mayor disponibilidad de la planta, una mayor vida de los equipos al menor costo.

De los años 1990 en adelante (Tercera Generación): Se busca una mayor disponibilidad y confiabilidad de las plantas, mayor seguridad, mejor calidad del producto, mayor vida de los equipos, mayor costo – eficacia. Todo esto evitando dañar el medio ambiente.

La tercera generación ha obligado a desarrollar nuevas técnicas y conceptos de mantenimiento, muchos de ellos han sido desarrollados en los últimos 20 años y emergen aún más cada día.

Herramientas de soporte para la toma de decisiones, tales como el estudio del riesgo, análisis de modos de falla y sus efectos, y sistemas expertos.

Nuevos métodos de mantenimiento, tales como el monitoreo de condiciones.

Diseño direccionado a la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento, computadoras pequeñas y rápidas. Trabajo multifacético y en grupos.

Actualmente uno de los mayores desafíos que enfrenta el personal de mantenimiento es no sólo aprender que son éstas técnicas, sino decidir cuales valen la pena y cuales no para sus organizaciones. Si hacemos decisiones adecuadas, es posible mejorar el rendimiento de los activos y al mismo tiempo contener y hasta reducir el costo de mantenimiento. Si no lo hacemos se crean nuevos problemas mientras empeoran los que ya existen.

El cambiante mundo del mantenimiento

Mayores expectativas del mantenimiento



Figura II.1: Evolución del mantenimiento en el tiempo

2.2. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.*

También llamado RCM (Reability Centred Maintenance) que traducido al español significa Mantenimiento Centrado en confiabilidad.

2.2.1. Historia del RCM.

El RCM fue desarrollado a fines de los sesenta por la industria aeronáutica, la cual se vio en la necesidad de mejorar el mantenimiento de entonces (mantenimiento preventivo, mayormente desarrollado por recomendaciones hechas por el fabricante). Esta forma de mantenimiento imposibilitaría una eficaz operación del Boeing 747, obligándole a estar mucho tiempo en tierra para mantenimiento preventivo. Los resultados fueron sorprendentes y en muy poco tiempo era herramienta estándar de las fuerzas militares norteamericanas y de la industria nuclear. Los otros sectores industriales fueron tentados en los ochenta (petróleo, energía y minería), con resultados muy buenos en unos casos y decepcionantes en otros.

En Estados Unidos el RCM permanece con ligeras modificaciones. En Inglaterra en los 90 surgen dos grandes corrientes del RCM, de las cuales el RCM (+) está más dedicada a la mejora del proceso productivo en general, se dedica a los sistemas más críticos del negocio, incorpora otras herramientas como la optimización de frecuencias de mantenimiento e inspección, RCM en Reversa y Análisis de Causa Raíz donde sea requerido.

2.2.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Plus (RCM+).

Existen diversas metodologías del RCM, tales como el RCM, el RCM2, el RCM D y el RCM plus; la última es la que aplicaremos en éste informe.

El RCM+, es un método que permite determinar las actividades de operaciones y mantenimiento más adecuadas (técnicamente y económicamente factibles), permitiendo así asegurar que los sistemas, subsistemas y componentes cumplan con las funciones deseadas en su contexto operacional, logrando alcanzar con los requerimientos de sus usuarios, este método fue actualizado de acuerdo a los requerimientos de la norma Asset Management PAS-55 en el 2004.

Tiene un enfoque en Funciones & Sistemas mas no en Equipos.

La implementación del RCM+ en plantas complejas tiene los siguientes seis pasos:

Paso 1: Conformación del Equipo de Trabajo.

Seleccionar el personal multidisciplinario para el equipo de RCM +.

Paso 2: Identificación - Análisis Funcional

Identificar Sistemas / Realizar Diagramas EFS

Realizar Diagramas Funcionales

Paso 3: Identificación - Análisis de Mejorabilidad

Evaluar Mejorabilidad

Seleccionar orden de implementación

Paso 4: Control - FMECA

Identificar equipos y modos (diagramas Causa Efecto)

Desarrollo del FMECA

Seleccionar y recomendar actividades y estrategias

Paso 5: Control - Agrupado y Filtrado de Tareas

Equipo

Frecuencia

Especialidad

Tipo tarea

Paso 6: Uso Óptimo de los Recursos

Paradas óptimas

Proyectos evaluados

Repuestos optimizados

CAPÍTULO III

SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA MINERÍA

Tomaremos como referencia la situación actual de la Mina Pierina de Barrick.

La mina Pierina está ubicada en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, a 13 kilómetros del pueblo de Jangas, entre los 3.800 y 4.200 metros de altura.

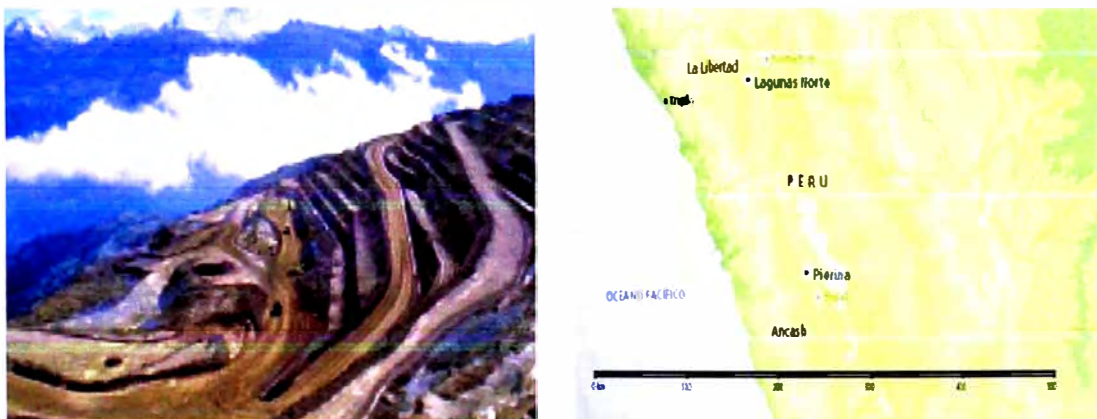


Figura III.1: Ubicación de Pierina

3.1. Descripción de Pierina

Pierina es una mina de Barrick, donde el desarrollo de la minería va asociado necesariamente al crecimiento económico y social de las comunidades cercanas a sus yacimientos. Esto es parte de la filosofía de Minería Responsable que aplica la

compañía en todas sus operaciones alrededor del mundo, que además incluye la utilización de tecnología probada en todos los procesos, una especial preocupación por los trabajadores y su seguridad y una gestión ambiental de excelencia.

Barrick Gold Corporation, fundada en 1983; comenzó sus operaciones en territorio peruano con la adquisición de Arequipa Resources Ltd en 1996 junto con más de 40 propiedades incluida la mina Pierina.

El yacimiento inició su producción en 1998 y actualmente emplea a 440 trabajadores, de los cuales el 98% son peruanos. Además, da trabajo en forma rotatoria a un promedio 450 pobladores provenientes de las comunidades aledañas que se desempeñan en actividades complementarias, tales como reforestación, control de erosión y obras de desarrollo para sus propias comunidades.

Otras operaciones de Barrick en América Latina son: Alto Chicama (sierra norte del Perú), Pascua Lama & Veladero (frontera Chile & Argentina)

3.1.1. Historia

Hasta 1993, Barrick sólo tenía operaciones en Norteamérica, pero ese mismo año, y siguiendo la estrategia de crecimiento que se impone, la compañía decidió mirar hacia el resto de América.

Así, la empresa llegó a Perú en 1993 y un año más tarde, a través de la compra de Lac Minerals, se instaló en Chile con la mina El Indio y el entonces proyecto Nevada, que más tarde pasó a llamarse Pascua–Lama.

En 2001, Barrick se fusionó con Homestake, lo que marca la llegada de la empresa a Argentina y la adquisición de Veladero.

Entre fines de 2005 y comienzos de 2006, Argentina, Chile y Perú se consolidan como la región de negocios de Sudamérica, representando hoy cerca de un tercio de las reservas mundiales de Barrick.

Durante 2006, tras la adquisición de la empresa Placer Dome, la mina de cobre Zaldívar, ubicada en la Segunda Región de Chile, pasa a formar parte de Barrick Sudamérica.

Más allá de las actuales operaciones y proyectos, Sudamérica es un área estratégica para el crecimiento futuro de la empresa.

3.1.2. Organigrama

En el gráfico siguiente se muestra el organigrama de la mina Pierina actualizado a Junio del 2007.

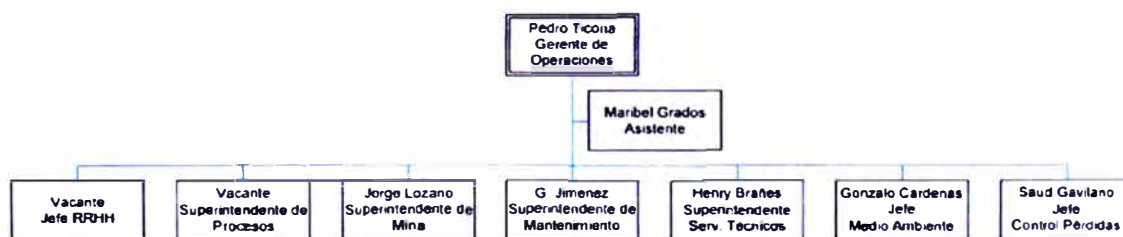


Figura III.2: Organigrama de la empresa minera Pierina

3.1.3. Visión, misión y valores de Pierina.

Pierina tiene la siguiente visión, misión, los que se encuentran sustentados por sus valores.

Visión de la Mina Pierina

Continuar siendo la mina modelo y núcleo del crecimiento de la Región Sudamérica, fortaleciendo la cultura de excelencia y Minería Responsable.

Misión de la Mina Pierina

Mantener los más altos estándares de Seguridad, Medio Ambiente y Producción, cuidando la salud y desarrollo de los trabajadores y sus familias, asegurando un cierre socialmente responsable.

Visión de Seguridad

Todos a casa sanos y salvos todos los días

VALORES***Comportarse como Dueños***

Aceptamos la responsabilidad por nuestras acciones y sus resultados. Manejamos los activos de la compañía como propios. Somos emprendedores y buscamos oportunidades para hacer crecer a nuestra empresa. Actuamos con integridad, operando dentro del marco y espíritu de la ley y del Código de Conducta y Ética de Barrick.

Actuar con Sentido de Urgencia

Somos decididos, tomamos la iniciativa y tomamos decisiones difíciles cuando es necesario. Fijamos prioridades y actuamos según ellas.

Ser Parte del Equipo

Trabajamos siempre con seguridad. Respetamos a nuestros colegas y aquellos con los que interactuamos fuera de nuestra organización. Escuchamos a otros para entender y pedimos ayuda. Construimos confianza y celebramos nuestros éxitos. Ayudamos a otros a mejorar su eficiencia. Promovemos la confianza y seguridad mutua en nuestras capacidades.

Mejorar Continuamente

Estamos siempre comprometidos a mejorar. Construimos sobre buenas ideas, aprendemos de nuestros errores y retomamos nuestro status quo. Pensamos con amplitud y tenemos un deseo de tener éxito y agregar valor a nuestro trabajo.

Entregar Resultados

Tenemos una visión clara de hacia dónde nos dirigimos y cómo llegaremos allí. Enfocamos nuestros recursos para lograr nuestros objetivos. Prestamos mucha atención a los detalles y mantenemos nuestros compromisos. Entregamos resultados.

Ser Socialmente Responsable

Promovemos y participamos activamente en el desarrollo sostenible de las comunidades que nos acogen, respetando sus costumbres y necesidades. Creamos lazos de confianza y respeto mutuos con nuestros vecinos y nos integramos visiblemente. Preservamos el medio ambiente.

3.1.4. Gestión Ambiental, Salud y Seguridad

Desde sus inicios Pierina ha contado con un Plan de Manejo Ambiental (PMA), el cual consiste en un conjunto de actividades planificadas e implementadas de forma organizada, que contribuyen a cumplir la legislación ambiental peruana vigente, mejorar la protección ambiental y a reducir los impactos sobre el medioambiente a través del control de los procesos y las actividades que los pueden generar.

3.1.5. Relaciones Comunitarias

Desde el inicio de sus operaciones, la compañía minera Barrick Misquichilca con su mina Pierina, ha trabajado de manera conjunta con las comunidades,

apoyando la realización de proyectos sustentables en el tiempo que promuevan el beneficio y desarrollo de todos los involucrados.

Bajo la filosofía de Minería Responsable se elaboró un "plan estratégico de mejora de la calidad de vida y promoción del desarrollo sustentable de las poblaciones situadas en el área de influencia de la Mina Pierina", el que tiene como foco principal las áreas de salud, educación y desarrollo económico productivo.

3.1.6. Proceso de Extracción

Pierina está diseñada como una mina a tajo abierto construida con formación tipo gradas con bancos de 10 metros de alto.

Para obtener el mineral se utilizan perforadoras que realizan excavaciones de 10,5 metros de profundidad donde se coloca anfo (mezcla de petróleo con nitrato de amonio) para realizar el proceso de voladuras controladas.

El material removido es recogido por palas y transportado por camiones mineros con capacidad de hasta 190 toneladas métricas hacia la estación de chancado. Diariamente se mueven más de 40.000 toneladas métricas entre mineral y escombros.

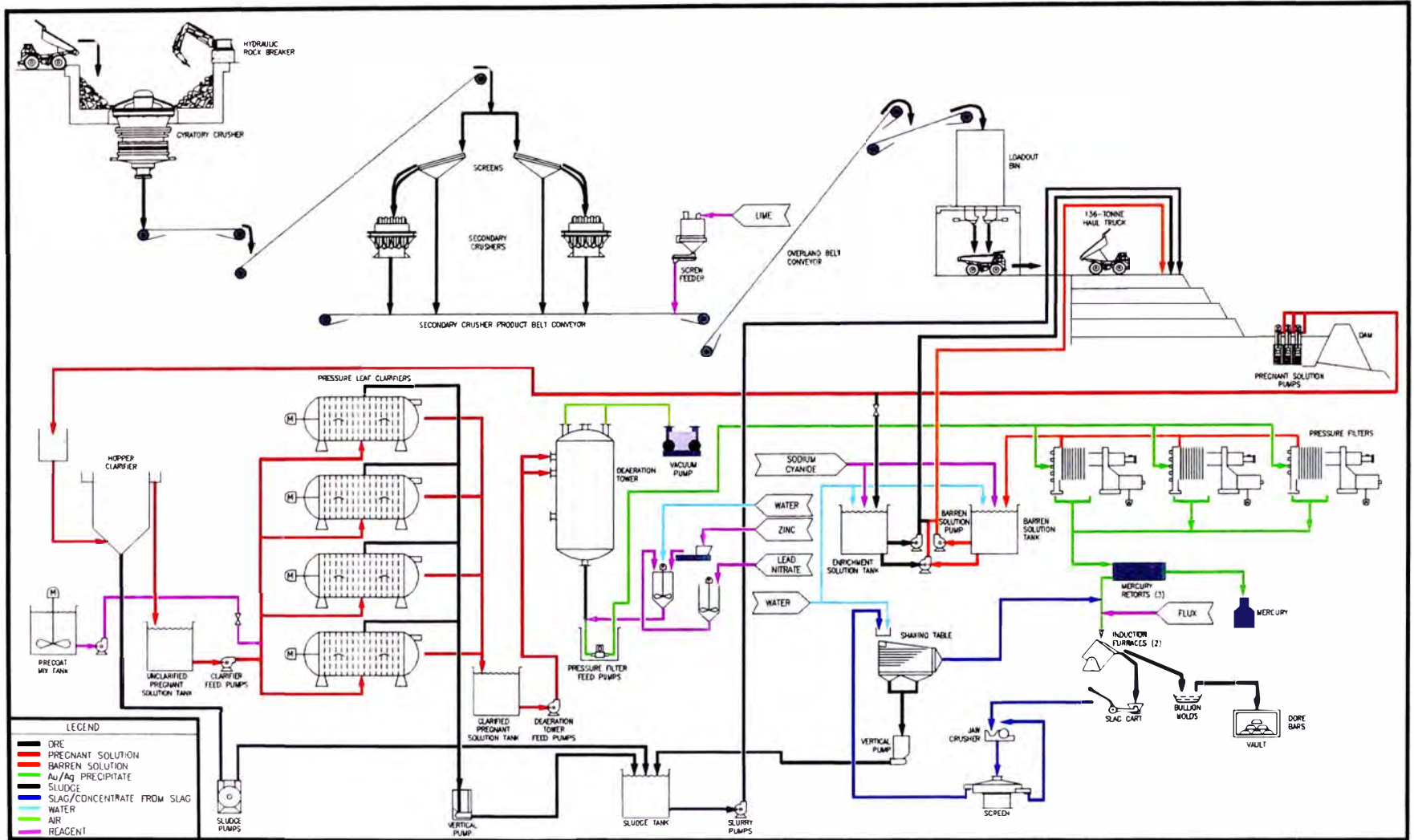


Figura III.3: Diagrama de Flujo del Proceso Productivo de Pierina

Proceso de Extracción

En todo momento camiones cisterna riegan la Mina para evitar el polvo en el ambiente.

Chancado

Una vez en la chancadora/trituradora primaria, la roca es reducida hasta menos de 15 centímetros. Luego, éste material es trasladado con una correa o faja transportadora hasta la segunda estación de chancado / trituración donde se reduce hasta menos de 4 centímetros.

Faja Transportadora

El mineral, ya reducido de tamaño, recorre 2,4 kilómetros en una faja transportadora con una capacidad de hasta 2.600 toneladas métricas por hora, para ser depositado en una tolva, que permite dosificar el carguío de los camiones mineros que luego lo transportarán a la cancha de lixiviación para la siguiente etapa el proceso.

Lixiviación

El mineral transportado por volquetes es depositado en pilas en la cancha de lixiviación para luego aplicarles por goteo una solución lixivante de cianuro de sodio disuelta en agua para separar el oro y la plata contenidos en el mineral. Mediante un sistema de tuberías, la solución recolectada en el fondo de la cancha de lixiviación- solución rica en oro y plata- es enviada, mediante un sistema de tuberías hacia la Planta de Procesos

Las canchas de Lixiviación son zonas especialmente diseñadas para trabajar con productos químicos y evitar la contaminación del suelo, ya que en su estructura tienen capas de material aislante (geomembrana).

Planta de procesos

La solución producto del proceso de lixiviación y que contiene oro y plata es filtrada, se le extrae el oxígeno mediante una torre de vacío, se le añade polvo de zinc para lograr la precipitación de los metales valiosos. Esta solución se bombea a los filtros de prensa donde se queda atrapado el metal valioso. El líquido sobrante es devuelto al proceso de lixiviación, produciéndose así un circuito cerrado. Este proceso no produce relaves.

Fundición

Una vez completado el proceso anterior, periódicamente se extrae de los filtros-prensa el precipitado que luego es secado en las retortas. Una vez seco se mezcla con fundentes y se carga en hornos donde es fundido y moldeado. Obteniéndose así las barras de oro y plata (dore) que son empacadas para su embarque.

3.2. El Mantenimiento en Pierina.

El mantenimiento en la mina Pierina se encuentra dividido en dos áreas:

3.2.1. Mantenimiento Mina.

Encargado del mantenimiento de todos los equipos móviles (Cargadores, Palas, camiones, equipos auxiliares, etc)

3.2.2. Mantenimiento Procesos

Encargado del mantenimiento de los equipos estacionarios (Planta de Chancado, planta procesos, lixiviación, ARD, sistema de alta y baja tensión, etc)

Actualmente el mantenimiento en la mina Pierina se basa en los siguientes tipos:

- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo Planificado
- Mantenimiento Correctivo

Apoyándose en un sistema de Mejoramiento Continuo y en el Oracle como software de mantenimiento.

Con la finalidad de mejorar la confiabilidad de los activos físicos de Pierina, además de ser un objetivo estratégico, Pierina decide implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a su flota de cargadores frontales a mediados del año 2006. En el siguiente capítulo se explicará a detalle todos los pasos seguidos para dicha implementación.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Para implementar el RCM en una empresa, se debe decidir a que activo físico se va ha aplicar la metodología, para lo cual se debe contar o caso contrario elaborar un sistema de criticidad de equipos de la misma. Para el caso de la mina Pierina se hizo un análisis de mejorabilidad que se explica con mayor detalle en el capítulo 4.3.

Justificación del RCM+ en Mina Pierina

La necesidad de implantación de la metodología RCM+ en los Cargadores Frontales 994D de la Mina Pierina, surge debido al requerimiento e interés de la Superintendencia de Mantenimiento de lograr mejorar y/o optimizar los procesos que contribuyen con la Mantenimiento de los equipos, sistemas y la producción de la mina como tal, y con esto poder contribuir con la continuidad de los procesos productivos, velar por la integridad física de los activos de la mina, y disminuir los altos costos de que se generan por una política inadecuada.

Cubriendo también con el RCM+, la necesidad en Pierina de incluir en la cultura de trabajo del personal una metodología para el análisis de los eventos no deseados,

que les permita eliminar sistemáticamente los problemas ya ocurridos y adelantarse a cualquier otro factor que pueda afectar el éxito en la producción de la mina.

Por tales motivos, fue necesario desarrollar el análisis en los Cargadores Frontales 994D como proyectos pilotos con la metodología sistemática RCM+, basada en análisis de riesgo y en el enfoque de menor impacto en el negocio, determinando, cuales son las actividades recomendadas y adecuadas para eliminar los problemas de los sistemas de los Cargadores Frontales 994D; permitiendo además, emplear los recursos disponibles en función de la naturaleza de los eventos, definir planes, políticas y estrategias de mejora, generando las soluciones de los problemas que afectan de manera directa a la actividad de Mantenimiento y en consecuencia a la producción de los Cargadores Frontales 994D y de la minera.

Premisas

Para el desarrollo de la etapa de mejoramiento y control, se parte de los siguientes hechos:

Se debe seleccionar al personal con más experiencia y conocimiento.

Este personal se compromete a entregar la información lo mas confiable posible.

Esta información es la base de este análisis.

Las técnicas usadas constituyen la más avanzado del momento para evaluar empresas y son universales.

Una vez culminados los proyectos en desarrollo; a saber:

- Identificar las oportunidades del presente y futuro.
- Controlar los procesos implantando RCM Plus.
- Hacer Uso Óptimo de los Recursos.

4.1. Planificación

Un factor crítico de éxito es la evaluación y planificación del proyecto en detalle antes de comenzar el trabajo.

Consideraremos los siguientes puntos en la etapa de planificación:

4.1.1. Indicadores antes de iniciar el análisis RCM.

Para poder cuantificar el beneficio del RCM en el cargador frontal 994D de la mina Pierina se tomarán en cuenta los indicadores de disponibilidad y confiabilidad del mismo antes de iniciar el análisis de RCM, para compararlos después del mismo.

4.1.1.1 Confiabilidad

La confiabilidad de la flota de los dos cargadores de la mina Pierina al 31 de julio del 2007 se muestra en el gráfico siguiente.

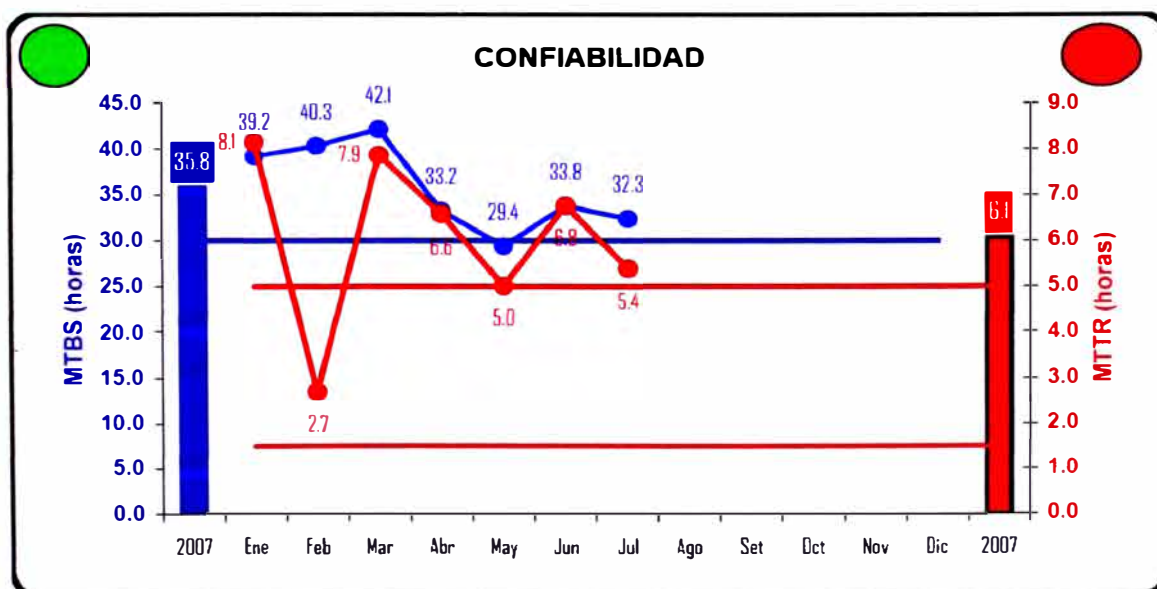


Figura IV.1: Confiabilidad de los Cargadores 994D

4.1.1.2 Disponibilidad

La disponibilidad de la flota de los dos cargadores de la mina Pierina al 31 de julio del 2007 se muestra en el gráfico siguiente.

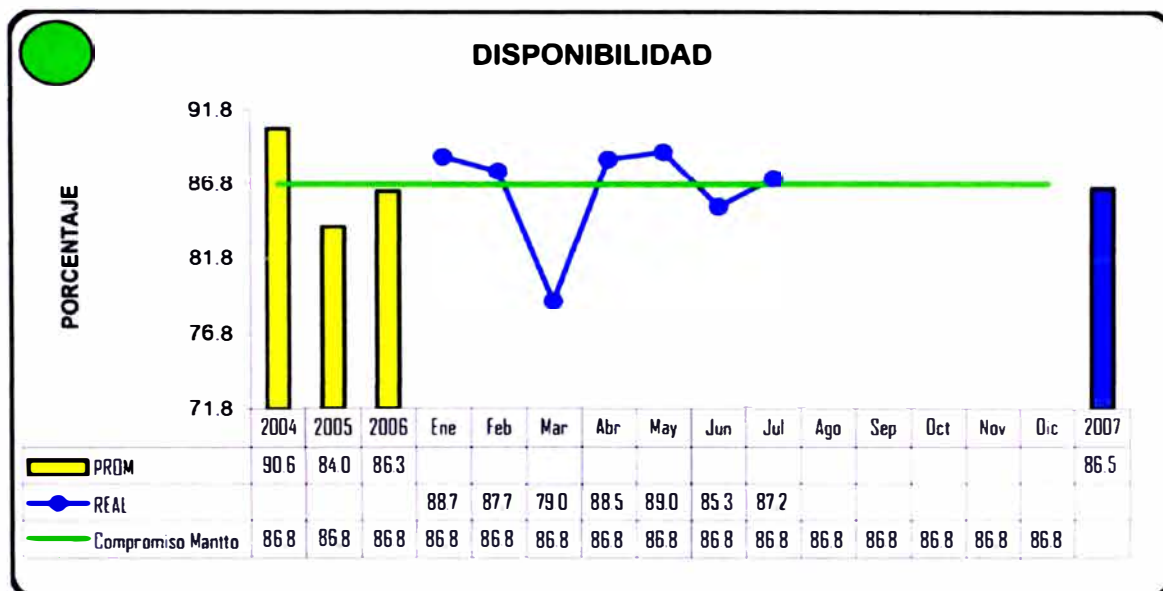


Figura IV.2: Disponibilidad de los Cargadores 994D

4.1.2. Capacitación en RCM (+)

Se programó la capacitación por 1 día para el grupo de análisis en los siguientes puntos:

- Definiciones Básicas
- Confiabilidad Integral del Activo
- Análisis de Plantas Complejas
- Análisis de Mejorabilidad
- Análisis de Modos y Efectos de Fallas y Criticidad
- Evaluación de Consecuencias
- Estrategias de Mantenimiento
- Optimizado de Mantenimiento
- Barreras para la Implementación del RCM

4.1.3. Planificación de los Grupos de Trabajo

Para un mejor control del recurso humano y una buena distribución de las responsabilidades conformaremos el grupo de análisis de RCM y el grupo de apoyo para la implementación.

