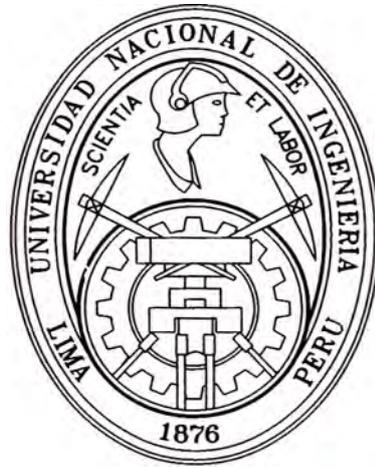


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD DE UN MOLINO SAG DE 32 X 34
PIES, EN UNA PLANTA DE LIXIVIACIÓN DE ORO
EN TANQUES”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECÁNICO

SAMUEL ANTONINO ZARAGOZA BALMACEDA

PROMOCIÓN 2001-I

LIMA-PERÚ

2008

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO 1	
INTRODUCCIÓN	3
1.1 OBJETIVO.....	3
1.2 METODOLOGÍA.. ..	4
1.3 ALCANCE	5
CAPITULO 2	
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 PROCESO GOLD MILL	6
2.1.1 Proceso de molienda	6
2.1.2 Tipos de molinos	8
2.1.3 Ventajas y Desventajas de Molino SAG	16
CAPITULO 3	
ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	21
3.1 HISTORIA DE MANTENIMIENTO	21
3.1.1 Introducción	21
3.1.2 Evolución del Mantenimiento	22
3.1