4.1.3.1 Grupo de Análisis del RCM

Para nuestro caso consideraremos a las siguientes personas en el grupo de análisis:

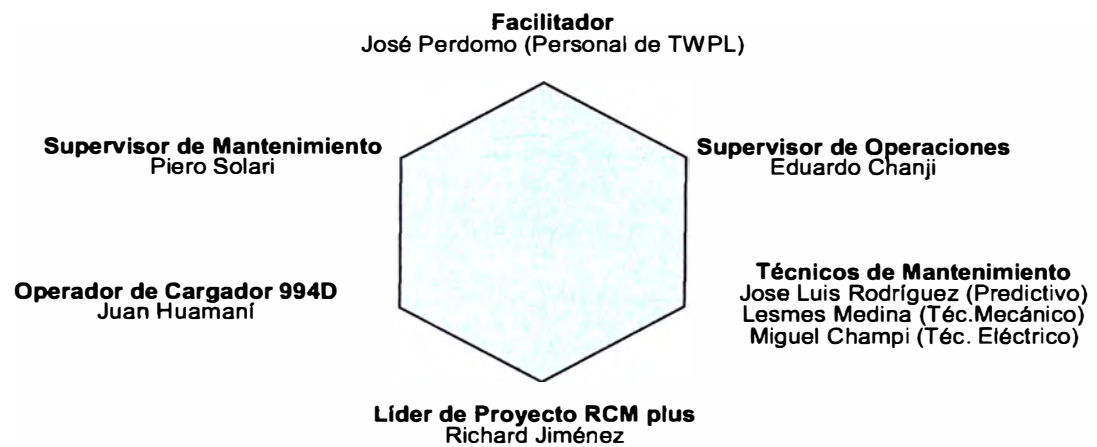


Figura IV.3: Grupo de Análisis del RCM para el cargador 994D

4.1.3.2 Grupo de apoyo para la implementación del RCM.

Para cumplir con el objetivo de la implementar el RCM en el cargador frontal 994, se contará con el siguiente grupo de apoyo:

Tabla IV.1: Grupo de Apoyo para la implementación del RCM

Nombre	Cargo
Richard Jiménez	Líder de Proyecto
Armando Villanueva	Administrador del oracle
David Zegarra	Planner
María Pino	Asistente de Mantenimiento
Carlos Valer	Jefe de Mantenimiento Mina
Edin Condeso	Jefe de Ingeniería de Mantenimiento
Gilberto Jiménez	Superintendente de Mantenimiento

4.1.4. Estructura de desglose del trabajo (EDT¹)

Para una mejor planificación de la implementación del RCM al cargador frontal 994D de la mina Pierina se realizó el siguiente EDT.

4.1.5. Cronograma de Trabajo

De la estructura de desglose del trabajo se obtuvo el siguiente cronograma para la implementación del RCM al cargador frontal 994D.

¹ Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Tercera Edición, Pág 112.

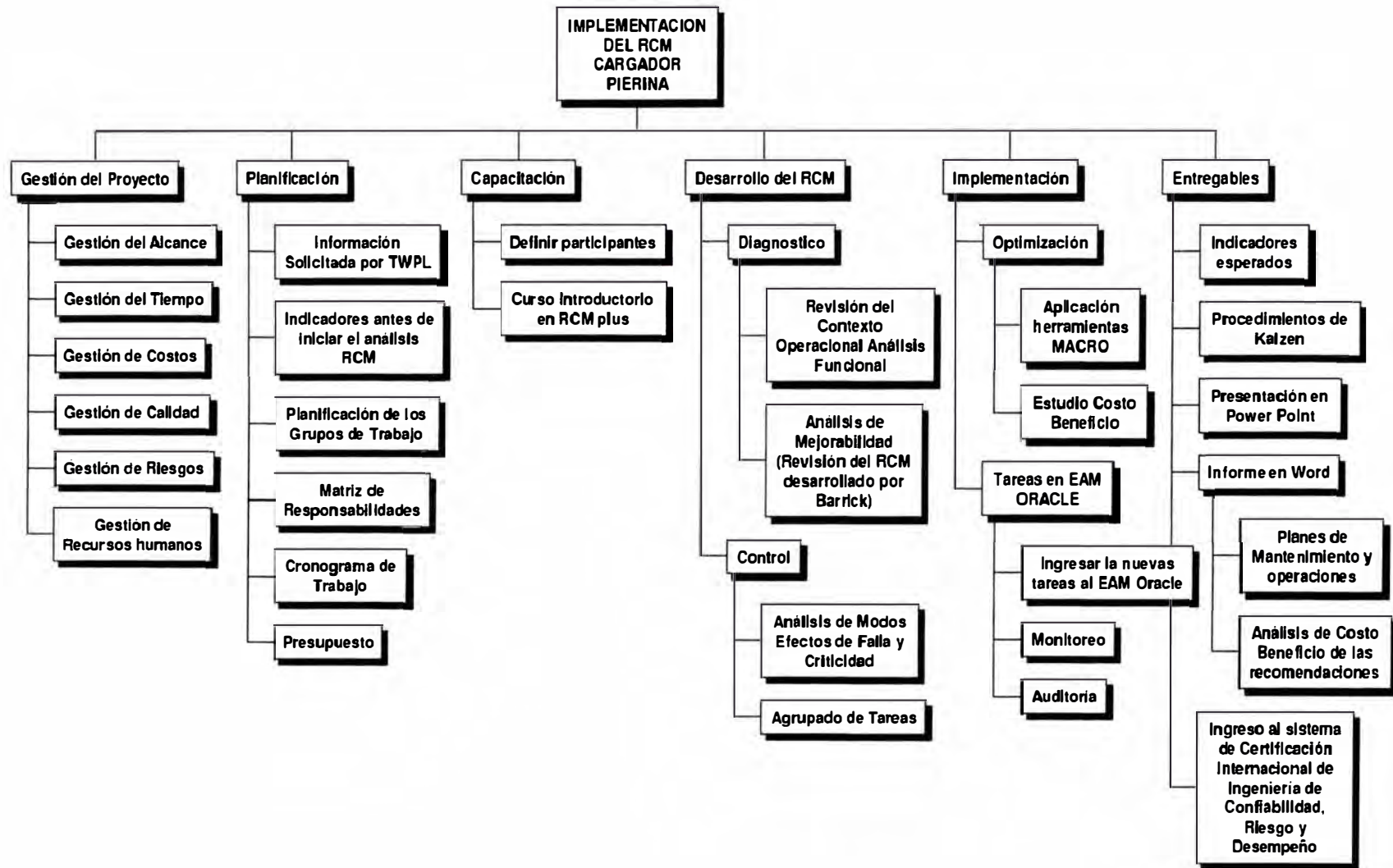


Figura IV.4: EDT para la implementación del RCM al cargador frontal 994D

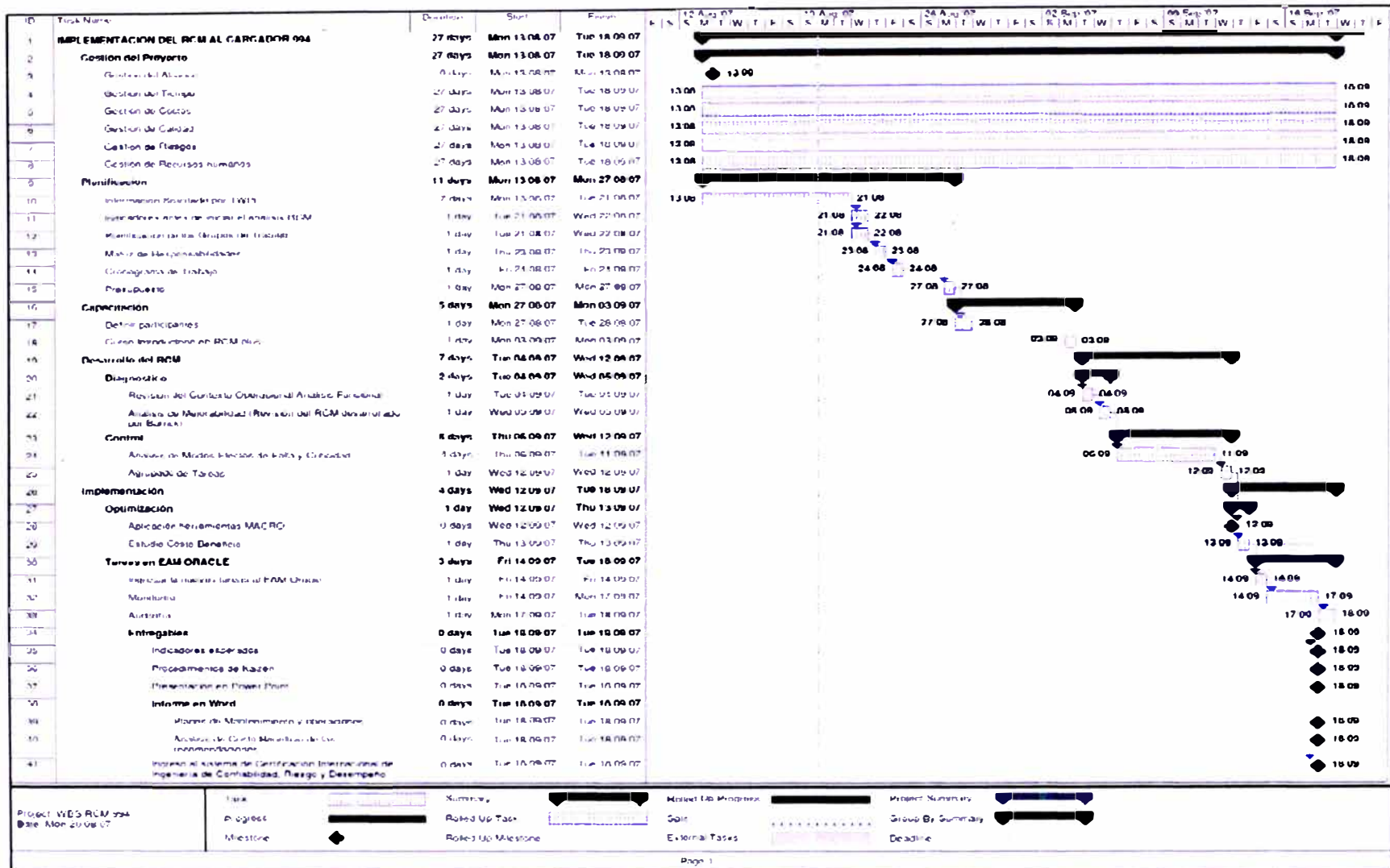



Figura IV.5: Cronograma de trabajo para la implementación del RCM

4.1.6. Matriz de Responsabilidades

Se estableció la siguiente matriz de responsabilidades para el cumplimiento de las tareas.

Tabla IV.2: Matriz de responsabilidades para la implementación del RCM

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES PARA LA IMPLEMENTACION DEL RCM CARGADOR 994													
													
ENTREGABLE	ACTIVIDAD	%AVANCE	Gilberto Jiménez	Edin Cordoba	Carlos Vaier	Richard Jiménez	TWPL Facilitador	Ma Eugenia	Luis Louyza	Grupo de Análisis del RCM	José Luis Rodríguez	David Zagarra	Armando Villanueva
Planificación	Información Solicitada por TWPL	50%				R,V,P	V		R,P		P	P	
	Indicadores antes de Iniciar el análisis RCM					P	R						
	Planificación de los Grupos de Trabajo	100%	R	P	P	P							
	Asegurar la participación del personal de mantenimiento y operaciones		R	P	P								
	Cronograma de Trabajo	100%	A	V		R							
Capacitación	Definir participantes	100%	R	P	P	P							
	Definir lugar para el dictado del curso	100%	R	P	P	P							
	Asegurar lugar para el curso y análisis							R					
Desarrollo del RCM	Curso Introductorio en RCM plus		P	P		P	R		P	P			
	Diagnóstico (Contexto y Análisis Funcional)					P	R			P			
	Análisis de Modos Efectos de Falla y Criticidad					P	R			P			
	Agrupado de Tareas					P	R				P	P	
Implementación del RCM	Estudio de Costo Beneficio de las Tareas					P	R				P	P	
	Ingresar la nuevas tareas al EAM Oracle					P	P				P	R	
	Auditoría		V	R	R					P		P	
Entregables por TWPL	Procedimientos de Kaizen					P	R			P			
	Presentación en Power Point					R	P						
	Informe en Word						R						
	Ingreso al sistema de Certificación Internacional de Ingeniería de Confiabilidad, Riesgo y Desempeño						R						

LEYENDA
R = RESPONSABLE
P = PARTICIPA
V = REvisa
A = APRUEBA

4.2. Análisis De Mejorabilidad

Este método evalúa el riesgo asociado a cada sistema de manera muy sencilla; considerando la frecuencia de falla y su impacto en producción (nivel de producción y tiempo promedio para reparar), costos de reparación, impacto en seguridad y ambiente.

Para el análisis cuantitativo, se consideraron los costos, impactos en producción y comportamiento de los sistemas que conforman a Pierina, los que conforman el Sistema de Carguío, sub-sistemas que conforman los cargadores frontales 994D asociados a los años 2006 y desde enero hasta el mes de Julio de 2007.

4.2.1. Resultados del análisis de Mejorabilidad

Del grupo de análisis del RCM se obtuvo los siguientes resultados, donde se presenta en forma jerarquizada las puntuaciones de los sistemas que conforman a Pierina, Carguío y a los Cargadores Frontales 994D de manera general, usados como base la etapa de diagnóstico en el proceso de Mejoramiento de la Confiabilidad, acordado y establecido para PIERINA.

A continuación se presenta la gráfica de los resultados de mejorabilidad, cualitativa y semi-cuantitativa, englobados en diferentes niveles, considerando hasta los sistemas de los Cargadores Frontales 994D:

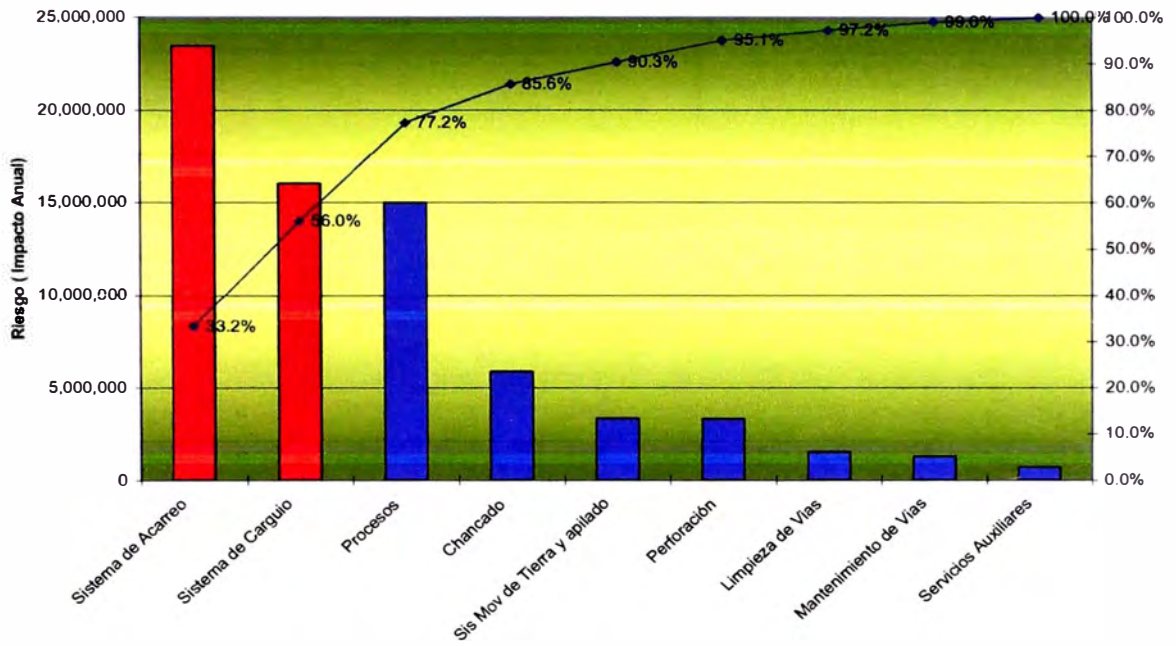


Figura IV.6: Análisis de Mejorabilidad de la Mina Pierina para el año 2006

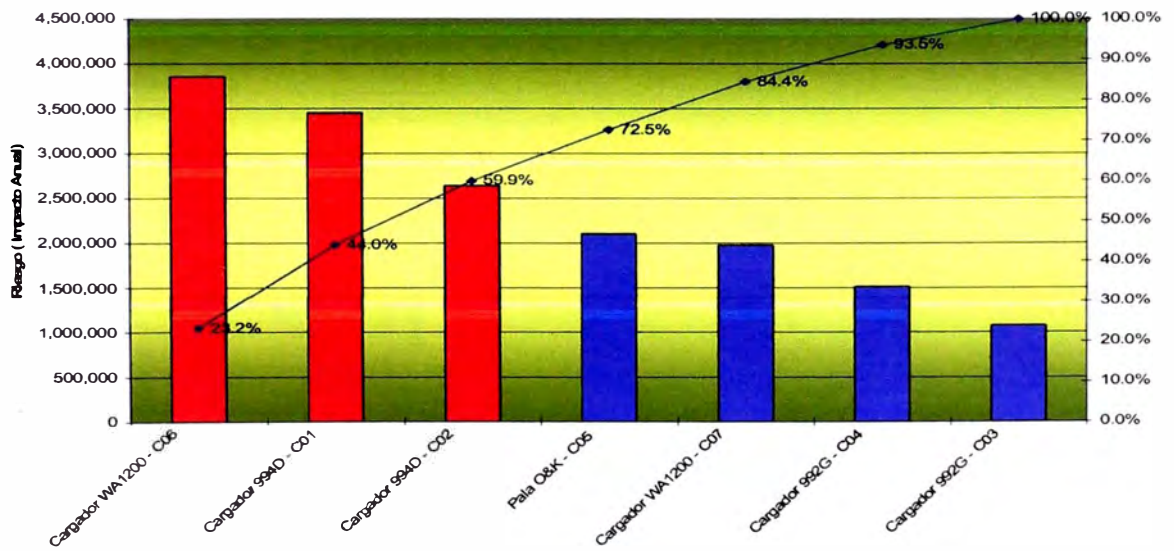


Figura IV.7: Análisis de Mejorabilidad del Sistema de Carguio para el año 2006

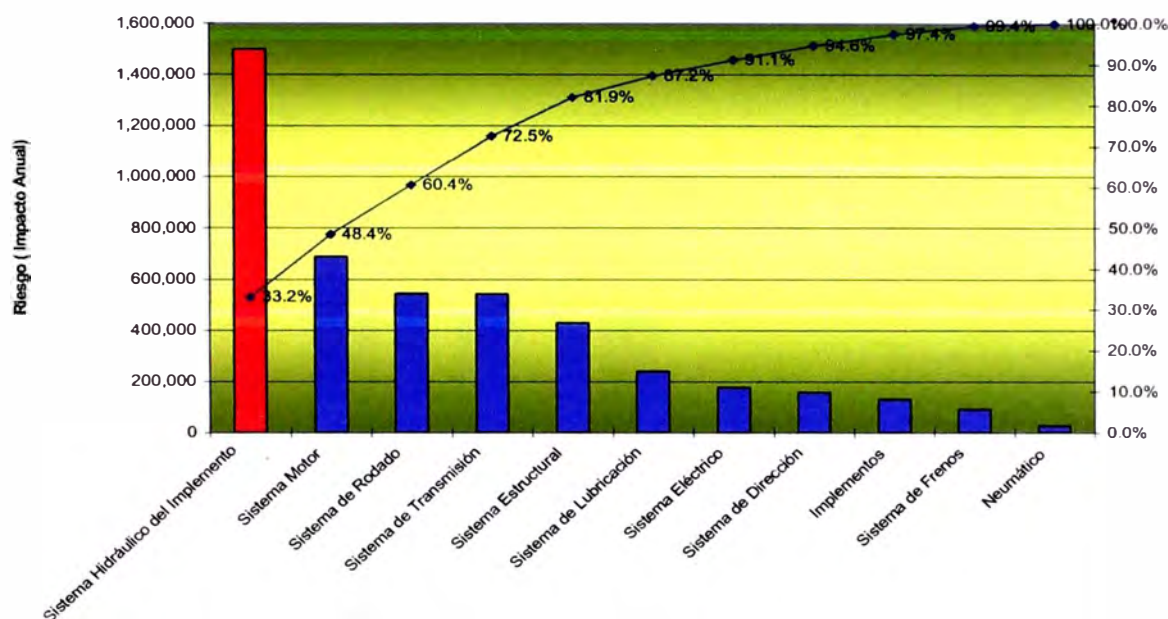


Figura IV.8: Análisis de Mejorabilidad del Cargador frontal 994D para el año 2006

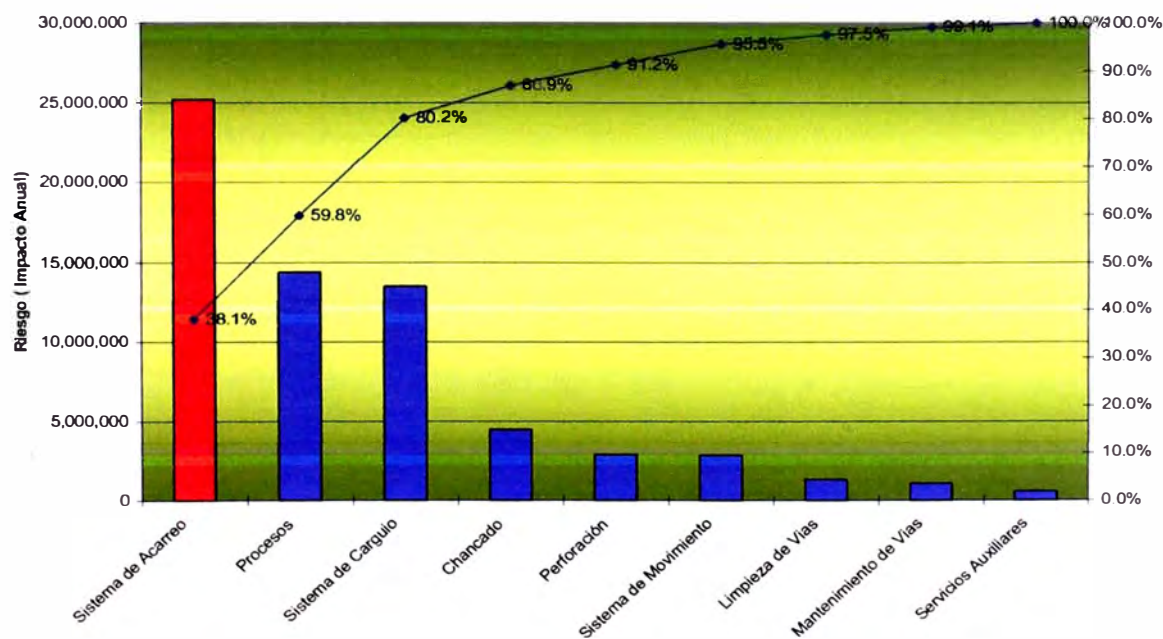


Figura IV.9: Análisis de Mejorabilidad de la Mina Pierina para el año 2007

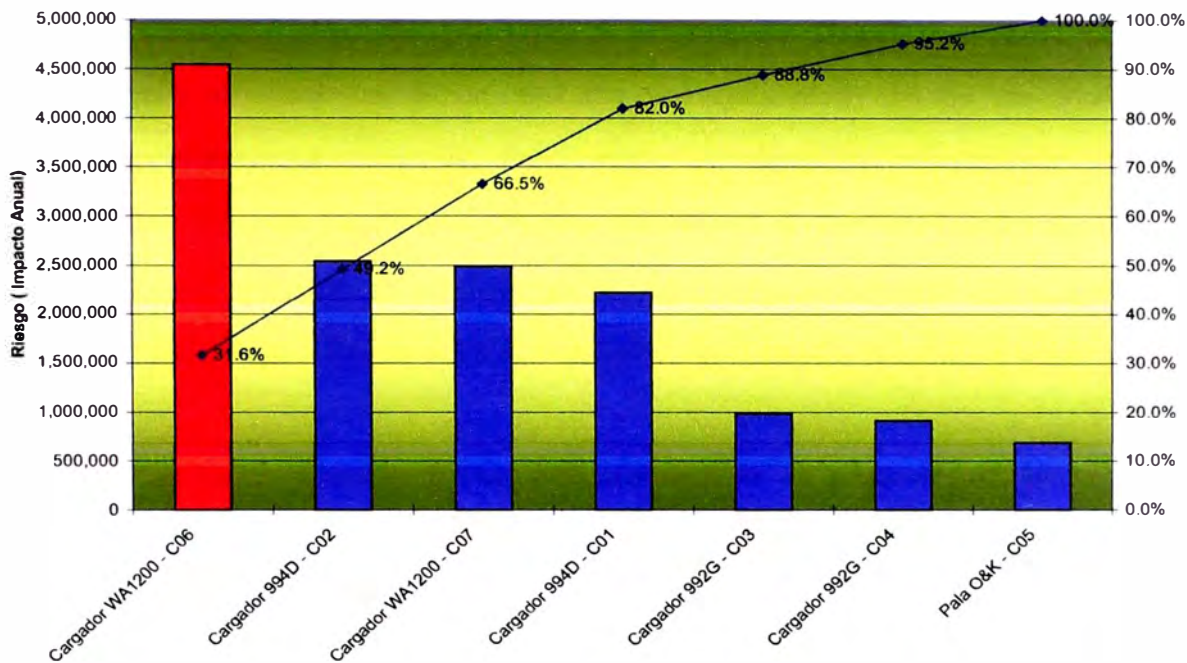


Figura IV.10: Análisis de Mejorabilidad del Sistema de Carguío para el año 2007

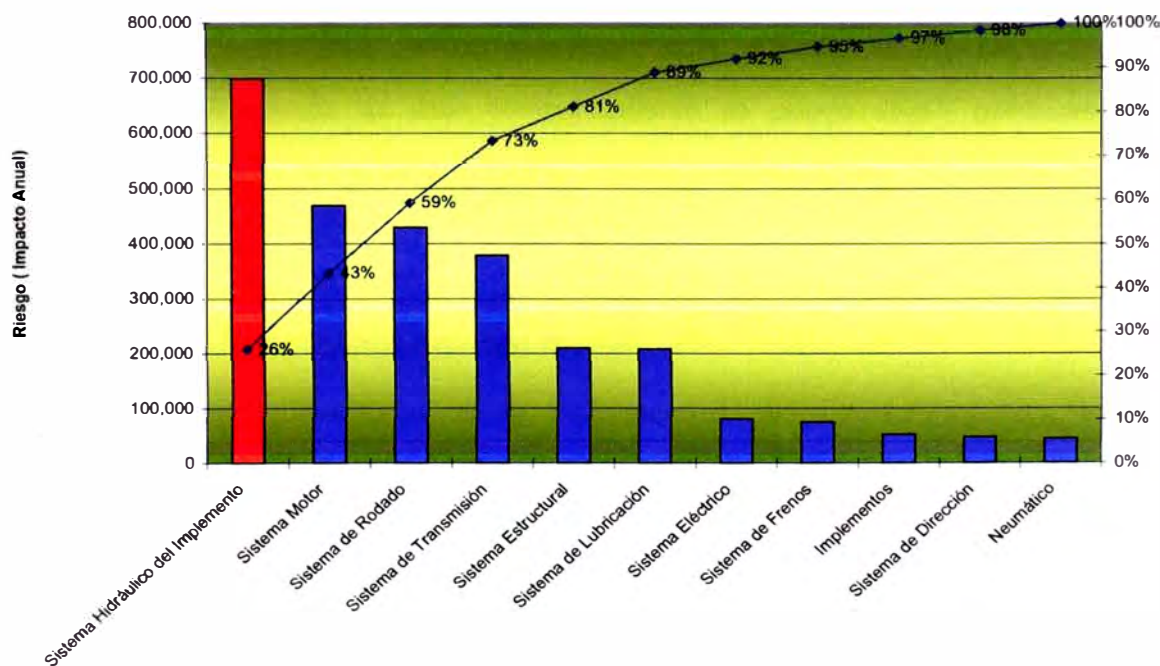


Figura IV.11: Análisis de Mejorabilidad del Cargador frontal 994D para el año 2007

Es importante considerar, que tanto el Sistema de Carguío y el área de Procesos se encuentran en un nivel alto de mejorabilidad (en los dos años analizados), por tal motivo se seleccionaron los cargadores frontales para el análisis dentro del Sistema de Carguío, haciendo la distinción y resaltando el hecho de encontrarse los cargadores WA 1200 y en particular el C06 con el valor más alto para ambos años de mejorabilidad seguidos de los CAT 994D.

Por otra parte, alineado al desarrollo del análisis de mejorabilidad en los sistemas de los Cargadores Frontales 994D, se ratificó la necesidad de implantar las mejoras en el Sistema Hidráulico del Implemento, para obtener la disminución del impacto en el negocio asociado por este sistema y del cual se obtuvo como estimación considerable en función del riesgo aproximadamente de 1500 k US\$ como oportunidad de mejora ocurrido para el año 2006 y de 700 k US\$ ocurrido hasta Julio de 2007 y que de seguir sin resolver las causas de este comportamiento se puede seguir perdiendo montos similares al año anterior por la tendencia que se lleva.

4.2.2. Orden de Implementación del RCM +

Basados en el resultado de la Mejorabilidad se recomienda iniciar la implementación del RCM (+) y sus recomendaciones en los sistemas más mejorables, como caso piloto, el Sistema Hidráulico del Implemento dentro del sistema definido como más mejorable en los Cargadores Frontales 994D.

4.3. Análisis Funcional

Realizaremos los análisis funcionales de la mina Pierina, luego a los cargadores frontales 994 y finalmente al sistema hidráulico del implemento para tener una mejor visión de los sistemas y procesos.

4.3.1. Diagrama Entrada Función Salida

Consiste en un diagrama que permite una fácil visión y definición del proceso o sistema, y sus condiciones normales de operación.

El diagrama EFS de la mina Pierina se puede ver el **Anexo 1: Diagramas de Entrada - Función – Salida**.

Sobre el mismo enfoque y para los diagramas EFS asociados a Los Cargadores Frontales 994D, y al sistema Hidráulico del Implemento de estos Cargadores Frontales 994D, se puede visualizar en los puntos 1.2 y 1.3 del anexo 1 donde se describen los diagramas Entrada-Función-Salida.

4.3.2. Análisis Funcional de la Mina Pierina

El proceso de la Mina Pierina de manera genérica y según sus funciones o etapas se muestra en el **Anexo 2**.

Sobre el mismo enfoque y para los diagramas Funcionales asociados a los sistemas principales del Hidráulico del Implemento de los Cargadores Frontales 994D, se puede visualizar en los puntos 2.2 al 2.6 del anexo 2 donde se describen cada uno de los diagramas.

Dicho diagrama funcional, es una representación secuencial de alto nivel, donde se muestra las funciones principales que realizan cada uno de los procesos o sistemas de manera agrupada como función unitaria; y dentro de

estos se encuentran los Cargadores Frontales 994D analizadas como punto de partida del proceso.

4.3.3. Equipos principales de la Flota Mina en Pierina

Los equipos principales de la Flota de Mina con la que cuenta la mina Pierina, son los mostrados a continuación y dentro de los cuales se encuentran los Cargadores Frontales 994D analizados como piloto con la metodología RCM+:

	26 Camiones entre CAT y Komatsu
	01 Palas O&K RH120C
	06 <u>Cargadores (994D, 992G y WA1200)</u> - (2 c/u)
	03 Perforadoras Ingersoll Rand DMM2
	07 Tractores sobre Orugas
	04 Motoniveladoras 16H
	01 Camiones Aljibes 777C
	03 Tractores sobre Neumáticos 834B
	01 Cargador 980G
	02 Excavadoras 330 BLM y 330CL

4.4. **Desarrollo de Diagramas Causa Efecto**

Se desarrollaron los diagramas causa efecto (espinas de pescado) para los sistemas analizados de los Cargadores Frontales 994D. Los niveles cubiertos son: sistema, sub-sistemas, componentes y modos de falla, descritos de esta manera

para poder alinearlos al esquema manejado por el sistema corporativo ORACLE, que es donde se lleva el control y la gestión de los procesos.

De igual forma, se desarrollo a través de las espinas de pescado y los FMECA la estructura inicial, para revisar lo existente por parte del equipo de trabajo y definir en el sistema ORACLE el árbol o estructura que compone a los Cargadores Frontales 994D como equipo dentro del sistema; ejemplo de ello se muestra a continuación; el cual surgió del trabajo en equipo con el personal de Planificación, Mantenimiento entre otros pertenecientes al proyecto piloto desarrollado en la mina Pierina.

EQUIPO: CARGADOR - 994		SISTEMA
Oracle		
Sistema	(Sub-sistema)	Componente
Sub-Sistema	Equipo	Componente/parte
Sistema Hidráulico del Implemento	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento
		2 Mangueras
		3 Coefierias
		4 Filtro
		5 Válvula de By-Pass
		6 Tanque de Aceite
		7 Radiador
		8 Enfriador
		9 Ventilador
		Sist. Eléctrico
		2 Switch
		3 VIMS
		4 Módulo de Control
		5 Cableado
		6 Tope Mecánicos de Palancas
		7 Kickout de volten y levante
	Sist. Piloto	1 Bomba de Pilotaje
		2 Mangueras
		3 Válvula Principal De Pilotaje
		4 Válvulas Selectoras y Válvulas selectoras de control de presión
		5 Válvulas Check
		6 Filtro
		7 Palanca de Control
		8 Coefierias
		9 Válvula Relief

NOTA: Para mayor detalle, ver la Hoja "Lista de tareas (nuevas)" del archivo en Excel anexo con nombre "Lista de actividades RCM Cargadores Frontales 994D.xls", donde se muestra que surgió del análisis de RCM Plus realizado para los Cargadores frontales 994D de la Mina Pierina - Barrick.

De igual forma, se presentan a continuación algunos diagramas causa efecto como ejemplo:

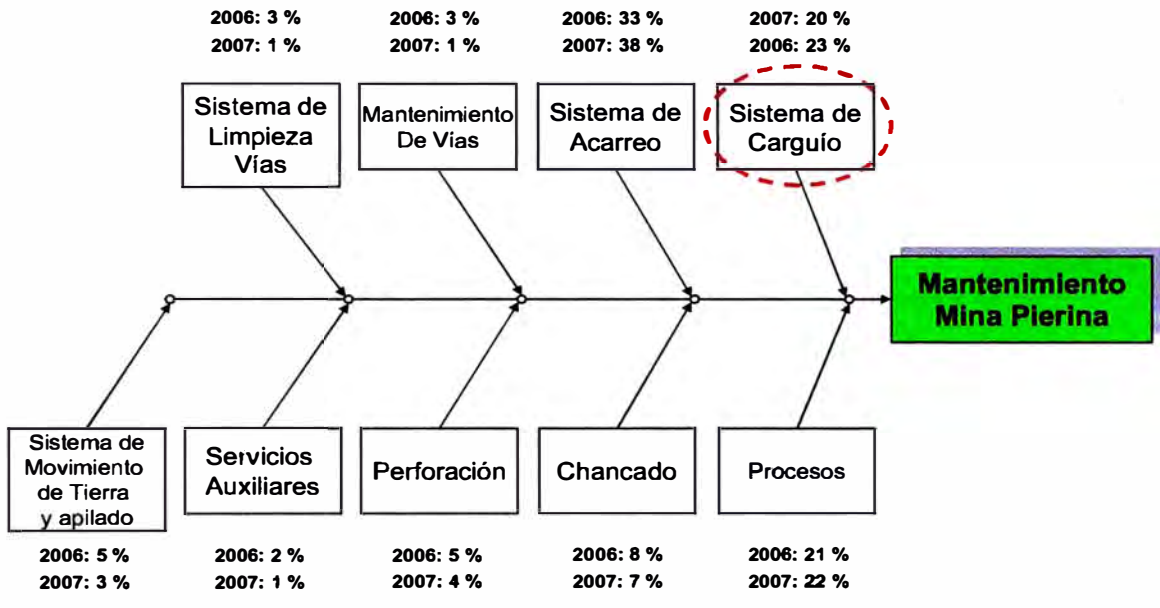
Diagrama Causa Efecto Área de Mantenimiento de Mina: muestra todos los sistemas con sus impactos y fronteras establecidas como área de atención.

Diagrama Causa Efecto Sistema de Carguío: muestra todos los equipos con sus impactos y fronteras establecidas para los Cargadores Frontales 994D.

Diagrama Causa Efecto Equipo Principal: muestra todos los sistemas con sus fronteras establecidas para los Cargadores Frontales 994D.

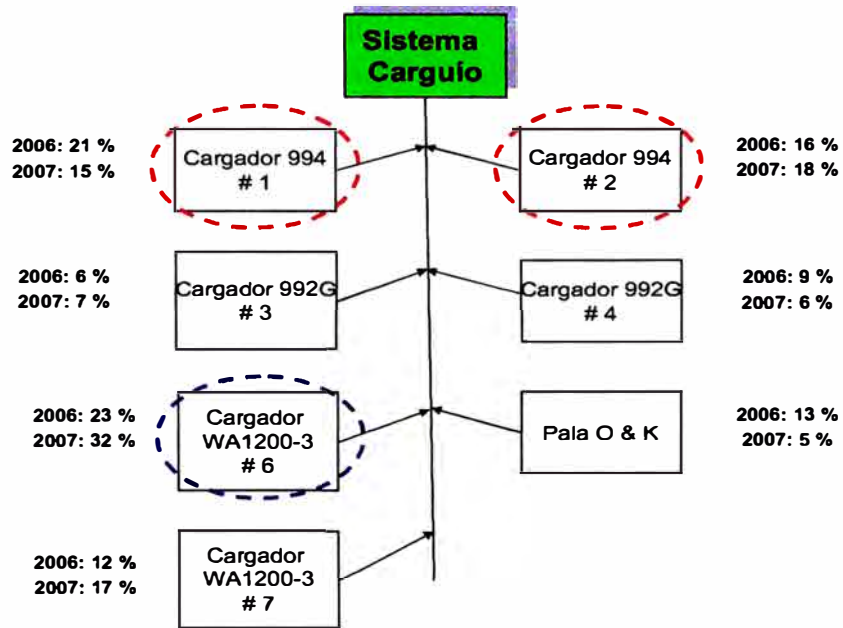
Diagrama Causa Efecto de los Sistemas Principales: indicando los sub-sistemas y sus respectivos componentes asociados para el Sistema de Hidráulico del Implemento.

Diagrama Causa Efecto de los Sub-sistemas: indicando los componentes y modos de falla asociados.



NOTA: Los % consideran el impacto en Mantenimiento y en Producción

Figura IV.12: Diagrama Causa Efecto: Mantenimiento Mina Pierina - Barrick



NOTA: Los % consideran el impacto en Mantenimiento y en Producción

Equipo de Atención

Figura IV.13: Diagrama Causa Efecto: Sistema de Carguío

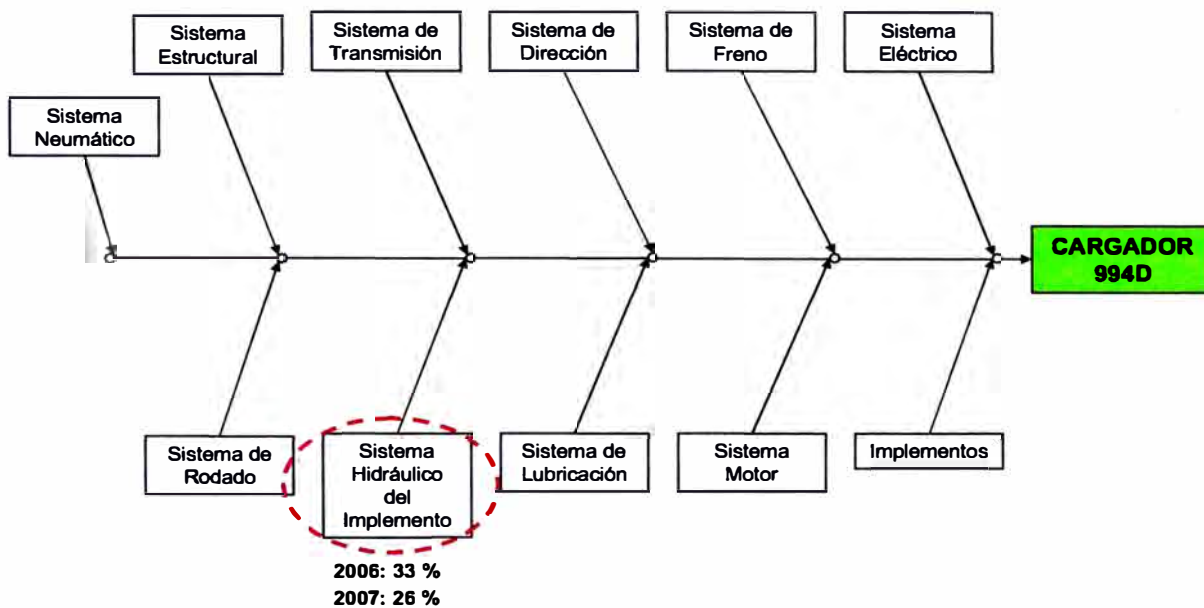


Figura IV.14: Diagrama Causa Efecto: Cargador Frontal 994D

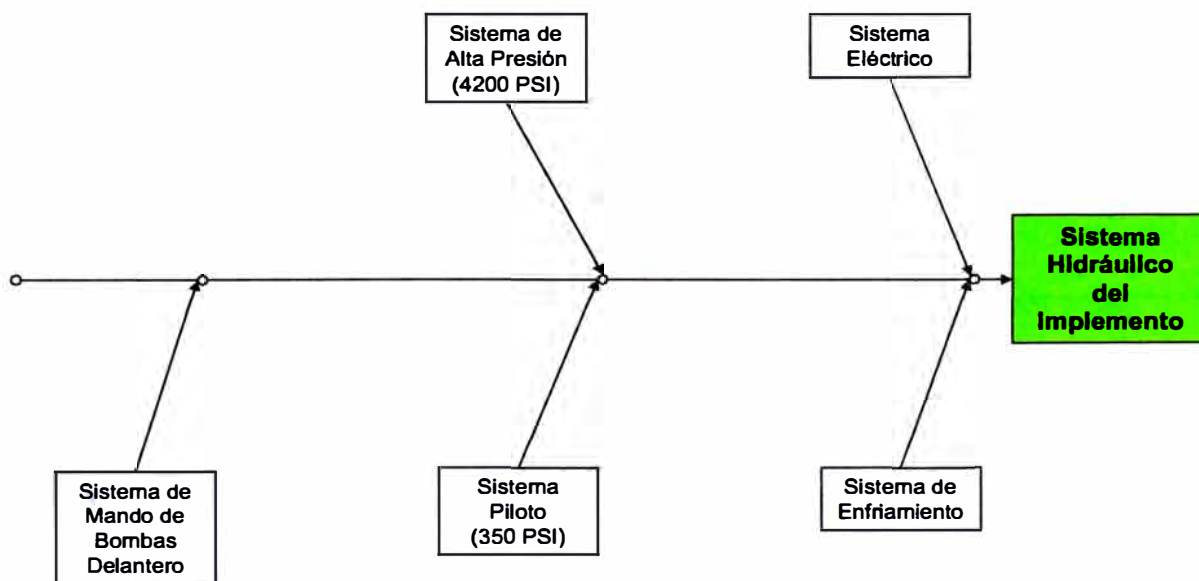


Figura IV.15: Diagrama Causa Efecto: Componentes y modos de Falla: Sistema Hidráulico del Implemento

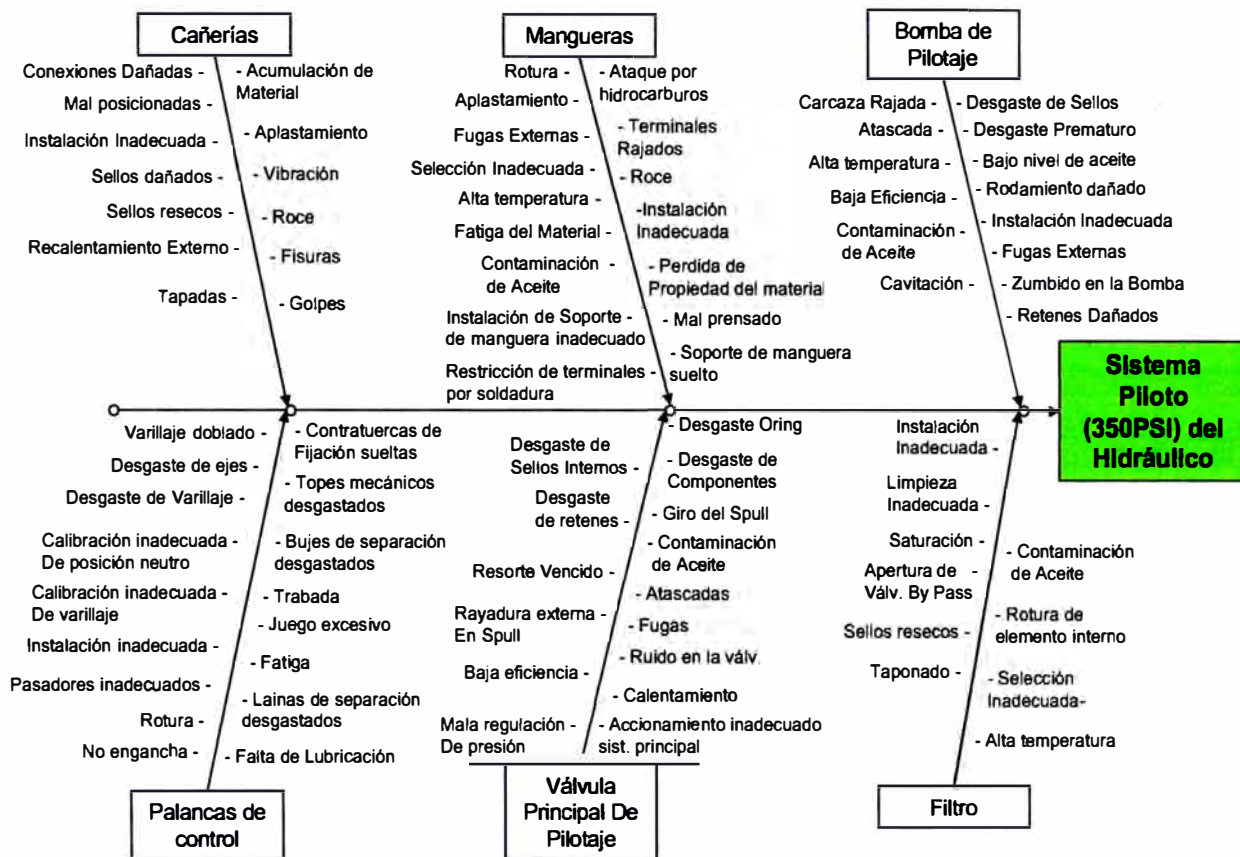


Figura IV.16: Diagrama Causa Efecto : Componentes y modos de Falla: Sistema Piloto del Hidráulico

NOTA: Para mayor detalle, ver el Anexo 3 o también el archivo en Power Point con nombre **“Diagramas Causa Efecto Pierina y Cargadores Frontales 99D Barrick”**, donde se muestra las diferentes Espinas de pescado realizadas para los Cargadores Frontales 994D analizados partiendo desde el nivel de Mantenimiento de Mina y el sistema de Carguío, con sus respectivos % de impacto en mantenimiento y producción.

4.5. Desarrollo de los FMECA'S

Para los pilotos seleccionados como estudio se han realizado los Análisis de Modo, Efecto de Falla y criticidad (Mejorabilidad) o FMECA que incluyen lo que se indica a continuación para alinearlos con ORACLE:

Tabla IV.3: Resumen de los FMECAS del análisis RCM

Sistemas	Modos de Falla	Causas	Tareas Nuevas Recomendadas	Tareas Modificadas Recomendadas	Tareas Rutinarias Recomendadas	Tareas para Mejor Coordinación Recomendadas	Tareas No Aplica (N/A) Recomendadas
Sistema de Enfriamiento	21	76	40	34	19	1	8
Sistema Eléctrico	18	65	40	22	20		7
Sistema de Alta Presión	29	97	60	35	24	1	15
Sistema Piloto	22	75	47	26	20		15
Sistema de Mando de Bombas Delantero	20	55	41	26	23	1	7
TOTALES	110	368	228	143	106	3	52

NOTA: Para mayor detalle, ver archivo Excel anexo con nombre **“RCM Plus Cargadores Frontales 994D Pierina Barrick”**, donde se muestra el análisis de los sistemas, sub-sistemas y componentes de los Cargadores Frontales 994D, así como se muestra el listado de aquellas tareas generadas de la información del equipo RCM Plus de Mina Pierina, tareas provenientes de los FMECAS respectivos (tareas nuevas, modificadas y existentes).

Ejemplos de FMECA realizado correspondiente a los sub-sistemas analizados para los Cargadores Frontales 994D, son los siguientes:

Tabla IV.4_ Modelo de FMECA del sistema de enfriamiento de los Cargadores 994D

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No: 1 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 000,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha: 14/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist. De Enfriamiento		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No:	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)		Tarea Recomendada		Ejecutor	Frec.
1	Bomba de Enfriamiento	Baja Eficiencia	Contaminación de aceite	Gradual	HP: 1 Hr TP: Evalua condición de operación, eficiencia y presión CR: 200 US\$ FA: 1 a 2 veces Sint: alta temp. En sist. Hidráulico en VIMS	C H S A O N	1 2 3 4	1 Utilizar filtros adecuados despues de cada mantenimiento 2 Realizar diálisis o centrifugado de aceite 3 Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de acceso	Mecanico Mecanico Mecanico	Despues de cada cambio Cada cambio	
			Bajo nivel de aceite	Aleatoria	HP: 1 Hr TP: Relleno de aceite y verificación de nivel CR: 100 US\$ FA: 60 a 70 veces Sint: alta temp. En sist. Hidráulico en VIMS	C H S A O N	1 2 3 4	1 Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras 2 Usar el procedimiento adecuado para el relleno de aceite 3 Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Mecanico Lubricador Lubricador	Quincenal Quincenal Semanal	
			Vida Útil	Edad	HP: 2 Hr TP: Reemplazo de bomba CR: entre 2000 a 2500 US\$ FA: 1 Vez Sint: alta temp. En sist. Hidráulico en VIMS	C H S A O N	1 2 3 4	1 Evaluar la eficiencia de la bomba por caudal para su reemplazo 2 Establecer un programa de cambio de componentes ac 3 Asegurar que el aceite se encuentre libre de contaminación	Mecanico Mecanico Mecanico	2 meses 15-10-07 Quincena	
			Fugas de aceite por reten de eje, mangueras	Gradual	HP: 2 Hr TP: Cambio de sellos CR: 100 a 200 US\$ FA: 1 veces Sint: alta temp. En sist. Hidráulico en VIMS	C H S A O N	1 2 3 4	1 Llevar el control de vida útil de sellos para programar reemplazo 2 Asegurar que el kit de sellos este en almacén	Predictivo Planers	Quincenal Cada reparac	
			Atascada	Gradual	HP: 2 Hr TP: Cambio de bomba CR: entre 2000 a 2500 US\$ FA: 1 vez cada 2 años Sint: alta temp. En sist. Hidráulico en VIMS	C H S A O N	1 2 3 4	1 Utilizar filtros adecuados despues de cada mantenimiento 2 Realizar diálisis o centrifugado de aceite 3 Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de acceso	Mecanico Mecanico Mecanico	Despues de cada cambio Cada cambio	
			Elementos Extraños	Aleatorio	HP: 2 Hr TP: Cambio de bomba CR: entre 2000 a 2500 US\$ FA: 1 vez cada 2 años Sint: alta temp. En sist. Hidráulico en VIMS	C H S A O N	1 2 3 4	1 Capacitación en el uso de herramientas y material básico 2 Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de acceso 3 Asegurarse que se tenga repuestos y materiales adecuados	Lider Mecanico Mecanico Lider Mecanico	Semanal Cada manten Cada manten	

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Críticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No: 1 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha: 14/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Mando de BBA		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No:	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C)	Severidad(S)	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.	
1	Mangueras	Fugas	Rotura	Gradual	HP: 1 Hr TP: Cambio de manguera CR: 200 US\$ FA: 1 Vez Sint: Alta temp. De aceite En sist. De mando de Bomba	C S H 1 S 2 A 3 O 4 N	1	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus reem H 1 Inspección de condición de mangueras	Técnico de manguera	30-Sep-07	
			Mangueras reseca por temperatura	Gradual	HP: 1 Hr TP: Cambio de manguera CR: 200 US\$ FA: 1 Vez Sint: Alta temp. De aceite En sist. De mando de Bomba	C S H 1 S 2 A 3 O 4 N	1	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus reem H 1 Inspección de condición de mangueras	Técnico de manguera	30-Sep-07	
			Instalación inadecuada	Infantil	HP: 1 Hr TP: Cambio de manguera y sello CR: 200 US\$ FA: 1 Vez Sint: Alta temp. De aceite En sist. De mando de Bomba	C S H 1 S 2 A 3 O 4 N	1	Contar el kit adecuado D-ring H 1 Uso de manual de partes para el pedido del repuesto	Lider Mecanico Lider Mecanico	15-Oct-07 Cada pedido	
			Vida Útil	Edad	HP: 1 Hr TP: Cambio de manguera y sello CR: 200 US\$ FA: 1 Vez Sint: Alta temp. De aceite En sist. De mando de Bomba	C S H 1 S 2 A 3 O 4 N	1	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus reem H 1 Inspección de condición de mangueras A 3 Elaborar el historico de comportamiento de mangueras	Técnico de manguera Técnico de manguera	30-Sep-07 Quincenal Te Diano Oper 30-Oct-07	
			Roca	Gradual	HP: 1 Hr TP: Cambio de manguera y sello CR: 200 US\$ FA: 1 Vez Sint: Alta temp. De aceite En sist. De mando de Bomba	C S H 1 S 2 A 3 O 4 N	1	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus reem H 1 Inspección de condición de mangueras A 3 Asegurar que las mangueras esten bien ubicadas O 4 Asegurarse que existan mangueras en Stock de almac	Técnico de manguera Técnico de manguera Mecanico Lider Mecanico	30-Sep-07 Quincenal Te Diano Oper Cada instalac Cada armad	
			Selección inadecuada	Infantil	HP: 1 Hr TP: Cambio de manguera CR: 200 US\$ FA: 1 Vez cada 2 años Sint: Alta temp. De aceite En sist. De mando de Bomba	C S H 1 S 2 A 3 O 4 N	1	Cumplir con el procedimiento de selección de manguera H 1 Uso de manual de partes para el pedido del repuesto	Técnico de manguera Lider Mecanico	Cada armad Cada pedido	

4.6. Desarrollo del Agrupado de Tareas

El agrupado de tareas se ha realizado para los Cargadores Frontales 994D considerando para ello los sistemas, subsistemas y componentes.

Las tareas se agruparon en función de las frecuencias de ejecución, para los equipos llamados Cargadores frontales 994D, considerando las tareas recomendadas nuevas, modificadas y las ya existentes (rutinarias). En el mismo archivo se permite filtrar la información de acuerdo al ejecutor, responsable, frecuencia de ejecución, si se asigna a un plan o a una OT, etc.

Estas tareas, serán cargadas al Sistema, para su respectivo seguimiento y control de ejecución. Esta etapa debe ser bien planificada, durante la carga al sistema las tareas, se validarán los tiempos de ejecución de las actividades para su posterior estimación de beneficios adicionales, por mejoras logradas en el uso de los recursos y reflejadas con el desarrollo del análisis de RCM+ realizado por todo el equipo de trabajo.

Un ejemplo de los cuadros de agrupación de tareas se cita a continuación.

NOTA: Para mayor detalle, ver archivo de Excel anexo con nombre **“Lista de actividades RCM Cargadores Frontales 994D.xls”**; donde se muestra el agrupado y filtrado del listado de tareas para los sistemas analizados, listado de aquellas tareas generadas de la información del equipo RCM Plus de Mina Pierina.

Tabla IV.5: Agrupado de Tareas Recomendadas para analogía de términos con ORACLE: **Equipo:** Cargador Frontal 994D

EQUIPO: CARGADOR - 994 SISTEMA									
Oracle									
Sistema	(Sub-sistema)	Componente							
Sub-Sistema	Equipo	Componente/parte	Actividad a realizar	Especialidad responsable	Frecuencia	Fecha Compromiso	Tipo de Actividad	Actividad Nueva / Modificada	
Sistema Hidráulico del Implemento	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Utilizar filtros adecuados despues de cada mantenimiento	Mecánico	Despues de cada mant.		Procedimiento	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Realizar dialisis o centrifugado de aceite	Mecánico	Cada cambio de aceite		Predictivo	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de apertura del sistema	Mecánico	Cada armado de manguera		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras	Mecánico	Quincenal		Inspeccion Predictiva	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Usar el procedimiento adecuado para el relleno de aceite	Lubricador	Quincenal		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Lubricador	Plan Semanal		Capacitación	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Evaluar la eficiencia de la bomba por caudal para su reemplazo programado	Mecánico	2 meses		Predictivo	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Establecer un programa de cambio de componentes acorde a su vida útil	Mecánico		15-Oct-07	Predictivo	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Asegurar que el aceite se encuentre libre de contaminantes	Mecánico	Quincenal		Preventivo PM	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Llevar el control de vida útil de sellos para programar reemplazo o reparación	Predictivo	Quincenal		Predictivo	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Asegurar que el kit de sellos este en almacén	Planers	Cada reparación		Política de inventario	Modificado	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Utilizar filtros adecuados despues de cada mantenimiento	Mecánico	Despues de cada mant.		Procedimiento	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Realizar dialisis o centrifugado de aceite	Mecánico	Cada cambio de aceite		Predictivo	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de apertura del sistema	Mecánico	Cada armado de manguera		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Capacitación en el uso de herramientas y material básico para mantenimiento	Lider Mecanico	Plan Semanal		Capacitación	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de apertura del sistema	Mecanico	Cada mantenimiento		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Asegurarse que se tenga repuestos y materiales adecuados en zona de mangueras	Lider Mecanico	Cada mantenimiento		Política de inventario	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Llevar el control de vida útil de la bomba para programar reemplazo o reparación	Predictivo	Quincenal		Predictivo	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Asegurar que el aceite se encuentre libre de contaminantes	Mecánico	Quincenal		Preventivo PM	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras	Mecánico	Quincenal		Inspeccion Predictiva	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Usar el procedimiento adecuado para el relleno de aceite	Lubricador	Quincenal		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Lubricador	Plan Semanal		Capacitación	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Asegurar que el material y procedimiento de instalación sea el adecuado	Lider Mecanico	Cada instalación		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras	Mecanico	Quincenal		Inspeccion Predictiva	Rutina	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Usar el procedimiento adecuado para el relleno de aceite	Lubricador	Quincenal		Procedimiento	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Lubricador	Plan Semanal		Capacitación	Nuevo	
	Sist. De Enfriamiento	1 Bomba de Enfriamiento	Ver Valvula Breaker en el tanque				Preventivo PM	N/A	

Oracle			Actividad a realizar	Especialidad responsable	Frecuencia	Fecha Compromiso	Tipo de Actividad	Actividad Nueva / Modificada
Sistema	(Sub-sistema)	Componente						
Sub-Sistema	Equipo	Componente/parte						
Sist De Enfriamiento	7 Radiador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist De Enfriamiento	7 Radiador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist De Enfriamiento	7 Radiador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist De Enfriamiento	7 Radiador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist De Enfriamiento	8 Enfrador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist De Enfriamiento	8 Enfrador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist De Enfriamiento	8 Enfrador	Realizar limpieza de paneles con agua caliente y solventes	Mecanicos	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Modificado		
Sist Eléctrico	3 VMS	Asegurarse que existan pemos de tabieros en almacén	Planers y Electnc	Mensual (1000 H)	Política de Inventario	Modificado		
Sist Eléctrico	3 VMS	Asegurarse que exista grasa dielectrica en almacén	Electricista	Mensual (1000 H)	Política de Inventario	Nuevo		
Sist Piloto	3 Válvula Principal De Pilotaje	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	3 Válvula Principal De Pilotaje	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	3 Válvula Principal De Pilotaje	Llevar el control de vida útil de Válv Principal para programar el cambio	Predictivo	Mensual (1000 H)	Predictivo	Rutina		
Sist Piloto	4 Válvulas Selectoras y Válvulas selectoras de control de presión	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	4 Válvulas Selectoras y Válvulas selectoras de control de presión	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	4 Válvulas Selectoras y Válvulas selectoras de control de presión	Llevar el control de vida útil de Válv Principal para programar el cambio	Predictivo	Mensual (1000 H)	Predictivo	Rutina		
Sist Piloto	5 Válvulas Check	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	5 Válvulas Check	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	5 Válvulas Check	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist Piloto	6 Filtro	Asegurar que luego de cada limpieza no existean elementos extraños olvidados	Lider Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Nuevo		
Sist De Alta Presión	4 Filtros de alta presión	Asegurar que luego de cada limpieza no existean elementos extraños olvidados	Lider Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Nuevo		
Sist De Alta Presión	5 Filtros de Carcaza	Asegurar que luego de cada limpieza no existean elementos extraños olvidados	Lider Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Nuevo		
Sist De Alta Presión	8 Cilindros de Levante y voteo	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist De Alta Presión	8 Cilindros de Levante y voteo	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		
Sist De Alta Presión	8 Cilindros de Levante y voteo	Realizar Cambio de filtros del sist hidraulico	Mecanico	Mensual (1000 H)	Preventivo PM	Rutina		

NOTA: Como ejemplo de una de las tareas filtradas se presenta por especialidad las actividades a realizar en la frecuencia mensual o cada 1000 Hr. Tomado del archivo “Lista de actividades RCM Cargadores Frontales 994D.xls”.

4.7. Resultados del Análisis de RCM+

Listas de actividades o tareas recomendadas que van desde prolongación de vida útil, rediseños, preventivo, predictivo, combinación de tareas, hasta la reparación luego de esperar que falle (correctivo).

En función de los resultados obtenidos y descritos en los listados de tareas, se dispone para cada una de estas, la oportunidad de mejora y/o beneficios, bien sea por gastos evitados en el área de mantenimiento y por evitar o disminuir tiempo de detención de los equipos (Cargadores Frontales 994D) asociado a los problemas o fallas ocurridos en la misma o que puedan ocurrir con altas consecuencias.

Por el esquema de estimación, el mismo sirve para determinar el esfuerzo o recurso que se requiere para la ejecución de las mismas, los responsables por la ejecución y seguimiento, entre otras cosas, que a su vez para realizar esta última actividad requiere de la revisión en ORACLE, debido a que las mismas serán cargadas por planeamiento con el respectivo apoyo de los asesores del sistema para las diferentes actividades o pautas.

Para mayor facilidad y detalle, puede usarse el archivo de Excel suministrado al personal de planificación como anexo con nombre **“RCM Plus Estimación de Beneficios.xls”**, donde se coloca para el análisis los sistemas analizados y donde esta el listado de aquellas tareas generadas de la información del equipo RCM Plus de los Cargadores Frontales 994D, tareas provenientes de los FMECAS respectivos.

NOTA: Vale la pena destacar que los beneficios estimados están asociados a lo que se puede obtener con la implantación de las tareas nuevas; sin embargo, queda pendiente la estimación de los beneficios adicionales que pueden obtenerse implantando las modificaciones de las tareas ya existentes y complemento de las

listas de actividades de mantenimiento; siendo un total de 143 tareas las que se recomienda modificar con beneficios potenciales considerables y adicionales a los ya estimados y presentados.

Para un mejor desarrollo y detalle de los resultados como beneficios logrados, potenciales y visualizados incluyendo las mejoras por las tareas recomendadas correspondientes, se recomienda partir con las tareas recomendadas Nuevas y las Modificadas, seguido de las mejoras logradas con la ejecución de las tareas que conformas las pautas de Mantenimiento preventiva.

Para detalle del control y seguimiento de la ejecución de las tareas recomendadas de RCM+ de los Cargadores Frontales 994D, verificar en el sistema ORACLE, debido a que las tareas de los análisis realizados, serán cargadas por los planificadores en el sistema,.

4.8. Plan de Divulgación de Resultados de RCM +

Dicho Plan, se contempla como el punto de partida para la divulgación de los resultados obtenidos con la implantación del RCM+ en los sistemas analizados de los Cargadores Frontales 994D pertenecientes a la Mina Pierina; el mismo contemplará:

1. Información relacionada con el proceso de trabajo realizado en la Mina y en específico sobre la metodología RCM+.
2. Conceptos básicos, pasando por informar al personal en qué consiste el proceso de RCM+ y las diferentes etapas que se cubrieron.
3. Resumen de los planes de acción, los resultados, consideraciones y beneficios obtenidos de las actividades recomendadas.

4. Recordatorio de que el proceso es “interactivo” y dinámico, donde en su respectivo momento pueda ser retroalimentado y ampliado con las ideas del mismo personal de la Mina.

Logrando con esto, facilitar el seguimiento de las tareas recomendadas, alineado al Mejoramiento de la Confiabilidad de la Mina con el personal de Mantenimiento de PIERINA, este plan debe ser elaborado con la participación de los Gerentes, Superintendentes, Jefes y Supervisores de Mantenimiento y de Operaciones de PIERINA, considerando los siguientes pasos y aspectos para el plan de divulgación propuesto:

- Incluirlo dentro del plan de comunicaciones de empresa
- El mismo cubre todos los niveles en lo vertical y horizontal
- Usa todos los recursos de comunicación de la empresa

4.9. Observaciones:

Es importante resaltar que como resultado de los análisis de RCM+, no se obtiene solamente la generación y revisión de los planes de Mantenimiento preventiva, en vista de que con solo esto, se puede lograr atacar del 5 al 30 % de las causas de los problemas; de estos análisis, surgen mayormente acciones puntuales asociadas a las tareas por omisión, que contribuyen con las mejoras y soluciones del otro 70 a 95 % de los problemas que nos hacen perder mucho dinero como negocio.

Los resultados del RCM+, son resultados más cercanos a la realidad emitiendo soluciones efectivas, en vista de que para ellos se cuenta con la participación de un equipo multidisciplinario y no solo considera un punto de vista único o unipersonal.

Por otra parte, el desarrollo del agrupado de las tareas obtenido con el RCM+, facilita y establece una estructura recomendada del árbol secuencial a definir dentro

del sistema ORACLE en su nueva versión a implementarse en el primer trimestre del 2009; de manera que se pueda posteriormente hacer una mejor gestión del comportamiento de los sistemas, sub-sistemas y componentes de los Cargadores Frontales 994D; así como una mejor gerencia del dato de los mismos; donde todo ello contribuye con mejores análisis para las áreas de Planificación, Mantenimiento y Operaciones soportando la toma de decisiones para generar mejoras y manejos de cualquier cambio.

Por ser dinámico el proceso de Mantenimiento y de Operaciones de producción, es recomendable realizar evaluaciones frecuentes del comportamiento del plan y de los sistemas/equipos en función del entorno donde se desarrolla su contexto operacional, por el hecho de que variaciones de este entorno, pueden generar ajustes, modificaciones o actualizaciones de dichos planes, asegurando que el mismo este alineado y contribuyendo con el negocio y no perdiendo valor.

Debe entenderse, que NO se pueden tener planes de Mantenimiento estáticos (o inamovibles), ni descritos como iguales para diferentes contextos operacionales, así como se debe considerar solo como recomendación del fabricante sus propuestas de Mantenimiento y no siempre mandatorias, debido al mismo aspecto y nivel de influencia que tiene el ambiente de trabajo sobre los activos.

Las actualizaciones o revisiones dependerán de la frecuencia e impacto que se genere en los ciclos de Mantenimiento y Producción.

Cabe destacar que por las mejoras obtenidas y beneficios potenciales, así como la importancia que poseen también a demás de los Cargadores Frontales 994D, los demás Cargadores y la flota de Carguío como lo refleja el análisis de la Mejorabilidad y por el proceso de cambio de ejecutor de Mantenimiento que se visualiza a futuro, es recomendable realizar de igual forma el análisis de RCM+ a los cargadores Komatsu con las que cuenta la Mina Pierina.

Recomendación Importante sumada a los Beneficios:

El proceso de trabajo del área de mantenimiento debe estar alineado a los planes de operación de producción, de manera que se afecte lo menos posible al mismo, lo que representaría de forma integrada los logros y mejoras que se pueden representar y reflejar como negocio, cumpliendo lo establecido en la Norma BSI PAS 55, Asset Management, donde describe a la gerencia de activos de la siguiente manera:

“Son todas aquellas actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización gerencia de manera óptima sus activos físicos y el comportamiento de los equipos, riesgo y gastos durante su Ciclo de Vida Útil con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional.”

ó de manera más simple

“La mejor manera de gerenciar los Activos para alcanzar un resultado deseado y sustentable”.

Para visualizar de manera bien práctica la ruta de mejora a seguir por el proceso de trabajo del área de mantenimiento y en orientación a los objetivos del negocio, vale la pena apoyar la visión de creación de valor en cada puesto de trabajo; un ejemplo o sugerencia de dicho proceso es el que se muestra en el diagrama a continuación:

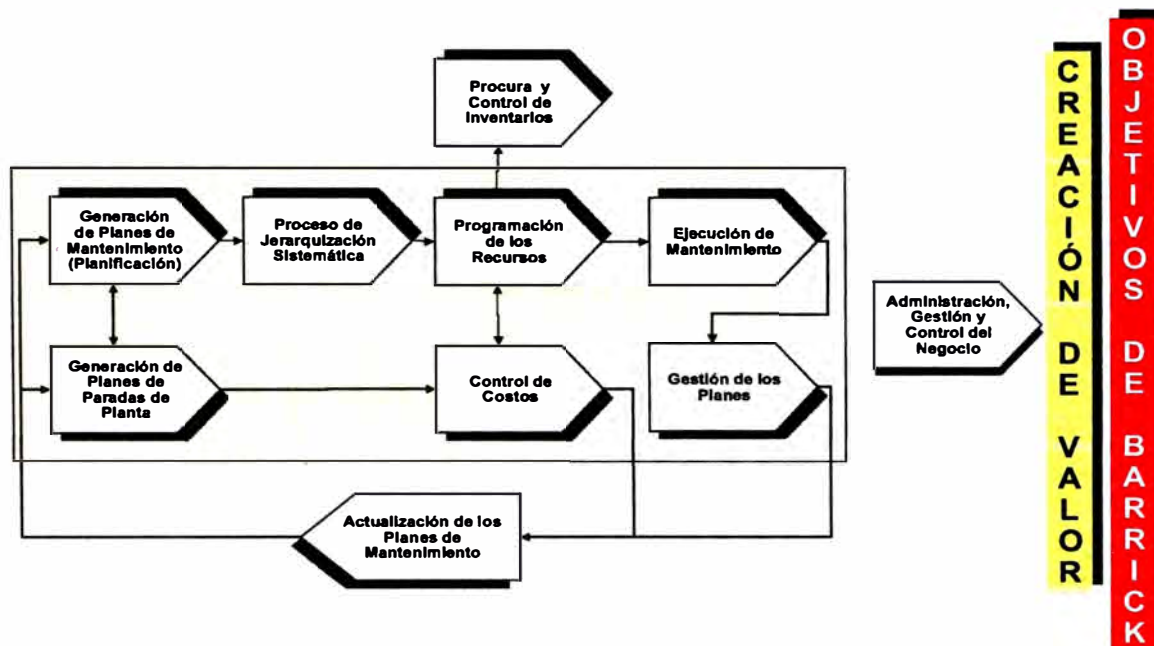


Figura IV.17: Diagrama de Creación de Valor

Siendo recomendable en cada una de las etapas del proceso cubrir los tres pasos fundamentales considerados en las mejores prácticas mundiales como lo son:

- 1.- Identificación del “¿Por Dónde Comenzar y Seguir?” generando beneficios a corto, mediano y largo plazo.
- 2.- Identificación del “¿Qué Hacer para lograr la Mejora y el Control?”.
- 3.- Definición del “¿Cuándo Hacer las Actividades o la Toma de Decisión?”, considerando, “Hacer Uso Óptimo de los Recursos” definiendo el Costo de Hacer Vs. el Costo de No Hacer.

CAPÍTULO V

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL RCM PILOTO EN LA EMPRESA.

En la tabla siguiente detallaremos los costos asociados a la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la mina Pierina.

Tabla V.1: Costos Asociados a la implementación del RCM en Pierina

Costos	\$
Costo de formación en cursos básicos en RCM (tres días)	9,050
Costo de formación de facilitadores (diez días):	0
Costo del personal en el análisis:	3750
Costo del personal tiempo completo (líder):	2,000
Costo de suministros para apoyar el análisis:	2,000
Costo de consultoría (Asesoría y facilitador):	16,000
Total	32,800

Como podemos observar el monto total de la implementación piloto del mantenimiento centrado en confiabilidad al sistema hidráulico de los cargadores frontales 994D asciende a \$ 32, 800.

No se considero el costo de formación de facilitadores (diez días), ya que se utilizó un facilitador externo.

En el costo de suministros para apoyar el análisis, se consideró el alquiler de un salón con proyector, pizarra y almuerzo para las personas del análisis del RCM, los días que se desarrolló fuera de la mina.

CAPÍTULO VI

BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR EL RCM EN UNA EMPRESA

Los beneficios potenciales a obtener a cambio de la ejecución de recomendaciones están por el orden de:

- Reducción de Costos de Mantenimiento.
- Se estimaron los costos de Mantenimiento (preventivo y correctivo).
- Impacto en producción por detención de los Cargadores Frontales 994D.
- Finalmente se validó dichas estimaciones luego de 8 meses de implementación de las tareas recomendadas.

6.1. Beneficios Identificados

Comenzando con la condición actual de acuerdo a los históricos de falla de los Cargadores Frontales 994D y los respectivos impactos por los mismos. Se muestra el siguiente resumen:

Impactos en el Negocio por fallas analizadas Antes del RCM +		
Num. Causas de Fallas a Eliminar	Impacto Total Promedio US\$	Impacto Total Máximo US\$
122	472,763	816,691

Representando esto, un total de aproximadamente 122 Causas de Fallas (que se repiten alcanzando un total de 368 veces) a ser eliminadas con las tareas nuevas

recomendadas en el sistema hidráulico del implemento con tiempos de parada y costos de mantenimiento estimados en dinero (US\$) para los Cargadores Frontales 994D de los años 2006 y Enero a Julio de 2007.

Se consideró lo siguiente para el cálculo:

- Costos Del Cargadores Frontales = 325 USD / Hr. Total, esto refleja pérdida de producción 1761 USD / Hr.
- Se estima que por cada (1) Hr. De operación del Cargador se cargan de 12 a 14 Volquetes, dependiendo del frente de trabajo.
- Cada Volquete maneja aprox. 150 Ton de carga.

Se tiene descrito que el total de Horas de paro de los Cargadores Frontales 994D reflejan aproximadamente lo siguiente como costo de oportunidad:

- Se ha dejado de cargar aprox. 2.064.600 Ton. Por las fallas ocurridas y los tiempos que estas representan aprox. 530 y 617 horas de los cargadores 994D en los primeros 7 meses del 2007.

Por otra parte, la orientación de mejora según la experiencia asociada a la eliminación de las fallas presentadas con el apoyo de un mejor plan de Mantenimiento oscila entre 5 y 30 %; en vista de que el enfoque es eliminar las causas de fallas en los sistemas y no en los equipos.

Tabla VI.1: Beneficios calculados después del RCM plus

Beneficios por Mejoras Propuestas Después del RCM +				
Num. Tareas Nuevas Recomendadas	Beneficio en el Impacto Total en Mantenimiento Promedio US\$	Beneficio en el Impacto Total en Mantenimiento Máximo US\$	Beneficio en Producción Promedio (Hr. De Parada de Cargador 994D evitables)	Beneficio en Producción Máximo (Hr. De Parada de Cargador 994D evitables)
122	397,719	773,547	13.76	17.30

Este resumen de mejora representaría una reducción de 122 Causas de Fallas a ser eliminadas con las 122 tareas recomendadas (cantidad de tareas que repetían hasta un total de 228 tareas en el análisis) en el sistema hidráulico del implemento, lo que beneficia la gestión de mantenimiento y la de operaciones de producción, en vista al crecimiento que se refleja en los indicadores que se llevan por la organización (MTBF, MTTR, disponibilidad, Disp. Mecánica., Confiabilidad, y utilización, entre otros) asociado a estos beneficios estimados.

Donde:

$$MTBF = \frac{\text{HORAS OPERATIVAS}}{\text{CANTIDAD DE AVERIAS}}$$

$$MTTR = \frac{\text{HORAS TOTAL AVERIAS} - \text{HORAS POR ACCIDENTE}}{\text{CANTIDAD DE AVERIAS}}$$

$$\textit{Confiabilidad} = e^{\frac{-24}{MTBF}}$$

6.2. Observaciones.

El cálculo de los beneficios se basa en lo descrito en los FMECA's de los equipos de trabajo, donde se consideró tanto la frecuencia de fallas actuales, como las consecuencias de las mismas y la potencial disminución de ambas mediante la implementación de sus tareas recomendadas.

Durante la estimación de los beneficios se consideró:

Los usos de rangos para frecuencia y consecuencias (mínimos, máximos y promedio).

Se trató de no ser demasiado optimista privando ante todo un sentido realista tratando de no sobre-estimar los beneficios.

Listas de actividades o tareas recomendadas que van desde prolongación de vida útil, rediseños, preventivo, predictivo, necesidades de capacitación, elaboración de procedimientos, su difusión y aseguramiento del cumplimiento de estos, referencias de otras mejores prácticas (como el ACR Plus), combinación de tareas, hasta la reparación luego de esperar que falle (también conocido como correctivo).

6.3. Otros Beneficios:

Adicionalmente se obtienen los siguientes beneficios:

Mejorar historial de fallas y aplicar metodologías de mejoramiento y control como lo es el RCM+ dentro de la cultura de PIERINA.

Mejorar administración de datos de equipos y procedimientos

Definir perfiles y habilidades de los mantenedores y operadores

Implementar seguimiento de componentes y acciones directas a estos

Medir variabilidad de los trabajos (MTTR)

Generar, Revisar y Actualizar las listas de tareas de Mantenimiento

Registrar e informar acciones que contribuyan con las mejoras de los KPI's

Informar y actuar en virtud del plan de control (proactividad)

6.4. Indicadores después de la Implementación del RCM

Se muestra en la siguiente tabla resumen cual fue la variación de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad (MTBS) antes y después de la implementación del RCM plus piloto en los cargadores frontales 994 D.

Tabla VI.1: Resumen de indicadores antes y después de la implementación del RCM plus

Periodo	Mes	Disp 2007	MTBS	Periodo	Mes	Disp 2007 - 2008	MTBS
Ene - Oct 2007 (Antes de la implementación)	ene	88.7	17.1	Nov 2007 - Jun 2008 (Después de la implementación)	nov	88.2	20.9
	feb	87.7	11.2		dic	89.2	39.2
	mar	79	12.4		ene	91.8	17.7
	abr	88.5	19.2		feb	89.5	18.1
	may	89	12.9		mar	84.7	13.6
	jun	85.3	16.6		abr	91.3	14.5
	jul	87.2	23.6		may	91.3	11.6
	ago	87.6	19.6		jun	88.5	9.3
	sep	83.2	17.1		Promedio	89.3	18.1
	oct	79.6	21.3				
Promedio	85.6	17.1					

En el siguiente gráfico se muestra el indicador de confiabilidad MTBS del mes de diciembre del 2007 como ejemplo

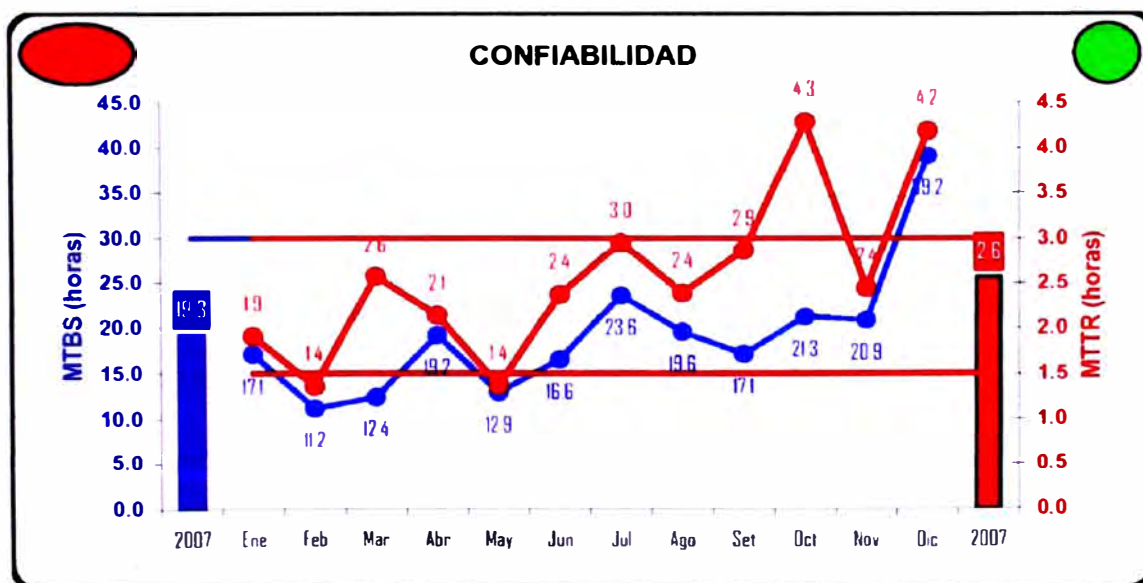


Figura VI.1: Confiabilidad de los Cargadores 994D – Diciembre del 2007

El indicador de confiabilidad MTBS de la flota de los dos cargadores de la mina Pierina de Enero del 2007 a octubre del 2007 fue de 17.1 Horas. El MTBS de noviembre del 2007 a junio del 2008 es de 18.1 horas. En ocho meses de implementación del RCM plus se ha incrementado la confiabilidad en 1 hora.

En el siguiente gráfico se muestra la disponibilidad del mes de diciembre del 2007 como ejemplo como ejemplo

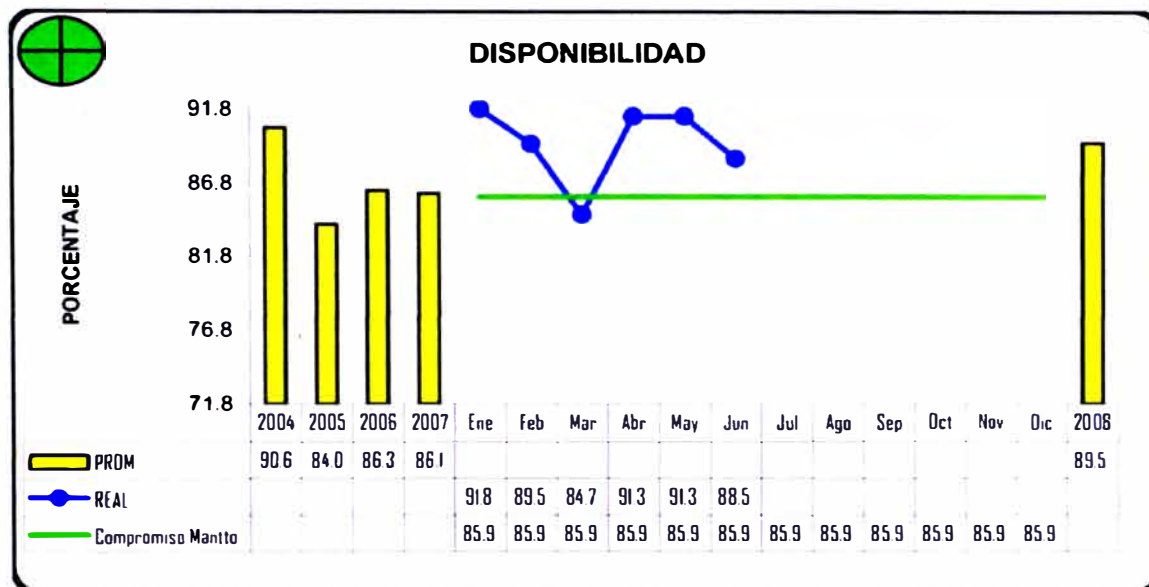


Figura VI.2: Disponibilidad de los Cargadores 994D Ene - Jun del 2008

El indicador de disponibilidad de la flota de los dos cargadores de la mina Pierina de Enero del 2007 a octubre del 2007 fue de 85.6 %. Y de noviembre del 2007 a junio del 2008 fue de 89.3 %. En ocho meses de implementación del RCM plus se ha incrementado la disponibilidad en 3.7 %.

6.5. Costos de Mantenimiento después de la Implementación del RCM plus

Los costos de mantenimiento de todo el año 2007 en la flota de cargadores 994D (Cargador 1 y 2) fue de 1,817,862 dólares; al mes de Junio del 2008 los costos son de 642,025 dólares, haciendo una proyección a fin de año y sumando un overhaul al cargador 02 pendiente se tendría una suma aproximada de 1,450,000 dólares. Por lo tanto se tendría un ahorro proyectado a fin de año de 350,000 dólares.

Gasto Real (\$) 2006	Gasto Real (\$) 2007	Gasto Real YTD Jun 2008 (\$)	Gasto Real Proyectado 2008 (\$)
2,770,239	1,817,862	642,025	1,450,000

CONCLUSIONES

Después de ocho meses de implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) plus y con un cumplimiento del 30% de las tareas nuevas recomendadas al sistema hidráulico de la flota de dos cargadores frontales 994D, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Se incrementó la disponibilidad en 3.7 %. De enero del 2007 a octubre del 2007 la disponibilidad tuvo un promedio de 85.6 % (antes de la implementación del mantenimiento Centrado en Confiabilidad Plus). Y de noviembre del 2007 a junio del 2008 la disponibilidad tuvo un promedio de 89.3% (después de la implementación del RCM plus). Para mayor detalle ver la tabla VI.1: Resumen de indicadores antes y después de la implementación del RCM plus
2. Se incrementó el indicador de confiabilidad MTBS "Tiempo medio entre paradas" en 1 hora en promedio mensual. Para mayor detalle ver la tabla VI.1: Resumen de indicadores antes y después de la implementación del RCM plus
3. Los costos de mantenimiento del año 2007 en la flota de dos cargadores 994D fue de 1,800,000 dólares. Al mes de Junio del 2008 los costos de mantenimiento ascienden a un monto de 642,025 dólares, considerando que en los seis meses restantes del 2008 se gastará un monto igual y sumando 150,000 dólares al total por overhaul pendiente al cargador 02, se tendrá un monto final de 1,450,000

dólares de gasto en el 2008. Por lo tanto se ahorrará con respecto al 2007 un monto de 350,000 dólares. Para mayor detalle ver Sun capítulo 6.5: Costos de Mantenimiento después de la Implementación del RCM plus.

4. En algunos casos muchas iniciativas fracasan sin conseguir resultados, debido a que se obvia lo difícil que puede ser pasar de informes a hechos, o son interrumpidos antes de generar todo su potencial debido a la incapacidad de "mostrar" resultados tangibles. Por lo tanto, la labor del equipo de trabajo no concluye en el reporte y presentación de lo realizado, ésta continúa con el respectivo seguimiento de la implementación de las recomendaciones hasta completar con el 100% de las mismas. También es recomendable presentar resultados tangibles, mostrando un diagrama donde se "vean" los resultados acumulados en el tiempo, así como los gastos de lo realizado. Esta información deberá ser visible por todos para su divulgación como hechos y no deseos del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

Reability Centred Maintenance – RCM II. Jhon Moubray. **Segunda edición.**

2000. EEUU

RCM plus Training Manual. The Woodhouse Parnership Limited, 1999.

Inglaterra

José Duran, Reverse RCM. The Woodhouse Parnership Limited. 1999.

Inglaterra

APÉNDICE

ACR: Análisis Causa Raíz

AMEF/FMECA/FMEA: Análisis de Modos y Efectos de Falla y Criticidad (FMECA)

APT Inspection®: Software de optimización de Inspecciones

APT Project®: Software de evaluación de proyectos/ideas.

APT Spare®: Software de Optimización de partes de Repuesto

APTMaintenance®: Software de optimización de Mantenimiento/Performance

Causa de Falla: Causa real de una falla funcional

Mejorabilidad - Criticidad: Valor numérico que tiene asociado una estimación de riesgo.

IBR: Inspección Basada en Riesgo

Impacto Total: Suma de los costos de la actividad mas los riesgos asociados a las fallas.

MCC (+) / RCM(+): Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad

Modo de Falla: Mecanismo físico que desencadena una falla funcional.

MTBF = Tiempo promedio entre fallas.

MTTR = Tiempo promedio para reparar.

RCM Profesional 3®: Software de RCM distribuido por TWPL

TWPL: The Woodhouse Partnership Ltd.

ANEXOS DEL ANÁLISIS DE RCM +

1. Diagramas Entrada - Función – Salida (EFS).
2. Diagramas Funcionales.
3. Diagramas Causa Efecto de los Cargadores Frontales 994D.
4. FMECA'S de los Cargadores Frontales 994D. Sistema Hidráulico de Alta Presión (4200 PSI)
5. Implementación de las tareas. Ejemplo: Mangueras Hidráulicas.

ANEXO # 1

Diagramas Entrada Función Salida (EFS)

1. Diagrama Entrada función Salida – Minera Barrick Pierina

1.1. La Mina Pierina, se puede describir con el siguiente diagrama Entrada-Función-Salida de manera general:



E F S Mina Pierina



ENTRADAS	FUNCIONES	SALIDAS
<ul style="list-style-type: none"> - Mineral 480 k tn/año Diámetro menor a 1 metro Ley: (hoy: 1.1)-(de > 0.25 a 3.7 gr/Tn) Humedad: 5 al 8 % Dureza 0 a 5 de roca - Agua 1.27 m3/hora (para mina y proceso) - Lubricantes (grasas y aceites) - Energía: 5538174.42 Kwh/mes 440 V 4.16 KV - Reactivos Cal (Kg/Ton puesta en Pad) = 1.43 Cianuro de Sodio (Kg/Ton en Pad)= 0.11 Polvo de Zinc (Kg/ Kg dore) =2.04 Tierra Diatomea (Kg/m3) = 0.007 Anti-scalant (kg/m3) = 0.001 Borax (kg/oz dore) = 0.005 Soda Ash (kg/oz dore) = 0.004 Niter (kg/oz dore) = 0.0003 Silica (kg/oz dore) = 0.0001 Nitrato 94% HaveAnfo 19 - 64 (%emulsión, %Anfo) Petroleo 6% (diesel) Fundentes - Aceros Forros de chancadora Planchas de desgaste - Aire 120 psi o 700 KPa 	<ul style="list-style-type: none"> - Perforación y Voladura (Disparar) - Carguío y Acarreo de mineral y desmonte - Chancar (Primario y Secundario) - Transportar Mineral con Cal - Almacenar en Ore Bin Acarrear mineral al PAD Apilar en Leach PAD Lixiviar Bombear solución Rica Recuperar: <ul style="list-style-type: none"> - Clasificar (la solución) - Desaerear (la solución) - Filtrar metales (Oro, Plata y Hg) - Retortar Fundir y Refinar 	<ul style="list-style-type: none"> - Doré 20% Au 80% Ag 500 k onzas/año - Mercurio 10000 Onzas / mes aprox. - Agua - Desechos Desmontes Escombros Chatarra

1.2. Los Cargadores Frontales 994D, se puede describir con el siguiente diagrama Entrada-

Función-Salida de manera general:



E F S
Cargadores Frontales 994D



ENTRADAS	FUNCIONES	SALIDAS
<ul style="list-style-type: none"> - Frente de trabajo con material suelto Diámetro menor a 1 metro Dureza 0 a 5 de roca Ley: (hoy: 1.1)-(de > 0.25 a 3.7 gr/Tn) Humedad: 5 al 8 % - Ángulo de frente de trabajo 45 ° (grados) - Máxima altura de trabajo para el Camión CAT 785 10.99 mts. Altura Máxima - Área de trabajo con radio min 5.70 y max 11.44 Mts. 	<p>Carguío de Mineral o Desmorte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclo de carguío con tiempo de 2,9 a 3 min a cada camión CAT - Cada cucharada maneja de 35 ton de material aprox. Según Fabri.: 11 a 12 M3 - Cargar cada camión con aprox. 150 Ton En lluvia 7meses: 4 pasadas En seco 5meses: 4 pasadas

1.3. El sistema Hidráulico del Implemento de los Cargadores Frontales 994D, se puede describir con el siguiente diagrama Entrada-Función-Salida de manera general:



E F S
Sistema Hidráulico del Implemento



ENTRADAS	FUNCIONES	SALIDAS
<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de aceite con 130 Gal aprox. - Temperatura de aceite en 75 °C con +/- 10 °C. Cumpliendo con Código ISO de limpieza 16 /14 - Calibración de la válvula de alivio de bombas en 4200 PSI - 1700 y 1750 rpm del motor diesel - Sistema de pilotaje calibrado a 350 Psi - Ángulo de ataque del cucharón Punta al piso y tolerancia aprox. a 20 cm del piso - Rimpull a 85% según terreo (Tracción) - Hermeticidad en pistones - Bombas de implementos sin fugas internas 	<p style="text-align: center;">Transferir fuerza hidráulica de 4200 PSI a fuerza mecánica para el carguio</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Flujo de Aceite hidráulico a 4200 PSI - Velocidad de levante de 11 a 14 seg - Velocidad de volteo 4.5 seg - Cargar 35 ton por pasada

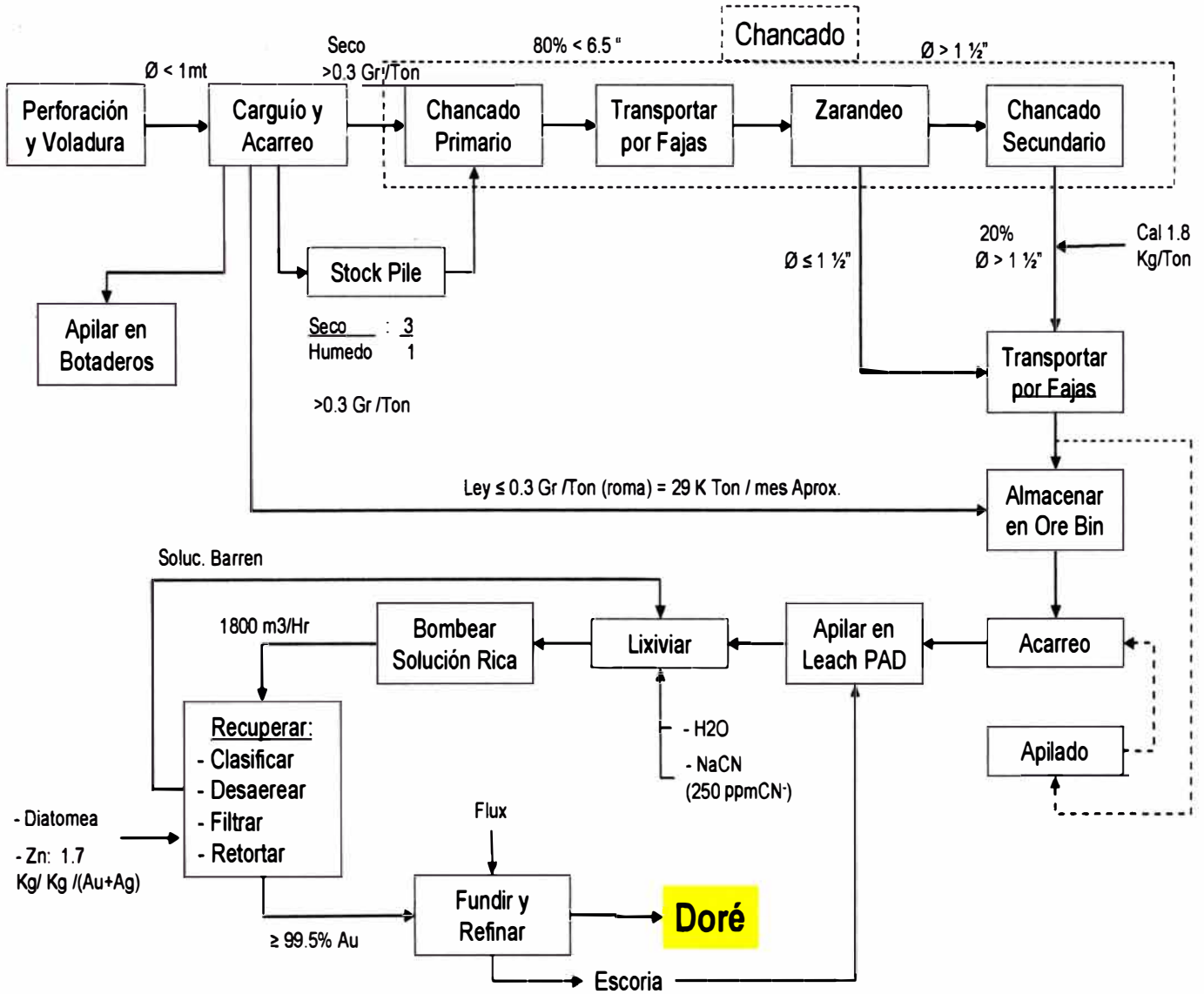
ANEXO # 2

Diagramas Funcionales

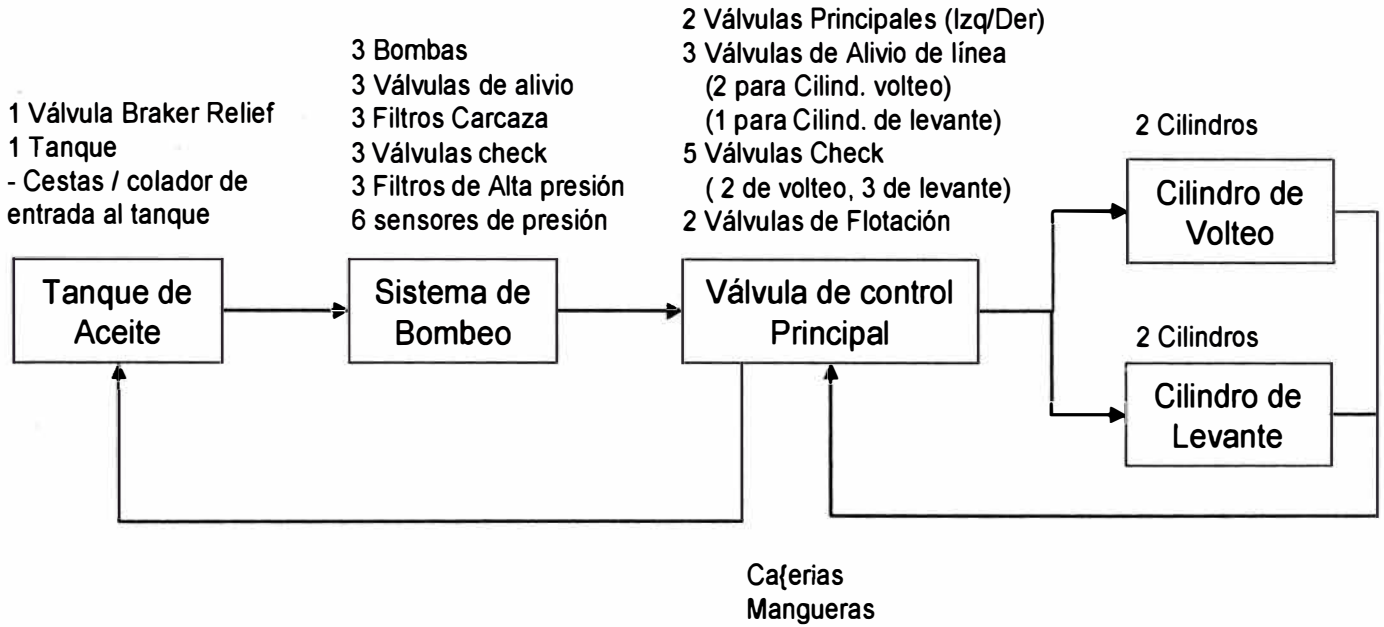
2. Diagrama Funcional de la Mina Pierina

2.1. El proceso de trabajo de la Mina Pierina según sus funciones o etapas es el siguiente:

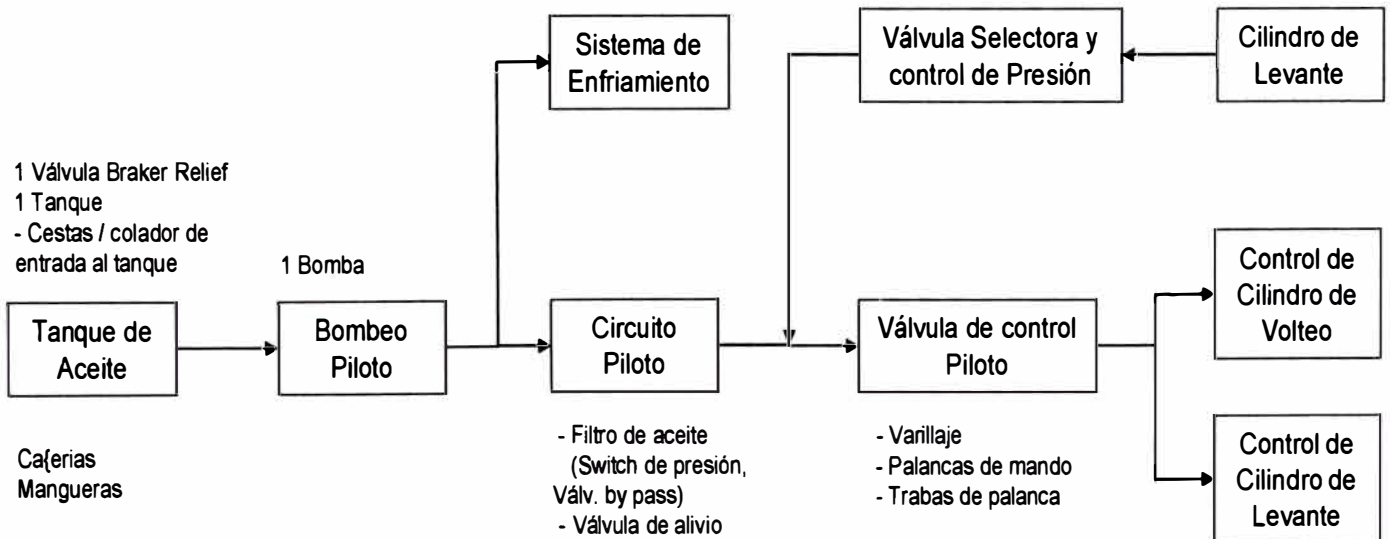
Diagrama Funcional Mina Pierina . Barrick



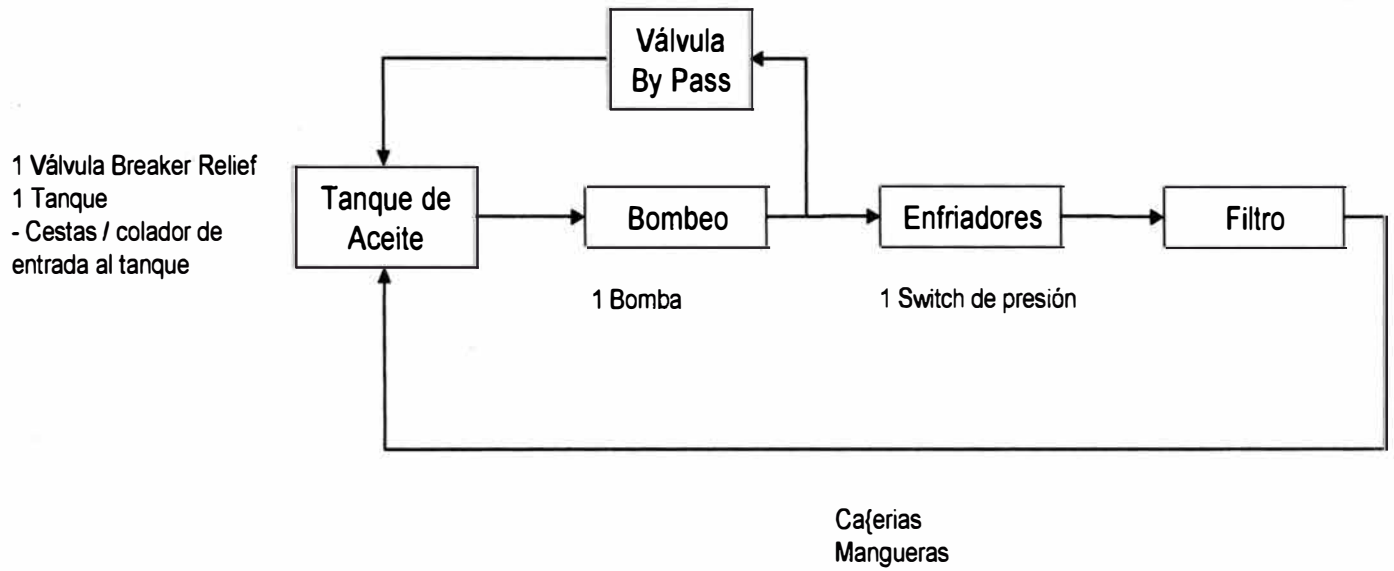
2.2. El proceso de trabajo del Sistema de Alta Presión del Hidráulico del Implemento según sus funciones o etapas es el siguiente:



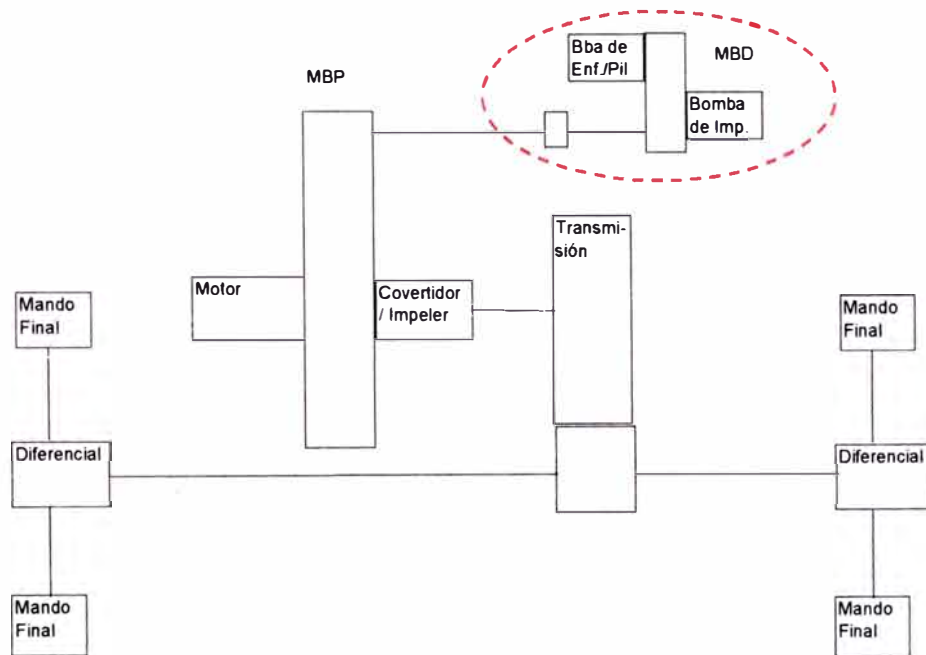
2.3. El proceso de trabajo de Sistema Piloto del Hidráulico del Implemento según sus funciones o etapas es el siguiente:



2.4. El proceso de trabajo del Sistema de Enfriamiento del Hidráulico del Implemento según sus funciones o etapas es el siguiente:



2.5. El proceso de trabajo del Sistema de Mando de Bombas Delantero del Hidráulico del Implemento según sus funciones o etapas es el siguiente:



SELECTOR DEL RIMPULL



SELECTOR DEL RIMPULL:

- SE ACTIVA MANUALMENTE EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PALANCA DE LEVANTE
- TIENE UN SELECTOR MANUAL EN EL TABLERO PRINCIPAL CON 4 POSICIONES DE TRACCIÓN

2.6. El proceso de trabajo del Sistema Eléctrico del Hidráulico del Implemento según sus funciones o etapas es el siguiente:

Diagrama Funcional Sistema Eléctrico Del Hidráulico del Implemento

- .- Switch - Restricción de filtros (6) de Alta Presión
- .- Switch - Restricción de filtros (6) de sist. Piloto
- .- Switch - Restricción de filtros (6) de sist. De enfriamiento
- .- Switch - Restricción de filtros (6) de Mando de BBAs
- .- Switch - Nivel de aceite
- .- Sensor - Temperatura de aceite hidráulico
- .- Sensor de presión de cabeza del cilindro de levante
- .- Sensor de presión de cabeza del cilindro de volteo
- .- Kickout de volteo y levante
 - Switch magnético
 - Imán
 - Solenoides de activación de palancas
 - Varillaje
- .- Topes mecánicos de palancas
- .- VIMs
- .- Sensor de temperatura de mando de bombas delantero
- .- Sensor de restricción filtro Mando de Bombas delantero
- .- Switch de Nivel de Refrigerante
- .- Switch de Caudal de Refrigerante
- .- sensor de temp. De Refrigerante
- .- Cableado
- .- Indicadores de Temperatura
- .- Sensor de posición de Boom

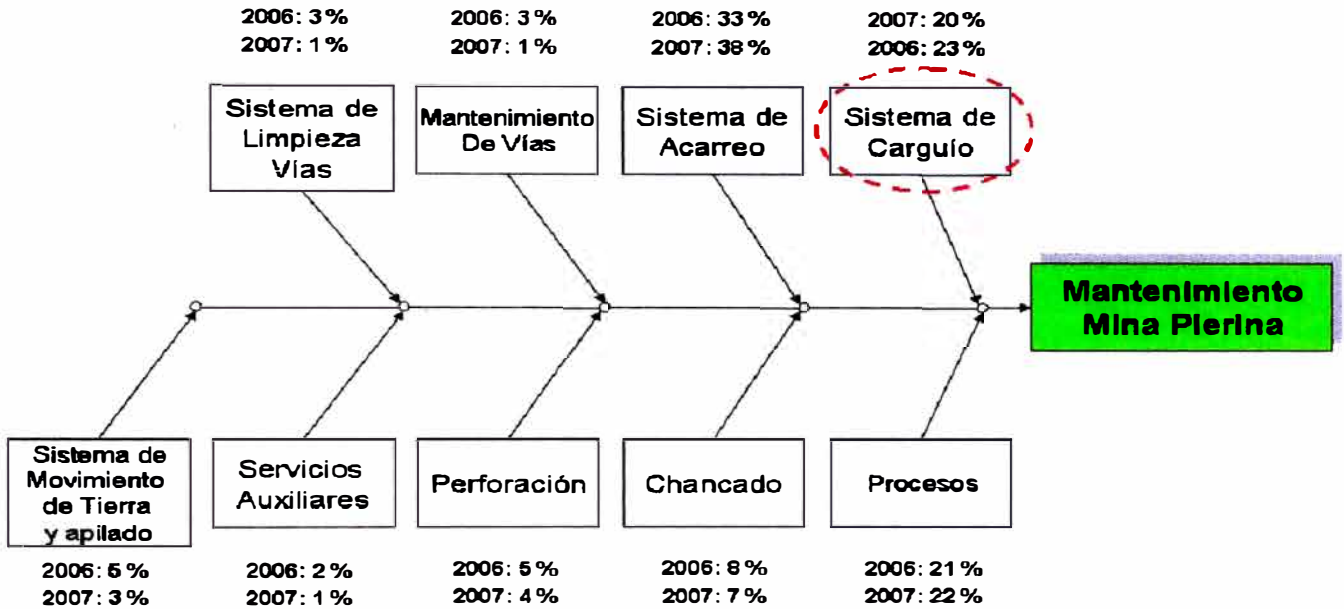
ANEXO # 3

Diagramas Causa Efecto
(Sistemas, Sub-sistemas, Componentes y sus
Modos de Falla)

3. Diagrama Causa Efecto de la Mina Pierina de Minera Barrick.

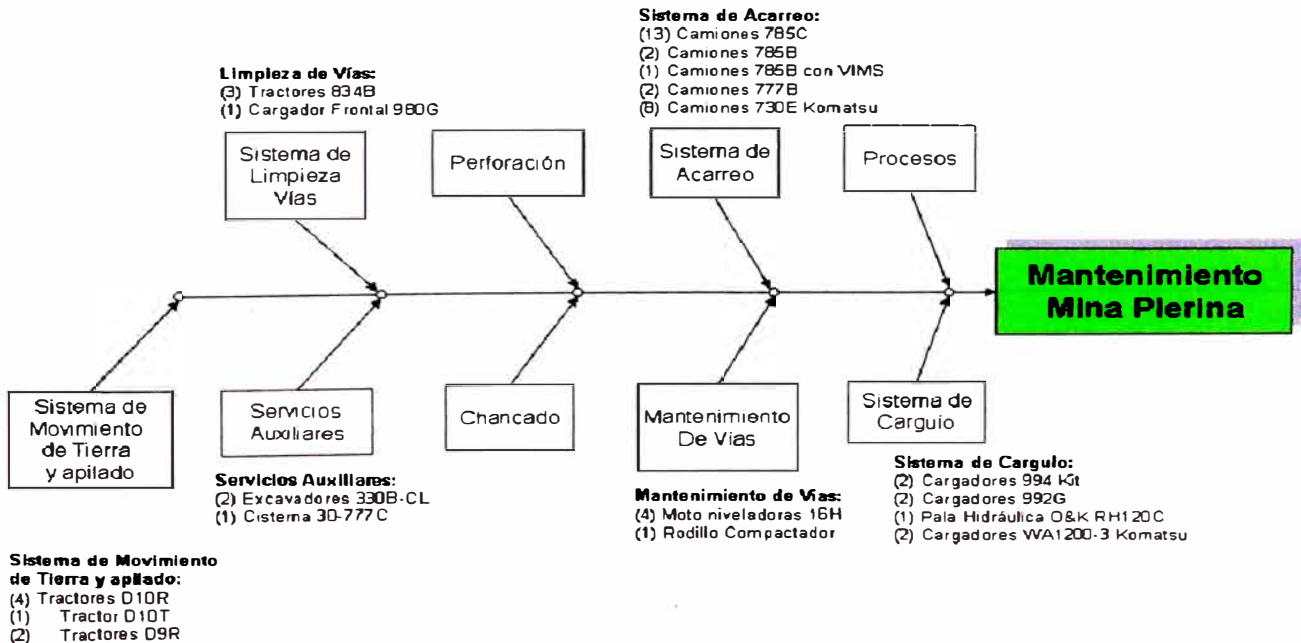
3.1. Diagrama Causa Efecto Equipo, Sistemas Principales, sub-sistemas, componentes y Modos de Falla: muestra todos los sistemas con sus fronteras:

Base de Esquema: Mantenimiento Mina Pierina - Barrick

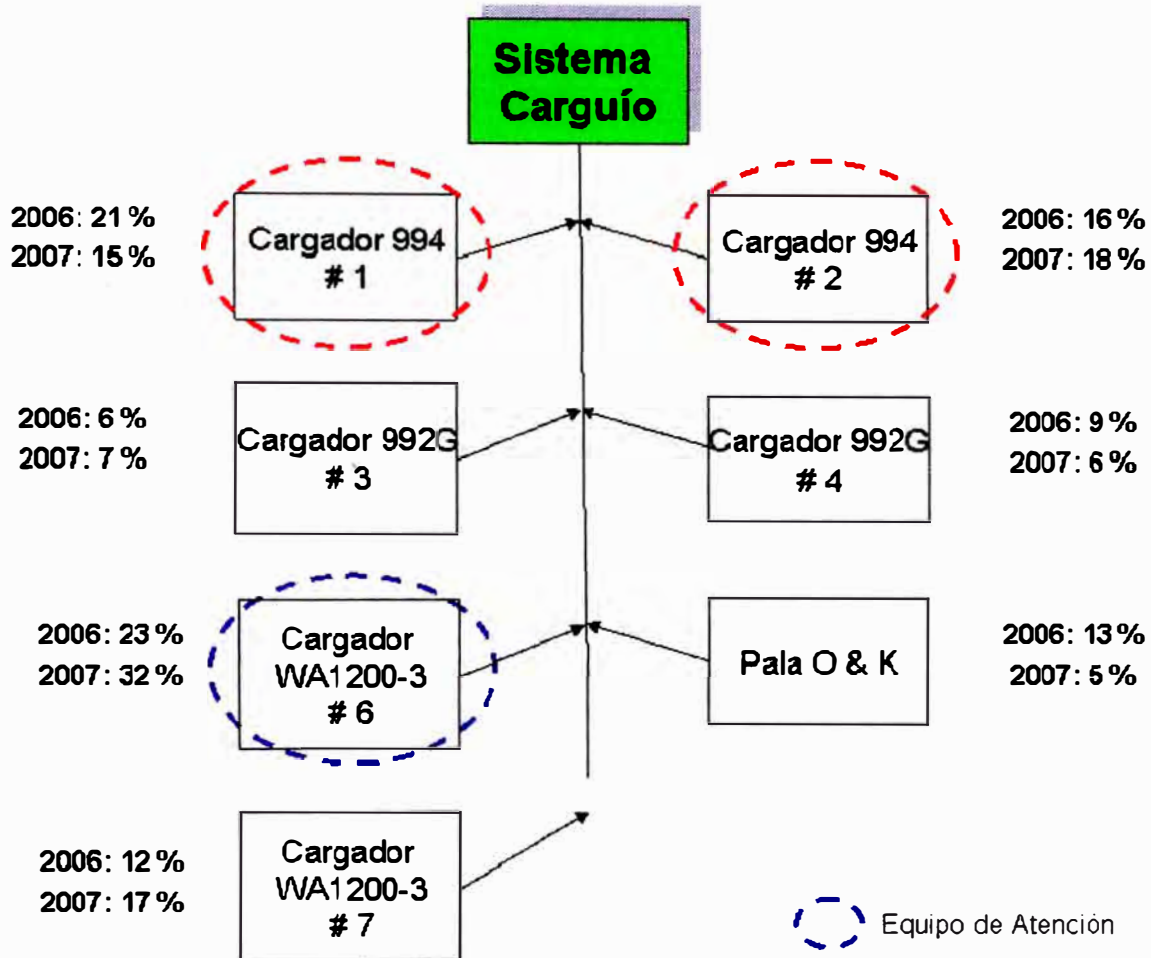


NOTA: Los % consideran el impacto en Mantenimiento y en Producción

Base de Esquema: Mantenimiento Mina Pierina - Barrick

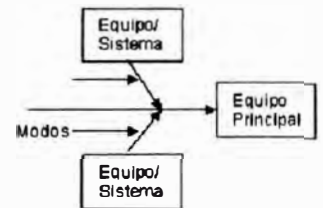
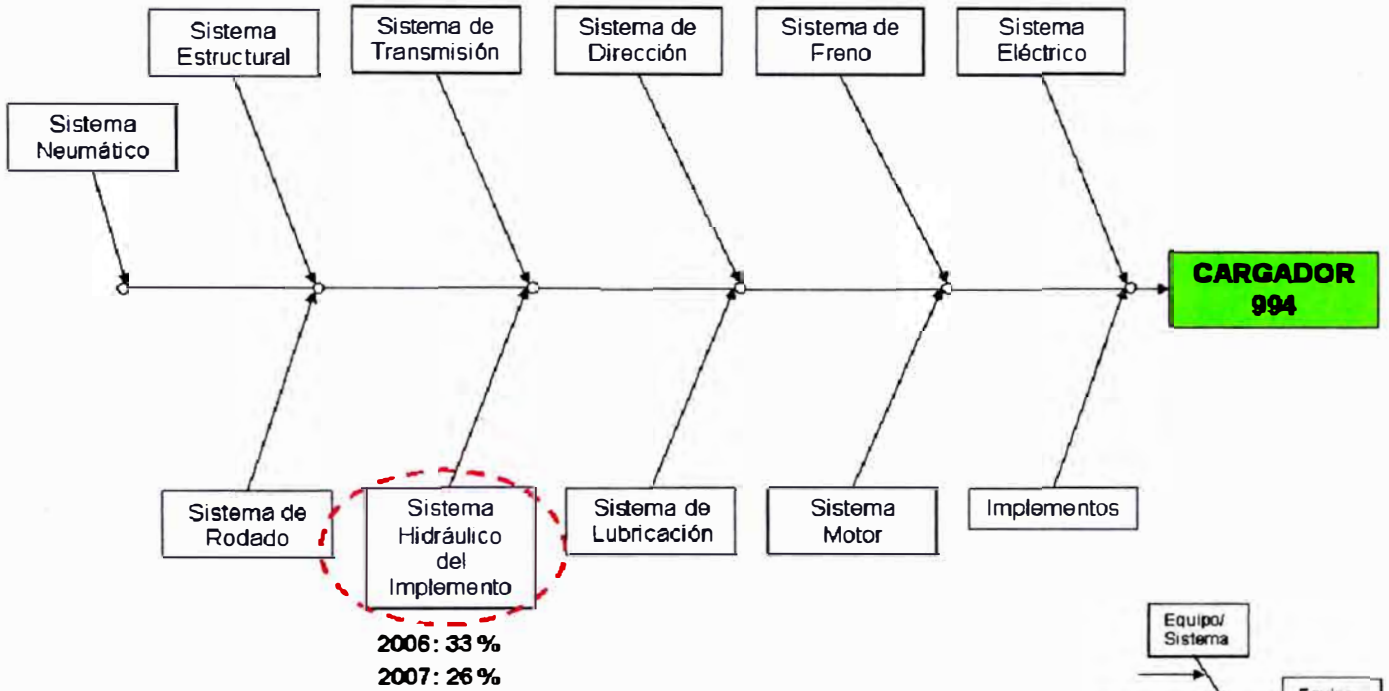


Base de Esquema: Carguío y Acarreo

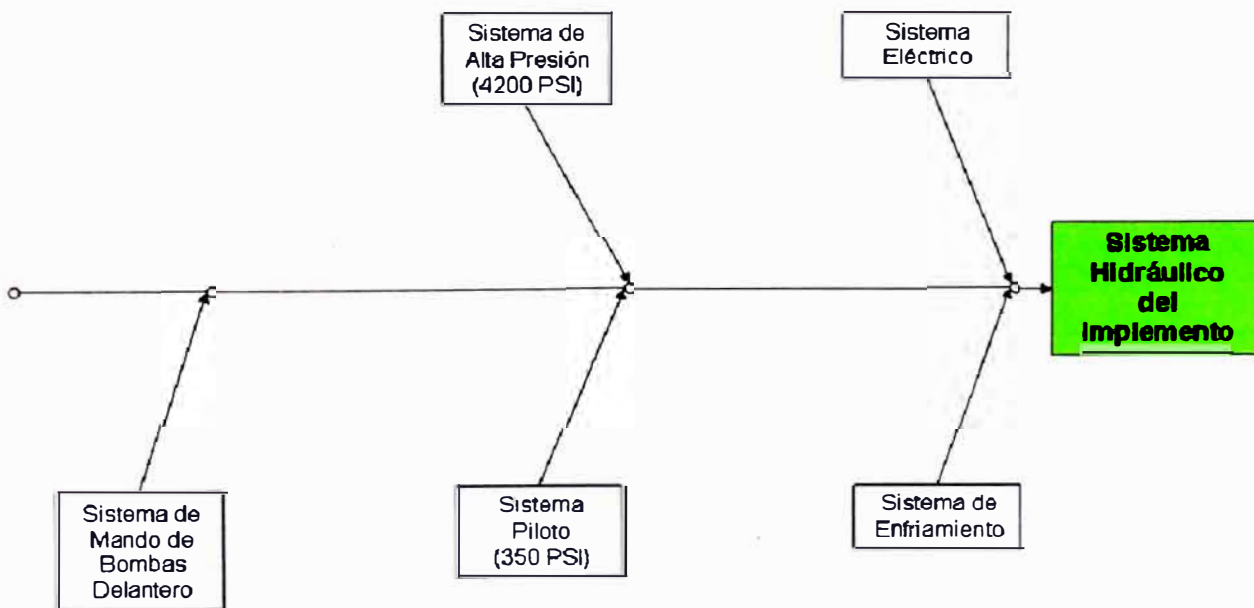


NOTA: Los % consideran el impacto en Mantenimiento y en Producción

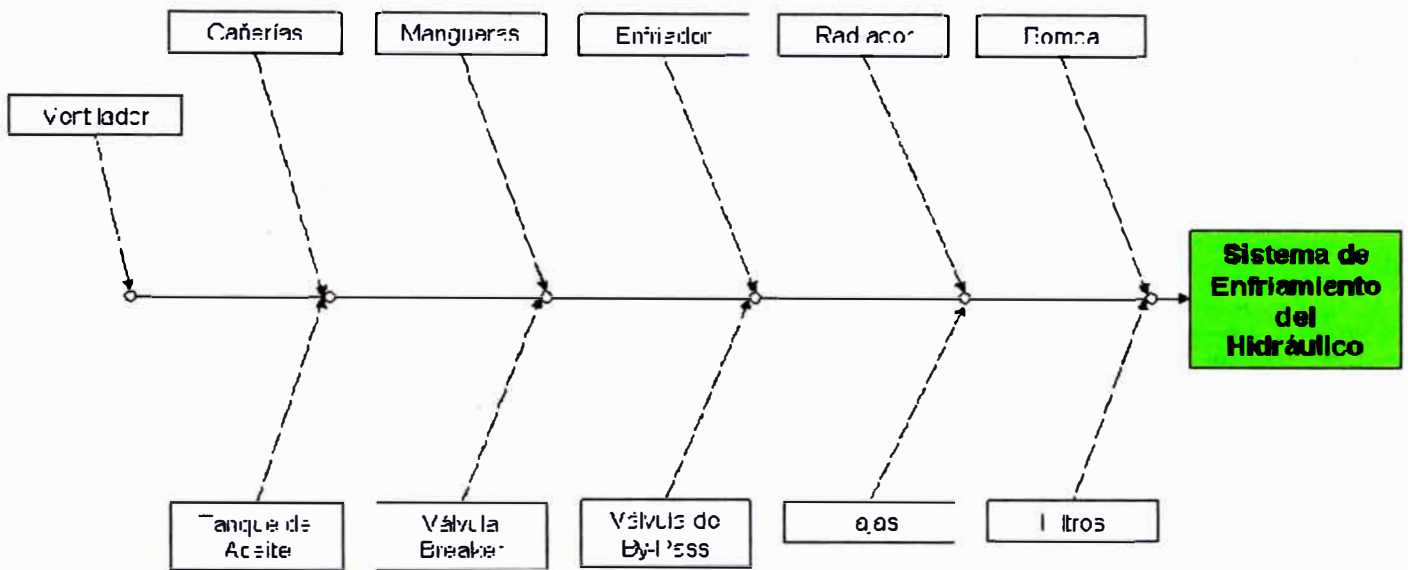
Base de Esquema: Cargador 994



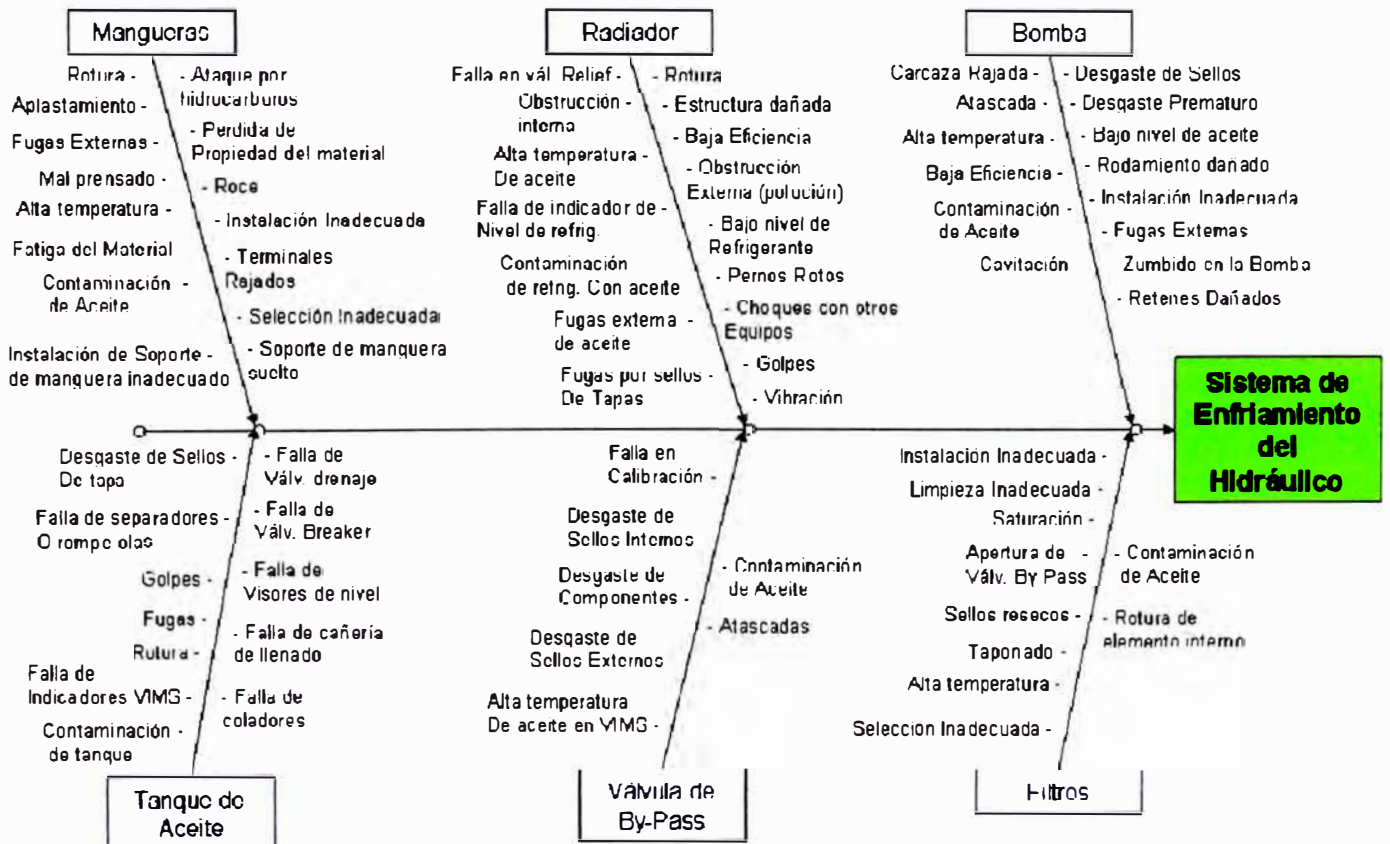
Base de Esquema: Sistema Hidráulico del Implemento



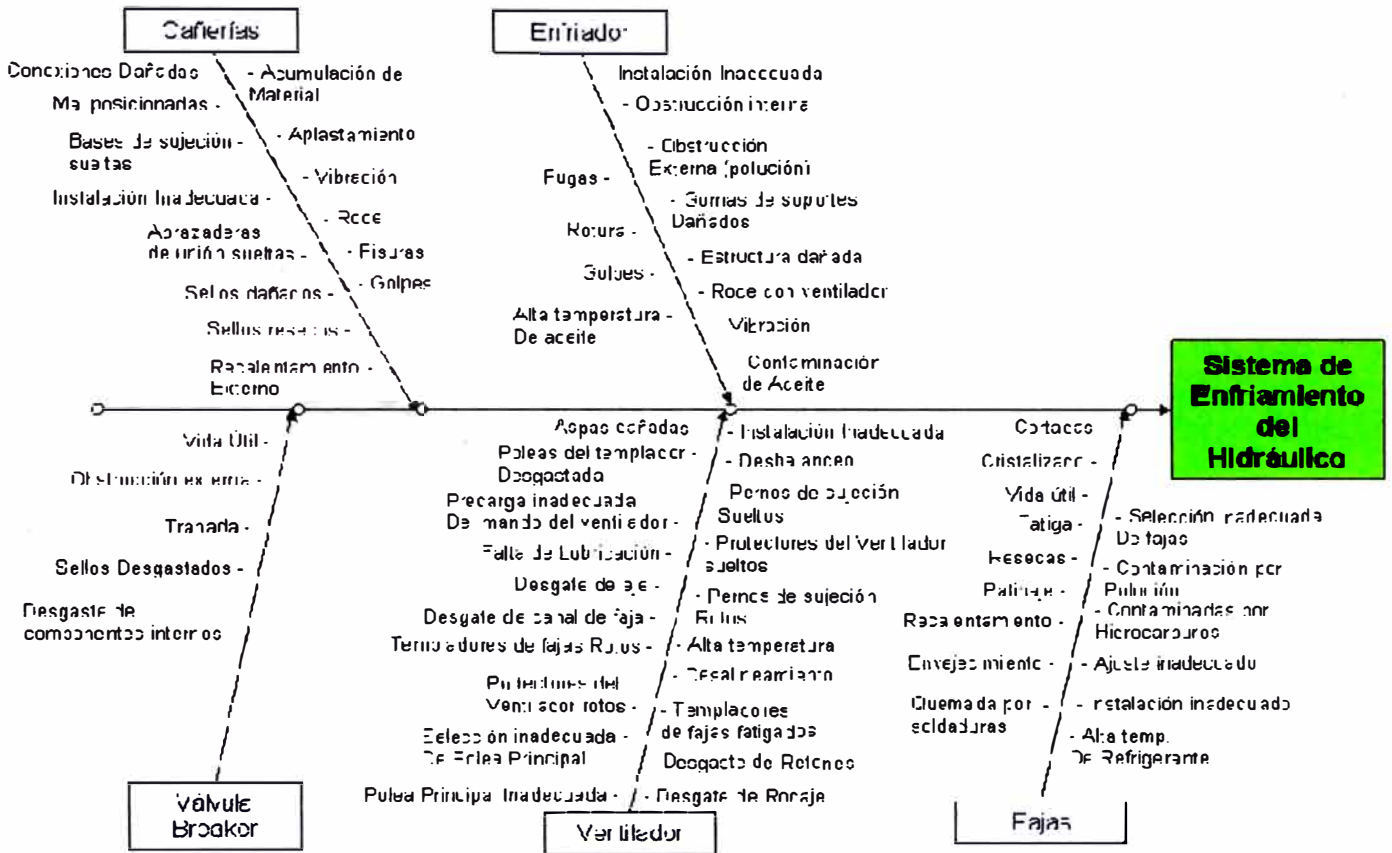
Base de Esquema: Sistema de Enfriamiento del S. Hidráulico



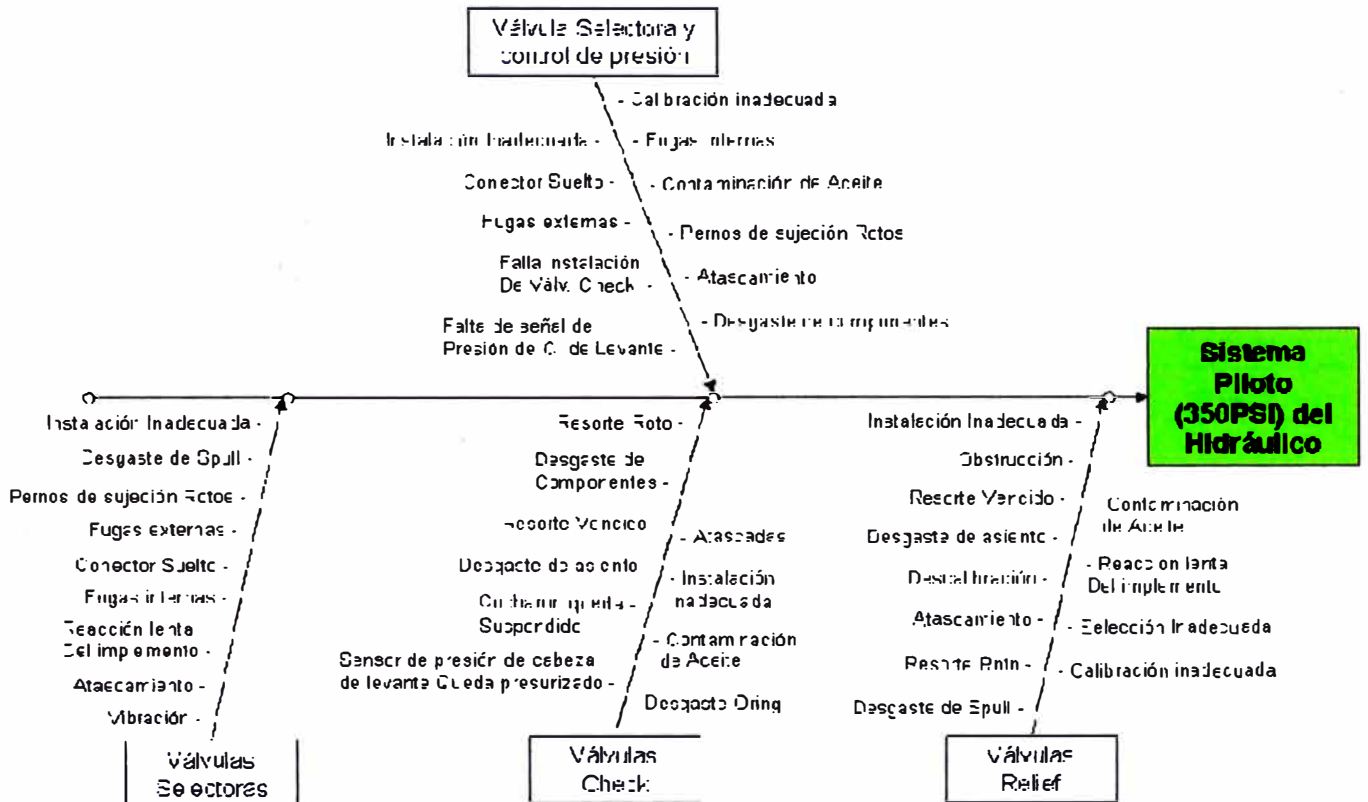
MODOS: Sistema de Enfriamiento del S. Hidráulico



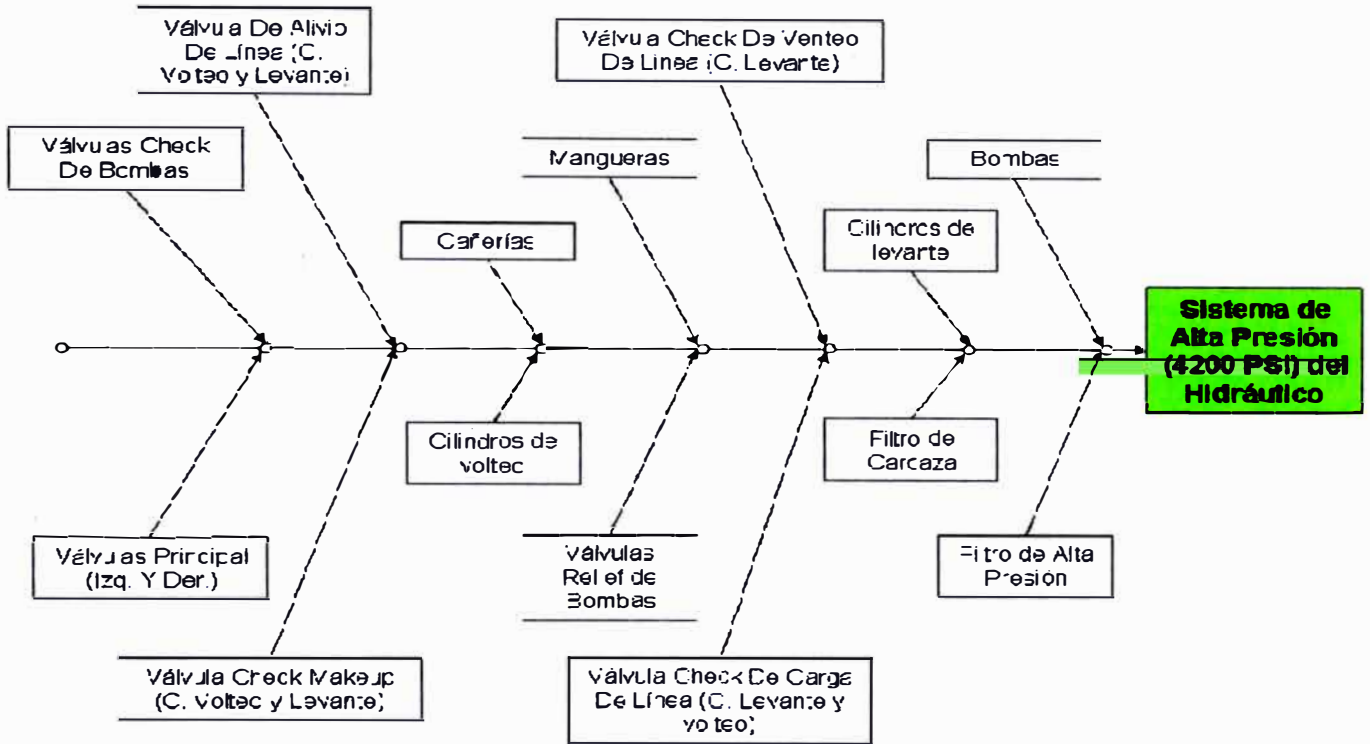
MODOS: Sistema de Enfriamiento del S. Hidráulico



MODOS: Sistema Piloto (350 PSI) del S. Hidráulico



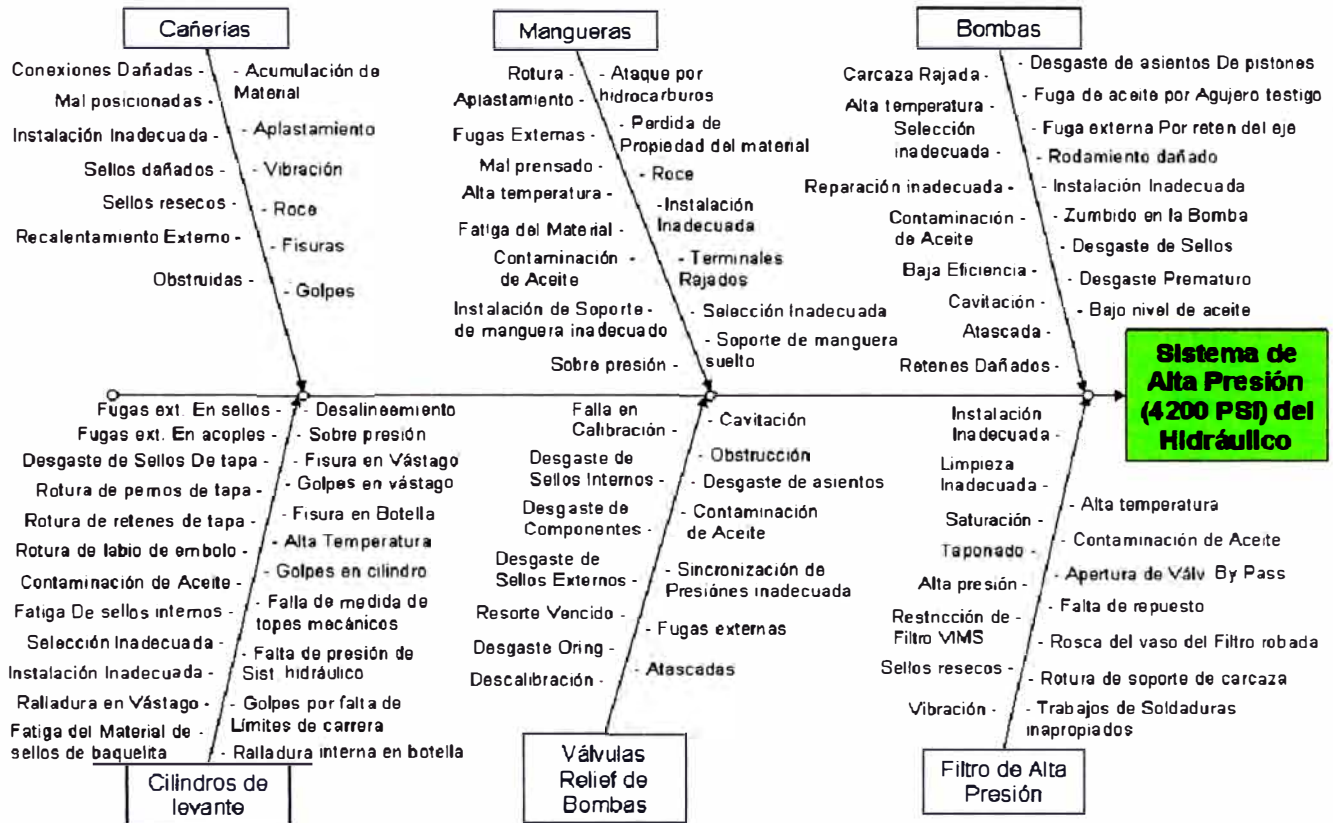
Base de Esquema: Sistema de Alta Presión (4200 PSI) del S. Hidráulico



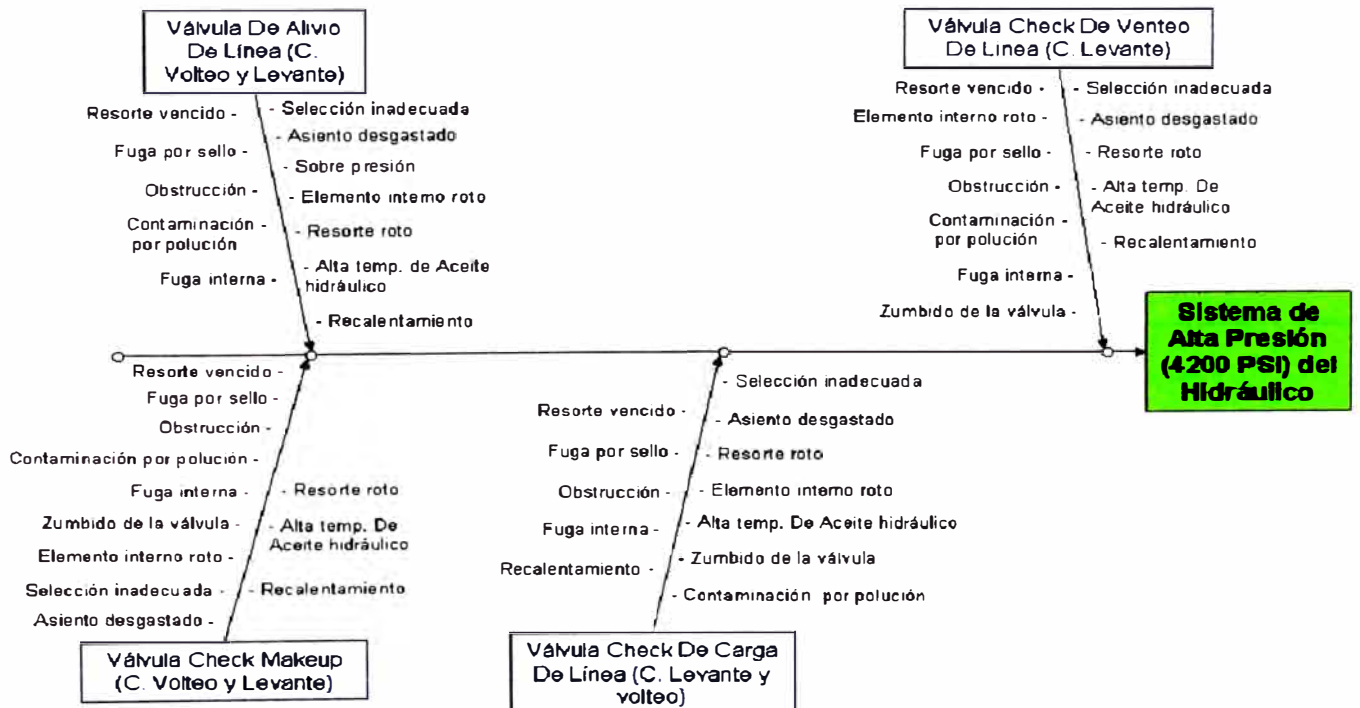
MODOS: Sistema de Alta Presión (4200 PSI) del S. Hidráulico



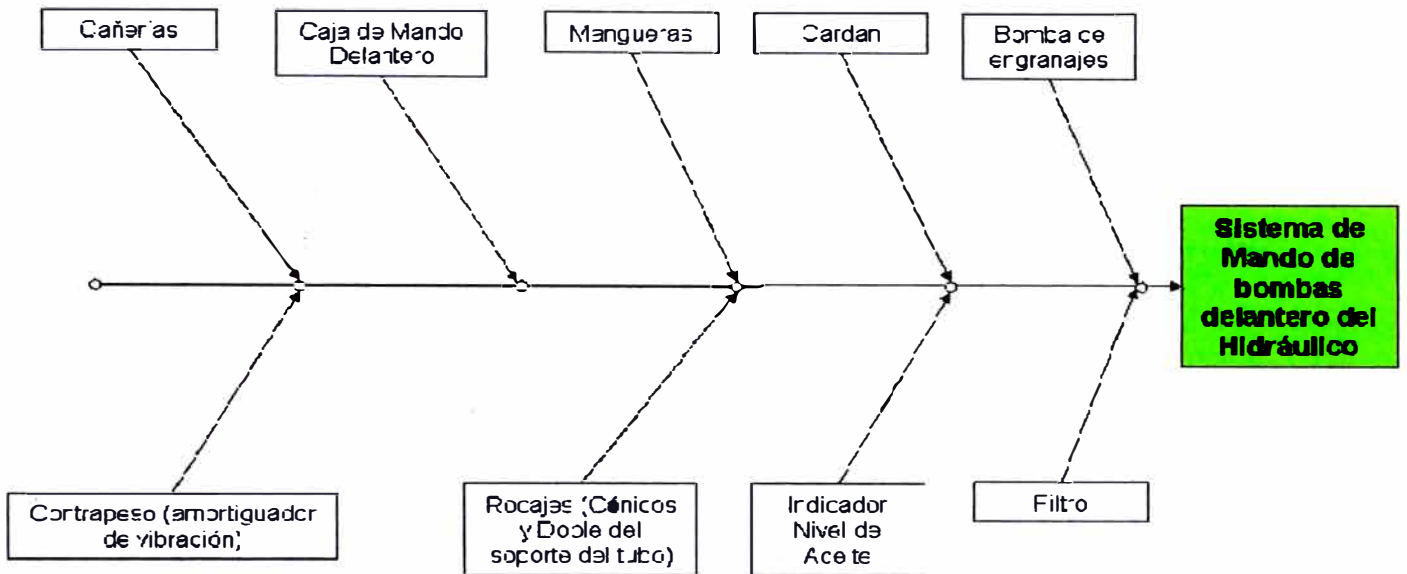
MODOS: Sistema de Alta Presión (4200 PSI) del S. Hidráulico



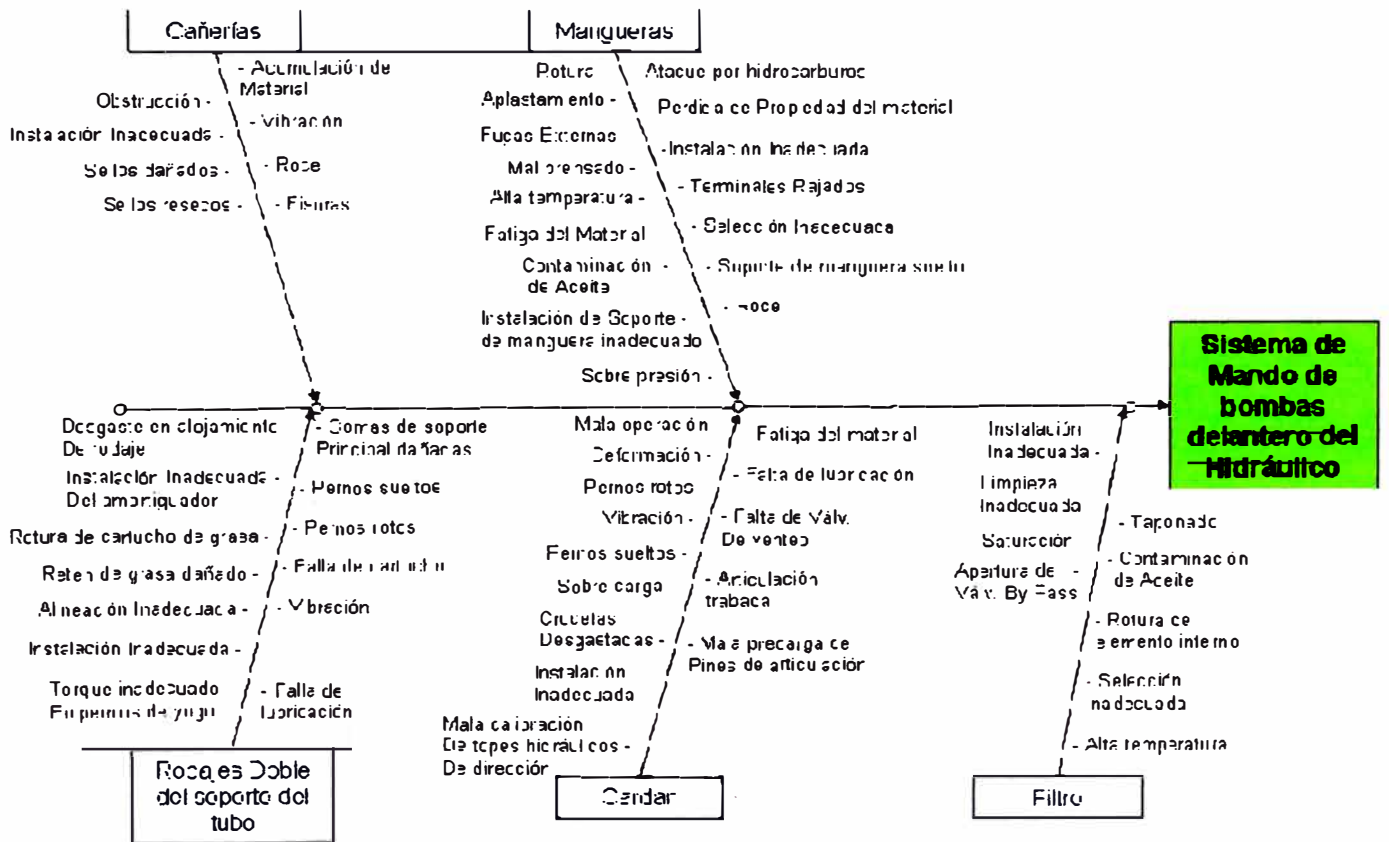
MODOS: Sistema de Alta Presión (4200 PSI) del S. Hidráulico



Base de Esquema: Sistema de Mando de bombas delantero /S. Hidráulico



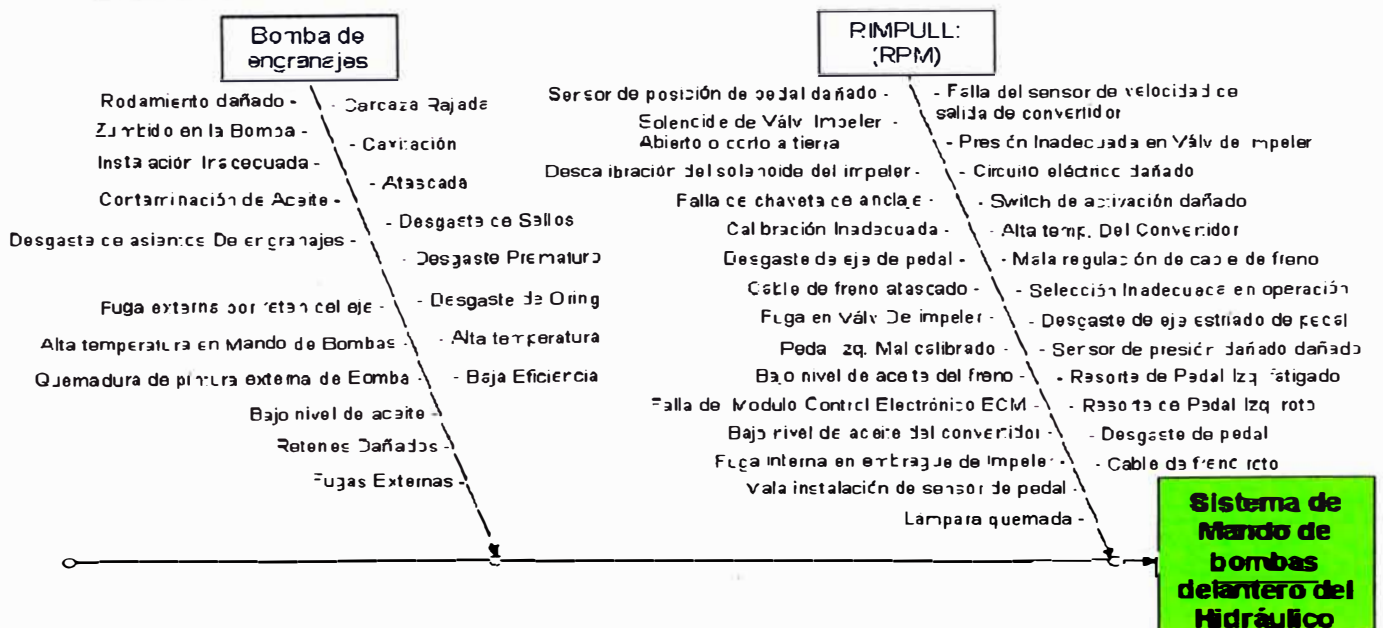
MODOS: Sistema de Mando de bombas delantero /S. Hidráulico



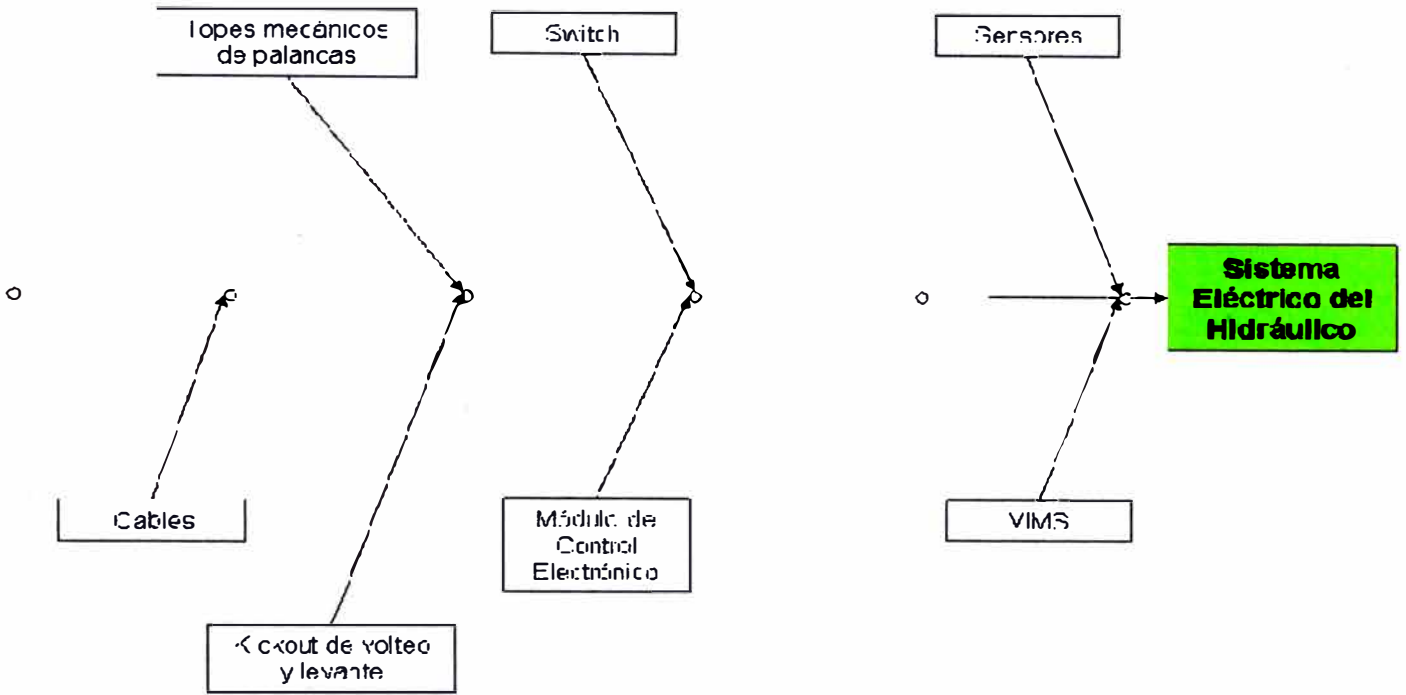
MODOS: Sistema de Mando de bombas delantero /S. Hidráulico



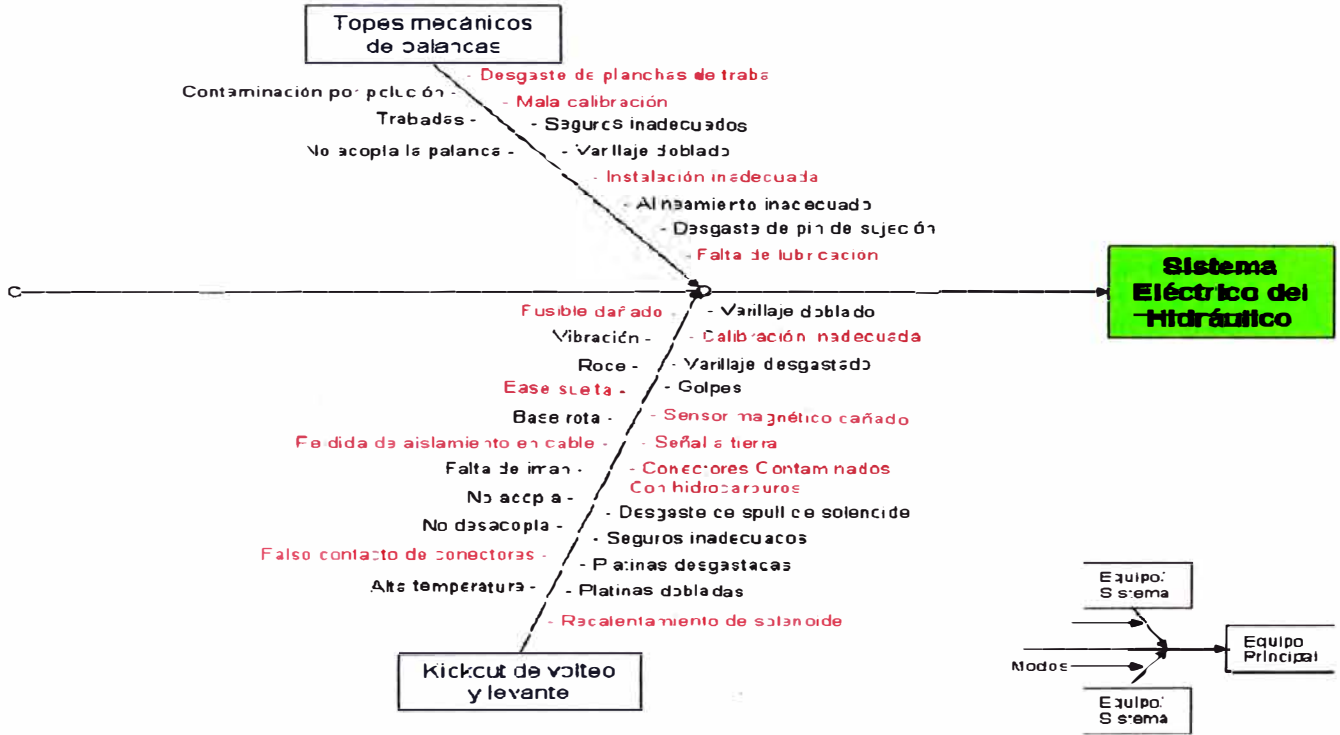
MODOS: Sistema de Mando de bombas delantero /S. Hidráulico



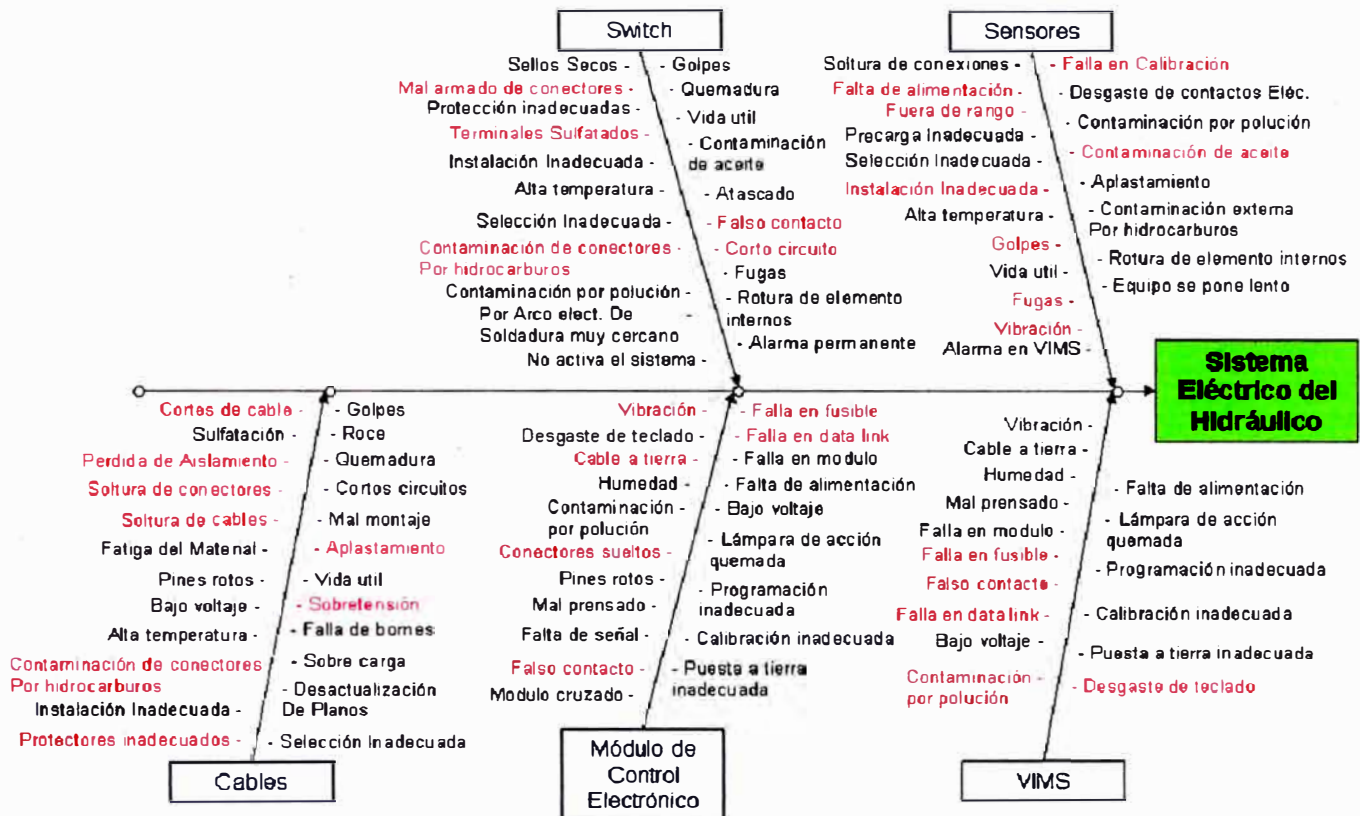
Base de Esquema: Sistema de Eléctrico del S. Hidráulico



Base de Esquema: Sistema de Eléctrico del S. Hidráulico



MODOS: Sistema de Eléctrico del S. Hídrico



En resumen para el desarrollo de las espigas de pescado se tiene más de 20 diagramas donde se incluyeron como punto de partida para la descripción de los Sistemas, sub-sistemas, componentes y modos de falla que posteriormente se incluyeron en el formato de FMECA; quedando de igual manera dispuestos para sus futuras actualizaciones en caso de modificaciones que surjan donde halla la necesidad de complementar con lo nuevo que ocurra.

NOTA: Para mayor detalle, ver archivo en power point anexo con nombre **“Diagramas Causa Efecto Pierina y Cargadores Frontales 994D Barrick.ppt”**, donde se muestra las diferentes Espigas de pescado realizadas para el Sistema Hídrico del Implemento de los Cargadores Frontales 994D analizados.

De igual manera se desarrollo a través de las espinas de pescado y los FMECA la estructura inicial para definir en el sistema ORACLE el árbol o estructura que compone al Sistema Hidráulico del Implemento de los Cargadores Frontales 994D como equipo dentro del Cargador; ejemplo de ello se muestra a continuación; el cual surgió del trabajo en equipo:

EQUIPO: CARGADOR - 994		: SISTEMA
Oracle		
Sistema	(Sub-sistema)	Componente
Sub-Sistema	Equipo	Componente/parte
Sistema Hidráulico del Implemento	Sist. De Enfriamiento	1. Bomba de Enfriamiento
		2. Mangueras
		3. Cañerías
		4. Filtro
		5. VÁLVULA de By-Pass
		6. Tanque de Aceite
		7. Radiador
		8. Enfriador
		9. Ventilador
	Sist. Eléctrico	1. Sensores
		2. Switch
		3. VIMS
		4. Módulo de Control
		5. Cableado
		6. Tope Mecánicos de Palancas
		7. Kickout de volteo y levante
	Sist. Píoto	1. Bomba de Pilotaje
		2. Mangueras
		3. Válvula Principal De Pilotaje
		4. Válvulas Selectoras y Válvulas selectoras de control de presión
		5. Válvulas Check
6. Filtro		
7. Palanca de Control		
8. Cañerías		
9. Válvula Relief		

NOTA: Para mayor detalle, ver la Hoja "Lista de tareas por espec 994" del archivo en Excel anexo con nombre "Lista de actividades RCM Cargadores Frontales 994D.xls", donde se muestra que surgió del análisis de RCM Plus realizado para los Cargadores frontales 994D de la Mina Pierina - Barrick.

ANEXO # 4

FMECA's desarrolladas en el RCM+ de los
Cargadores Frontales 994D

4. Diagrama FMECA de la Mina Pierina

4.1. Diagrama FMECA: muestra todos los sistemas con sus fronteras establecidas.

Como ejemplo mostraremos los FMECAS obtenidos del Sistema hidráulico de alta presión (4200 PSI)

NOTA: Para mayor detalle, ver archivo Excel anexo con nombre **“RCM Plus Cargadores Frontales 994D Pierina Barrick.xls”**, donde se muestra el análisis de los sistemas, sub-sistemas y componentes de los Cargadores Frontales 994D, así como se muestra el listado de aquellas tareas generadas de la información del equipo RCM Plus de Mina Pierina, tareas provenientes de los FMECAS respectivos (tareas nuevas, modificadas y existentes o rutinas).

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No. 1 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:		
Fecha 12/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:		
Verificado por:		Observaciones:										
No:	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)		C H S A O N	Tarea Recomendada		Ejecutor	Frec.
1	Mangueras	Fugas	Rotura	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 12 a 18 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	5 a 6 Hr Cambio de manguera 2000 a 3000 US\$ 12 a 18 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus ree Inspección de condición de mangueras	Técnico de manguera Técnico de manguera	30-Sep-07 Quincenal Tec) Diario Oper
			Mal prensado	Infantil	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 12 a 18 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	5 a 6 Hr Cambio de manguera 2000 a 3000 US\$ 12 a 18 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Verificar que el material y procedimiento de prensado Verificar que se cumpla la inspección y cambio de sus	Técnico de manguera Técnico de manguera	Cada armado de manguera Cada armado de manguera
			Instalación inadecuada	Infantil	HP: 2 Hr TP: Cambio de sellos y ajuste de bridas CR: 200 US\$ FA: 12 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	2 Hr Cambio de sellos y ajuste de bridas 200 US\$ 12 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Contar el kit adecuado D-ring Uso de manual de partes para el pedido del repuesto Contar con las herramientas adecuadas para montaje Asegurarse que existan Dados 16 y 18, llaves 16 y 18	Lider Mecanico Lider Mecanico Lider Mecanico	15-Oct-07 Cada pedido 30-Oct-07 30-Oct-07
			Sobre presión	Aleatorio	HP: 6 a 8 Hr TP: Reemplazo de manguera, evaluación y calibración CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 Veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	6 a 8 Hr Reemplazo de manguera, evaluación y calibración 2000 a 3000 US\$ 2 Veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Evaluación de presiones del sistema y de las válv. De	Mecanicos	2 meses
			Roce	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 12 a 18 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	5 a 6 Hr Cambio de manguera 2000 a 3000 US\$ 12 a 18 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus ree Inspección de condición de mangueras Separar las mangueras con bridas Asegurarse que existan bridas, canilleras y gomas de	Técnico de manguera Técnico de manguera Técnico de manguera Lider Mecanico	30-Sep-07 Quincenal Tec) Diario Oper Cada Instalación Cada armado de manguera
			Terminales rajados	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 6 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	5 a 6 Hr Cambio de manguera 2000 a 3000 US\$ 6 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Evaluar el tiempo de vida para terminales para sus ree Estandarizar un codigo de colores para el reemplazo c	Técnico de Manguera Técnico de Manguera	Cada armado de manguera Cada armado de manguera
			Ataque por hidrocarburos	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	5 a 6 Hr Cambio de manguera 2000 a 3000 US\$ 2 a 3 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras Regular la inyección de grasa en sist. De lubricación Limpieza de excesos de grasa	Mecanico Lubricador Lubncador	Quincenal Quincenal Quincenal
			Fatiga del material	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	5 a 6 Hr Cambio de manguera 2000 a 3000 US\$ 2 a 3 veces No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	HP TP CR FA Sint	C H S A O N	1 1 2 3 4	Elaborar el historico de comportamiento de mangueras Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus ree Inspección de condición de mangueras	Técnico de manguera Técnico de manguera Técnico de manguera	30-Sep-07 30-Sep-07 Quincenal Tec) Diario Oper

**Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad**

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus

HOJA de FMECA No. 2 de: ____

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
O = Operación
N = No Operacional
H = Oculta

**Severidad
(US\$ 000,000)**

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No.:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha 12/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No.	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)	C H S A O N	1 2 3 4	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
1	Mangueras			Selección inadecuada	Infantil	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	C H S A O N	3 1 2 4	Cumplir con el procedimiento de selección de manguera Uso de manual de partes para el pedido del repuesto Contar con las herramientas adecuadas para montaje Asegurarse que existan Dados 16 y 18, llaves 16 y 18	Técnico de manguera Lider Mecanico Lider Mecanico Lider Mecanico	Cada armado de manguera Cada pedido 30-Oct-07 30-Oct-07
				Vida Util	Edad	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	C H S A O N	3 1 2 4	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus ree Inspección de condición de mangueras Elaborar el historico de comportamiento de manguera	Técnico de manguera Técnico de manguera Técnico de manguera	30-Sep-07 Quincenal Tec) Diario Oper 30-Oct-07
			Agrietamiento	Alta Temperatura	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	C H S A O N	3 1 2 4	Evaluar el tiempo de vida las mangueras para sus ree Inspección de condición de mangueras Elaborar el historico de comportamiento de manguera	Técnico de manguera Técnico de manguera Técnico de manguera	30-Sep-07 Quincenal Tec) Diario Oper 30-Oct-07
				Contaminación de aceite	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Cambio de manguera CR: 2000 a 3000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: No levanta el cargador y fuga excesiva y ruido en	C H S A O N	3 1 2 4	Limpiar el sistema hidráulico	Mecanico	6 meses
2	Bombas de Alta Presión		Baja Eficiencia	Contaminación de aceite	Gradual	HP: 2 Hr TP: Evalua condición de operación, eficiencia y presi CR: 300 US\$ FA: 4 a 6 veces Sint: Repuesta lenta en implementos y alta temp En s	C H S A O N	3 1 2 4	Utilizar filtros adecuados despues de cada mantenimie Realizar dialisis o centrifugado de aceite Utilizar taponos adecuados en todos los puntos de ap	Mecanico Mecanico Mecanico	Despues de cada mant Cada cambio de aceite Cada cambio de mangueras
				Bajo nivel de aceite	Aleatoria	HP: 1 a 2 Hr TP: Relleno de aceite y verificación de nivel CR: 300 US\$ FA: 60 a 70 veces Sint: Repuesta lenta en implementos y alta temp En s	C H S A O N	3 1 2 4	Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras Usar el procedimiento adecuado para el relleno de ace Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Mecanico Lubricador Lubricador	Quincenal Quincenal Semanal
				Vida Util	Edad	HP: 6 a 8 Hr TP: Reemplazo de bomba CR: entre 6000 a 10000 US\$ FA: 2 a 3 Veces Sint: Repuesta lenta en implementos y alta temp En s	C H S A O N	3 1 2 4	Evaluar la eficiencia de la bomba por caudal para su r Establecer un programa de cambio de componentes a Asegurar que el aceite se encuentre libre de contamin	Mecanico Mecanico Mecanico	2 meses 15-10-07 Quincenal
				Reparación inadecuada	Infantil	HP: 6 a 8 Hr TP: Reemplazo de bomba CR: entre 6000 a 10000 US\$ FA: 2 Veces Sint: Repuesta lenta en implementos y alta temp En s	C H S A O N	3 1 2 4	Asegurarse que se tenga un proveedor de reparación Asegurar que el aceite se encuentre libre de contamin	Planers Mecanico	Cada remoción Quincenal

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No. 3 de: ____

Consecuencias S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad 1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 (US\$ 10,000) 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha: 12/09/2007		Planta: Mina Pierlina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No.	Componente/Parte Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, infantil, Aleatoria, Edad	HP TP CR FA Sint	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)	C H S A O N	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.	
2	Bombas de Alta Presión		Selección Inadecuada	Infantil	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Reemplazo de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 1 cada 2 años Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Asegurarse que se tenga un proveedor de reparación Asegurar que el aceite se encuentre libre de contamin	Planers Mecanico	Cada remoción Quincenal	
			Instalación inadecuada	Infantil	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Reemplazo de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 2 veces Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Verificar que el material y procedimiento de instalación	Lider Mecanico	Cada Instalación	
			Calibración inadecuada de válv. De alivio	Infantil	HP TP CR FA Sint		C H S A O N	Ver Válvula de Alivio			
			Fugas de aceite por reten de eje o agujero testigo	Gradual	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Reemplazo de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 1 veces Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Llevar el control de vida útil de la bomba para program Asegurar la calidad de reparación de bombas según ti	Predictivo Planers	Quincenal Cada reparación	
	Atascada		Contaminación de aceite	Gradual	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Cambio de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 1 vez Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Utilizar filtros adecuados despues de cada mantenimiento Realizar dialisis o centrifugado de aceite Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de ap	Mecanico Mecanico Mecanico	Despues de cada mant Cada cambio de aceite Cada cambio de mangueras	
			Reparación inadecuada	Infantil	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Reemplazo de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 2 Veces Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Asegurarse que se tenga un proveedor de reparación Asegurar que el aceite se encuentre libre de contamin	Planers Mecanico	Cada remoción Quincenal	
			Elementos Extraños	Aleatono	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Reemplazo de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 1 vez cada 2 años Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Capacitación en el uso de herramientas y material bá Utilizar tapones adecuados en todos los puntos de ap Asegurarse que se tenga repuestos y materiales aded	Lider Mecanico Mecanico Lider Mecanico	Semanal Cada mantenimiento Cada mantenimiento	
			Falla de componentes internos	Gradual	HP TP CR FA Sint	6 a 8 Hr Reemplazo de bomba entre 6000 a 10000 US\$ 2 veces Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	Llevar el control de vida útil de la bomba para pprogra Asegurar que el aceite se encuentre libre de contamin	Predictivo Mecanico	Quincenal Quincenal	

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No. 4 de: ___

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 000,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha: 12/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No.	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)	C H S A O N	S 1 2 3 4	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
2	Bombas de Alta Presión		Cavitación	Bajo nivel de aceite	Gradual	HP: 2 Hr TP: Evaluación de eficiencia y presiones o cambio de CR: Entre 300 y 5000 Us\$ FA: 20 veces Sint: Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	S 1 2 3 4	Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras Usar el procedimiento adecuado para el relleno de ace Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Mecanico Lubricador Lubricador	Quincenal Quincenal Semanal
				Instalación inadecuada	Infantil	HP: 2 a 8 Hr TP: Purgado del sistema o cambio de bomba CR: Entre 300 y 5000 Us\$ FA: 3 veces Sint: Repuesta lenta en implementos y alta temp. En s	C H S A O N	S 1 2 3 4	Asegurar que el material y procedimiento de instalaci Inspeccionar y eliminar fugas en mangueras Usar el procedimiento adecuado para el relleno de ace Capacitar en el procedimiento de relleno de aceite	Lider Mecanico Mecanico Lubricador Lubricador	Cada Instalación Quincenal Quincenal Semanal
				Falla de Válv. Breaker		HP: TP: CR: FA: Sint:	C H S A O N	S 1 2 3 4	Ver Válvula Breaker		
3	Cañenas		Fugas	Instalación inadecuada	Infantil	HP: 2 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 100 US\$ FA: 4 Veces Sint: Fugas de aceite en pisos	C H S A O N	S 1 2 3 4	Elaborar y divulgar procedimiento de instalación de ca Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Asegurar que el stock de sellos se tenga en almacén	Lider Mecanico Mecanico Planers	15-Oct-07 Cada Instalación 6 meses
				Roce	Gradual	HP: 2 a 3Hr TP: Reparación con soldadura o reemplazo CR: 100 US\$ FA: 2 veces Sint: Fugas de aceite en pisos	C H S A O N	S 1 2 3 4	Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Inspección de cañerías y verificar que no hay roce cor	Mecanico Mecanico y Operador	Cada Instalación Quincenal
				Vibración	Gradual	HP: 2 a 3Hr TP: Reajuste de bases y cambio de sellos CR: 50 US\$ FA: 2 veces Sint: Fugas de aceite en pisos	C H S A O N	S 1 2 3 4	Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Inspección de cañerías y verificar que no hay vibració	Mecanico Mecanico y Operador	Cada Instalación Quincenal
				Golpe	Aleatono	HP: 2 a 3Hr TP: Reparación con soldadura o reemplazo CR: 100 US\$ FA: 2 veces Sint: Fugas de aceite en pisos	C H S A O N	S 1 2 3 4	Operar hasta la falla Inspección de cañerías y verificar que no hallan cañer	Operador Mecanico y Operador	Al fallar Quincenal
				Falla de soldadura	Gradual	HP: 2 a 3Hr TP: Reparación con soldadura o reemplazo CR: 100 US\$ FA: 1 a 2 veces Sint: Fugas de aceite en pisos	C H S A O N	S 1 2 3 4	Operar hasta la falla Asegurar que el stock de cañerías se tenga en almac Asegurarse que se cumple el procedimiento de soldad Capacitar al personal en los procedimientos de soldad Seleccionar al personal en los diferentes procesos de	Operador Planers Lider Soldadura Lider Soldadura Soldador	Al fallar 6 meses Cada trab de Soldadura Cada trab de Soldadura 30-Mar-08

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No. 5 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No.		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:			
Fecha: 13/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:			
Verificado por:		Observaciones:											
No.	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla	Consecuencia(C)	Severidad(S)	C H S A O N	S	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
3	Cañerías			Sujeción inadecuada	Infantil	HP: 2 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 100 US\$ FA: 2 Veces Sint: Fugas de aceite en pisos			C H S A O N	S	Elaborar y divulgar procedimiento de instalación de cañerías Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Asegurar que el stock de sellos se tenga en almacén	Lider Mecanico Mecanico Planers	15-Oct-07 Cada Instalación 6 meses
				Vida Útil	Edad	HP: 2 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 100 US\$ FA: 2 Veces Sint: Fugas de aceite en pisos			C H S A O N	S	Elaborar y divulgar procedimiento de instalación de cañerías Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Asegurar que el stock de sellos se tenga en almacén	Lider Mecanico Mecanico Planers	15-Oct-07 Cada Instalación 6 meses
			Obstrucción	Fragmentos metálicos provenientes de embolos de pistones	Aleatono	HP: 2 a 3 Hr TP: Evaluación, limpieza e instalación CR: 100 US\$ FA: 1 vez cada 2 años Sint: Fugas de aceite en pisos			C H S A O N	S	Evaluación de hermeticidad y escurrimiento de los cilindros Evaluar el tiempo de vida los cilindros para sus reemplazos	Mecanico Predictivo	2 meses 30-Oct-07
4	Filtros de alta presión		Obstrucción o saturación de filtros	Contaminación de aceite	Gradual	HP: 3 Hr TP: Limpieza y/o Cambio de filtros CR: Entre 100 a 1000 US\$ FA: 3 a 4 Veces Sint: Señal de restrcción de filtro de mplementos en V			C H S A O N	S	Monitoreo de condiciones de aceite para programar la limpieza de tanques hidráulicos	Predictivo Mecanico	Quincenal 6 meses (4000 HR)
				Elementos extraños	Aleatorio	HP: 3 Hr TP: Limpieza y/o Cambio de filtros CR: Entre 100 a 1000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Señal de restrcción de filtro de mplementos en V			C H S A O N	S	Capacitación al personal en manejo, limpieza y operación Asegurar que luego de cada limpieza no existan elementos extraños	Lider Mecanico Lider Mecanico	30-Oct-07 Mensual (1000 Hr)
				Selección inadecuada del filtro	Infantil	HP: 3 Hr TP: Limpieza y/o Cambio de filtros CR: 100 US\$ FA: 2 Veces Sint: Señal de restrcción de filtro de mplementos en V			C H S A O N	S	Realizar selección de filtro haciendo uso del manual de instrucciones Divulgar la información de los filtros adecuados del catálogo	Mecanico Lider Mecanico	Cada Instalación 30-Oct-07
			Fuga externa	Instalación inadecuada	Infantil	HP: 2 a 3 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 400 US\$ FA: 3 a 4 Veces Sint: Fugas de aceite en pisos y señal de bajo nivel en el tanque			C H S A O N	S	Elaborar y divulgar procedimiento de instalación de filtros Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Asegurar que el stock de filtros y sellos se tenga en almacén	Lider Mecanico Mecanico Planers	15-Oct-07 Cada Instalación 6 meses
				Rosca dañada del vaso y base del Filtro	Edad	HP: 2 a 3 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 400 US\$ FA: 1 vez Sint: Fugas de aceite en pisos y señal de bajo nivel en el tanque			C H S A O N	S	Operar hasta la falla Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación	Operador Mecanico	Al Fallar Cada Instalación

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No. 6 de: ____

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
O = Operación
N = No Operacional
H = Oculta

Severidad
(US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha: 13/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No.	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)	C H S A O N	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.	
4	Filtros de alta presión			Tanque con altura por encima del nivel de los filtros de aceite	Infantil	HP: 1 a 4 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste CR: 500 US\$ FA: 3 a 4 Veces Sint: Fugas de aceite en pisos y señal de bajo nivel en	C H S A O N	Modificar la ubicación o altura de los filtros según el ta	Lider Mecanico y Fern	30-12-07	
			Falla de filtrado (No filtra)	Falla de Elementos de filtros (rotos)	Aleatorio	HP: 1 Hr TP: Cambio de filtro CR: 200 US\$ FA: 1 vez Sint: Alta temp. De aceite	C H S A O N	Operar hasta la falla	Operador	Al Fallar	
			Vibración	Instalación inadecuada de filtros	Infantil	HP: 2 a 3 Hr TP: Reajuste, cambio o reparación de base CR: 100 a 200 US\$ FA: 1 a 2 Veces Sint: Filtro vibrando, base de filtro suelta	C H S A O N	Tener el torque adecuado en pemos en instalación de Inspección de rajaduras y soltura de bases de filtros	Lider Mecanico Mecanico y Operador	15-Oct-07 Quincenal y diario	
5	Filtros de Carcaza		Obstrucción o saturación de filtros	Contaminación de aceite	Gradual	HP: 1 Hr TP: Cambio de filtros CR: 50 US\$ FA: 5 Veces Sint: Señal de restricción de filtro de carcaza en VIMS	C H S A O N	Monitoreo de condiciones de aceite para programar la Limpieza de tanques hidráulicos	Predictivo Mecanico	Quincenal 6 meses (4000 HR)	
				Elementos extraños	Aleatorio	HP: 1 Hr TP: Cambio de filtros CR: 50 a 100 US\$ FA: 2 a 3 Vez Sint: Señal de restricción de filtro de carcaza en VIMS	C H S A O N	Capacitación al personal en manejo, limpieza y operad Asegurar que luego de cada limpieza no existean elem	Lider Mecanico Lider Mecanico	30-Oct-07 Mensual (1000 Hr)	
				Selección inadecuada del filtro	Infantil	HP: 1 Hr TP: Cambio de filtros CR: 100 US\$ FA: 1 a 2 Veces Sint: Señal de restricción de filtro de carcaza en VIMS	C H S A O N	Realizar selección de filtro haciendo uso del manual d Divulgar la información de los filtros adecuados del ca	Mecanico Lider Mecanico	Cada Instalación 30-Oct-07	
			Fuga externa	Instalación inadecuada	Infantil	HP: 1 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 50 US\$ FA: 3 Veces Sint: Fugas de aceite en pisos y señal de bajo nivel en	C H S A O N	Elaborar y divulgar procedimiento de instalación de fil Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación Asegurar que el stock de filtros y sellos se tenga en a Asegurar el uso de herramientas adecuadas (llave de	Lider Mecanico Mecanico Planers Lider Mecanico	15-Oct-07 Cada Instalación 6 meses 15-Oct-07	
				Rosca dañada del vaso y base del Filtro	Edad	HP: 1 Hr TP: Cambio de sellos y reajuste o instalación CR: 500 US\$ FA: 1 vez Sint: Fugas de aceite en pisos y señal de bajo nivel en	C H S A O N	Operar hasta la falla Utilizar el procedimiento adecuado para la instalación	Operador Mecanico	Al Fallar Cada Instalación	

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No: 7 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:		
Fecha: 13/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:		
Verificado por:		Observaciones:										
No:	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla	Consecuencia(C)	Severidad(S)	C S H S A O N	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
5	Filtros de Carcaza		Vibración	Instalación inadecuada de filtros	Infantil	HP: 1 Hr TP: Reajuste, cambio o reparación de base CR: 100 a 200 US\$ FA: 1 a 2 Veces Sint: Filtro vibrando, base de filtro suelta			C S H S A O N	Tener el torque adecuado en pernos en instalación de filtros Inspección de rajaduras y soltura de bases de filtros	Lider Mecanico Mecanico y Operador	15-Oct-07 Quincenal y diario
				Obstrucción de filtro	Gradual	HP: 1 Hr TP: Cambio de filtros CR: 100 a 200 US\$ FA: 1 Veces Sint: Filtro vibrando, ruido en zona de filtros			C S H S A O N	Ver la parte de Obstrucción o saturación de filtros		
6	Válvulas Relief de		No libera presión cuando se requiere	Calibración inadecuada	Infantil	HP: 2 Hr TP: Recalibración de la válvula y ajuste CR: 50 US\$ FA: 6 a 10 Veces Sint: Equipo lento y alta temp aceite hidraulico			C S H S A O N	Usar el procedimiento adecuado para calibración de Válvulas Relief Asegurarse de tener herramientas adecuadas (Llave y Torcaza) Capacitación en manejo y calibración de Válv. Relief	Mecanico Lider Mecanico Lider Mecanico	2 meses Quincenal Semanal
				Trabada	Aleatoria	HP: 5 Hr TP: Cambio de bloque de válvulas CR: 1500 a 2000 US\$ FA: 3 a 4 veces Sint: Equipo lento, alta temp aceite hidraulico y ruido			C S H S A O N	Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de aceite Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad de cambio de aceite Revisión de funcionamiento adecuado del Switch de flujo Asegurar que el bloque de válvula se encuentre en el lugar	Predictivo Predictivo Electricista y mecanico Planers	Quincenal Quincenal Quincenal 6 meses
			Libera presión cuando no se requiere liberar presión	Calibración inadecuada	Infantil	HP: 2 Hr TP: Recalibración de la válvula y ajuste CR: 50 US\$ FA: 6 a 10 Veces Sint: Equipo lento y alta temp aceite hidraulico			C S H S A O N	Usar el procedimiento adecuado para calibración de Válvulas Relief Asegurarse de tener herramientas adecuadas (Llave y Torcaza) Capacitación en manejo y calibración de Válv. Relief	Mecanico Lider Mecanico Lider Mecanico	2 meses Quincenal Semanal
				Desgaste de Componentes internos	Gradual	HP: 5 Hr TP: Cambio de bloque de válvulas CR: 1500 a 2000 US\$ FA: 2 veces Sint: Equipo lento, alta temp aceite hidraulico y ruido			C S H S A O N	Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de aceite Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad de cambio de aceite Revisión de funcionamiento adecuado del Switch de flujo Asegurar que el bloque de válvula se encuentre en el lugar	Predictivo Predictivo Electricista y mecanico Planers	Quincenal Quincenal Quincenal 6 meses
				Obstrucción por prob. De contaminación de aceite	Aleatoria	HP: 1 Hr TP: Limpieza y Recalibración de la válvula y ajuste CR: 300 US\$ FA: 1 a 2 Veces Sint: Equipo lento y alta temp aceite hidraulico			C S H S A O N	Operar hasta la falla	Operador	Al Fallar
				Desgaste acelerado	Gradual	HP: 5 Hr TP: Cambio de bloque de válvulas CR: 1500 a 2000 US\$ FA: 2 veces Sint: Equipo lento, alta temp aceite hidraulico y ruido			C S H S A O N	Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de aceite Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad de cambio de aceite Revisión de funcionamiento adecuado del Switch de flujo Asegurar que el bloque de válvula se encuentre en el lugar	Predictivo Predictivo Electricista y mecanico Planers	Quincenal Quincenal Quincenal 6 meses

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No: 8 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculata

Severidad
 (US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico		Función:							
Fecha: 13/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						del Implemento									
Verificado por:		Observaciones:						Equipo: Sist de Alta Presión (4		Función:							
No:	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla	Consecuencia(C)	Severidad(S)	C	H	S	A	O	N	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
6	Válvulas Relief de		Cavitación	Aire en el sistema	Aleatorio	HP: 4 a 5 Hr TP: Cambio de bloque de válvulas CR: 1500 a 2000 US\$ FA: 2 a 3 veces Sint: Equipo lento, alta temp aceite hidraulico y ruido			C	S	1	2	3	4	Purgar el sistema en cada cambio de mangueras o co Apagar el cargador cuando se presentan fugas por rot Plan de acción en mangueras (ver Mangueras)	Mecanico Operador	Cada montaje de componentes Al fallar
			Des-sincronización de Válvulas	Desconocimiento	Infantil	HP: 2 Hr TP: Recalibración de la válvula y ajuste CR: 50 US\$ FA: 3 a 4 Veces Sint: Equipo lento y alta temp aceite hidraulico			C	S	1	2	3	4	Usar el procedimiento adecuado para calibración de V Asegurarse de tener herramientas adecuadas (Llave e Capacitación en manejo y calibración de Válv. Relief	Mecanico Lider Mecanico Lider Mecanico	2 meses Quincenal Semanal
			Fuga por sellos	Instalación inadecuada del sello	Infantil	HP: 1 Hr TP: reemplazo de sellos CR: 50 a 100 US\$ FA: 1 a 2 Veces Sint: Se presenta fuga de aceite			C	S	1	2	3	4	Usar el procedimiento adecuado para instalación de s Asegurarse de tener herramientas adecuadas	Mecanico Lider Mecanico	Cada instalación Quincenal
				Vida útil	Gradual	HP: 1 Hr TP: reemplazo de sellos CR: 50 a 100 US\$ FA: 1 Veces Sint: Se presenta fuga de aceite			C	S	1	2	3	4	Asegurar que se tenga en almacén el kit de D-ring y g	Lider Mecanico	Cada instalación
7	Válvula De Alivio De Línea		No libera presión cuando se requiere	Calibración Inadecuada	Infantil	HP: 5 a 6 Hr TP: Evaluación y regulación (aumentar Shims de pres CR: 1000 a 2000 US\$ FA: 1 Vez Sint:			C	S	1	2	3	4	Evaluación de set de presión de válvula según proces Asegurarse de tener herramientas adecuadas Capacitación al personal en la prueba operacional	Lider Mecanico y Pres Lider Mecanico Lider Mecanico	6 meses Quincenal Semanal
				Selección inadecuada de Válv	Infantil	HP: 5 a 6 Hr TP: Evaluación y regulación (aumentar Shims de pres CR: 1000 a 2000 US\$ FA: 1 Vez Sint:			C	S	1	2	3	4	Asegurar que se usa el manual de partes para la sele	Lider Mecanico	Cada instalación
			Libera presión cuando no se requiere liberar presión	Selección inadecuada	Infantil	HP: 5 a 6 Hr TP: Evaluación y regulación (aumentar Shims de pres CR: 1000 a 2000 US\$ FA: 1 Vez Sint:			C	S	1	2	3	4	Asegurar que se usa el manual de partes para la sele	Lider Mecanico	Cada instalación
				Calibración Inadecuada	Infantil	HP: 5 a 6 Hr TP: Evaluación y regulación (aumentar Shims de pres CR: 1000 a 2000 US\$ FA: 1 Vez Sint:			C	S	1	2	3	4	Evaluación de set de presión de válvula según proces Asegurarse de tener herramientas adecuadas Capacitación al personal en la prueba operacional	Lider Mecanico y Pres Lider Mecanico Lider Mecanico	6 meses Quincenal Semanal

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No: 9 de:

Consecuencias

S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad
 (US\$ 10,000)

1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha: 13/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick						Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:	
Verificado por:		Observaciones:									
No:	Componente/Parte	Función	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla	Consecuencia(C)	Severidad(S)	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
7	Válvula De Alivio De Línea			Desgaste de Componentes internos	Gradual	HP: 5 a 6 Hr TP: Evaluación y regulación (aumentar Shims de pres CR: 1000 a 2000 US\$ FA: 2 a 3 Veces Sint: Alta temperatura de aceite		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Operar hasta la falla Asegurarse que existe repuesto en almacén	Operador Planers	Al fallas 6 meses
				Obstrucción por prob. De contaminación de aceite	Aleatoria	HP: 5 a 6 Hr TP: Evaluación y regulación (aumentar Shims de pres CR: 1000 a 2000 US\$ FA: 2 Veces Sint: Alta temperatura de aceite		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Operar hasta la falla y limpiar	Operador	Al Fallar
		Falla de Válvula Makeup		Ver Válvula Makeup		HP: TP: CR: FA: Sint:		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Ver Válvula Makeup		
8	Cilindros de Levante y		Cilindro Roto	Fatiga del material	Gradual	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 cada 2 años Sint: Cargador no funciona		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Evaluación de hermeticidad y escurrimiento de cilindro Llevar el historial de vida de los cilindros para program	Mecanico Predictivo	2 meses Quincenal
				Sobrecarga operacional inducida	Gradual	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 2 veces Sint: Cargador no funciona		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Asegurarse que se opere el equipo de acuerdo a lo in Capacitación del personal sobre la operación adecuac Unificar criterio operacional para evitar sobre cargas	Mecanico y Operador Instrucción de Cargad Operadores y Lider O	Diario Diario y Semanal Diario
				Sobre Presión de aceite	Aleatoria	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 veces Sint: Cargador no funciona		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Evaluación de presión en el sistema Asegurarse que se opere el equipo de acuerdo a lo in Capacitación del personal sobre la operación adecuac Unificar criterio operacional para evitar sobre cargas	Mecanico Mecanico y Operador Instrucción de Cargad Operadores y Lider O	2 meses Diario Diario y Semanal Diario
				Selección inadecuada	Infantil	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 cada 3 años Sint: Cargador no funciona		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Asegurar que se usa el manual de partes para la sele Asegurarse en la entrega de los cilindros que sea el r Asegurarse de contar con un proveedor que ofrezca g	Lider Mecanico Planers Planers	Cada instalación Cada solicitud de pedido Cada solicitud de pedido
				Golpes	Aleatoria	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 cada 2 años Sint: Cargador no funciona		CS H 1 S 2 A 3 O 4 N 4	Operar hasta la falla Unificar criterio operacional para evitar sobre cargas	Operadores y Lider O	Diario

Análisis de Modos
Efectos de Falla y Criticidad
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Plus
HOJA de FMECA No: 10 de:

Consecuencias
 S = Seguridad A= Ambiente
 O = Operación
 N = No Operacional
 H = Oculta

Severidad (US\$ 10,000)
 1 Menos de 0.1 → Lesión leve
 2 de 0.1 a 1.0 → Herida con Reporte
 3 de 1.1 a 10.0 → Incapacidad
 4 mas de 10.0 → Muerte

Facilitador: José Perdomo		Equipo RCM No:		Sistema: Cargador 994 CAT		Función:		Subsistema: Sist. Hidráulico del Implemento		Función:	
Fecha 13/09/2007		Planta: Mina Pierina - Barrick		Observaciones:		Equipo: Sist de Alta Presión (4)		Función:			
No:	Componente/Parte	Modo de Falla	Causa de Falla	Súbita, Gradual, Infantil, Aleatoria, Edad	Efectos de Falla Consecuencia(C) Severidad(S)		C S H A O N	1 2 3 4	Tarea Recomendada	Ejecutor	Frec.
8	Cilindros de Levante y		Reparación inadecuada	Infantil	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona						
		Cilindro con fugas	Desalineamiento	Gradual	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Regulación adecuada con Shims en el implemento Inspección periódica del desgaste de los Shims y prog	Mecanico Mecanico	6 meses Quincenal
			Contaminación de aceite	Gradual	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de a Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad Realizar Cambio de filtros del sist. hidraulico	Predictivo Predictivo Mecanico	Quincenal Quincenal Mensual (1000 H)
			Sobre presión	Aleatoria	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Evaluación de presión en el sistema Asegurarse que se opere el equipo de acuerdo a lo in Capacitación del personal sobre evaluación del sistem Unificar criterio operacional para evitar sobre cargas	Mecanico Mecanico y Operador Lider Mecanico Operadores y Lider O	2 meses Diario Diario y Semanal Diario
			Rayadura (vastago o botella)	Gradual	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de a Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad Realizar Cambio de filtros del sist. hidraulico Purgar el aire del sistemahidráulico	Predictivo Predictivo Mecanico Mecanico	Quincenal Quincenal Mensual (1000 H) Cada instalación
			Fisuras en botella	Aleatoria	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Asegurarse de llevar el historial de comportamiento de	Predictivo	Quincenal
			Sellos dañados	Gradual	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de a Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad Realizar Cambio de filtros del sist. hidraulico Regular presión en el sistema Asegurarse de llevar el historial de comportamiento de	Predictivo Predictivo Mecanico Mecanico Predictivo	Quincenal Quincenal Mensual (1000 H) 2 meses Quincenal
			Vida útil	Edad	HP: 4 a 6 Hr TP: Cambio de cilindro CR: Entre 6000 y 10000 US\$ FA: 1 Vez Sint: Cargador no funciona				Asegurar de que el aceite esta limpio con dialisis de a Realizar análisis de aceite para identificar la necesidad Realizar Cambio de filtros del sist. hidraulico Regular presión en el sistema Asegurarse de llevar el historial de comportamiento de	Predictivo Predictivo Mecanico Mecanico Predictivo	Quincenal Quincenal Mensual (1000 H) 2 meses Quincenal

ANEXO # 5

Implementación de las tareas. Ejemplo:

Mangueras Hidráulicas

Del anexo 4: FMECA'S de los Cargadores Frontales 994D. Sistema Hidráulico de Alta Presión (4200 PSI), en las hojas 1 y 2 podemos observar los siguientes modos de falla con sus respectivas causas:

No:	Componente/Parte	Modo de Falla	Causa de Falla	Patrón de Falla
1	Mangueras	Fugas	Rotura	Gradual
			Mal prensado	Infantil
			Instalación inadecuada	Infantil
			Sobre presión	Aleatorio
			Roce	Gradual
			Terminales rajados	Gradual
			Ataque por hidrocarburos	Gradual
			Fatiga del material	Gradual
			Selección inadecuada	Infantil
			Vida Útil	Edad
		Agrietamiento	Alta Temperatura	Gradual
			Contaminación de aceite	Gradual

Dichas causas producen un gasto anual por reparación aproximado entre \$ 15,950 y \$ 19,200.

Para solucionar los efectos de las causas mostradas, se recomendaron e implementaron las siguientes tareas:

1. Elaborar el histórico de comportamiento de mangueras.
2. Evaluar el tiempo de vida de las mangueras para sus reemplazos.
3. Realizar check list de mangueras.
4. Estandarizar un código de colores para el reemplazo de terminales.
5. Implementar un kit de tapones en el taller de mangueras conjuntamente con el Kan Ban.
6. "Crear items de stock de bridas, canilleras y gomas de protección y separación de mangueras".

7. Cada manguera fabricada posea una OT de fabricación donde indique el Num de parte .
8. Control cada 15 días de las Ots generadas por fabricación y/o cambio de mangueras.
9. Entrega de manguera fabricada con tapón y sello lubricado.
10. Verificar stock de kit de sellos (D' ring y O' ring).
11. Tener stock de mangueras por rollos y terminales para armado.

A modo de ejemplo mostramos el detalle de algunas de ellas:

Tarea nro 4, Estandarizar un código de colores para el reemplazo de terminales, de la siguiente forma:

Verde 1ra vida,

Amarillo 2da vida se genera el requerimiento del Terminal,

Rojo sale a desecho.



Tarea nro 7, Cada manguera fabricada posea una OT de fabricación donde indique el Num de parte. Se indico al técnico de mangueras y al encargado de dispatch

generar OT por cada una de las mangueras que se fabriquen ó retiren de almacén y modificar el encabezado de backlog por mangueras.

Page No. 1 de 1

Recursos usados en una Orden de Trabajo - MBM

WO-317875 FABRICACION DE MANGUERA N/P 1342387

Equipo: TALLER MBM TALLER DE MANTENIMIENTO MBM

Tipo de OT: MANTENIMIENTO CORRECTIVO Fecha del Trabajo: 05/10/2017 04:00:00 p.m.

Civado Por: DZGARPA Responsable: MBM/MBM

Operación: 10 FABRICACION DE MANGUERA N/P 1342387

Sistema Automatizado: No

Panel Electrónico: No

Placa: No

País: No

Señal: No

Amplificador: No

Modulo: No

Fecha Inicio Parada de equipo: 05/10/2017 Hora inicio Parada del equipo: 10:00

Fecha Fin de Parada de equipo: 05/10/2017 Hora Fin de Parada del equipo: 11:00

Operación: Se realizó la fabricación de mangueras en el taller MBM.

Por: [Firma]

Tarea nro 5, Implementar un kit de tapones en el taller de mangueras conjuntamente con el Kan Ban. El Encargado del taller de mangueras realizara los requerimientos necesarios para mantener el mínimo requerido.



Con la implementación de las 11 tareas mencionadas se obtuvo un ahorro aproximado en los costos de reparación entre \$44,000 y \$76,000.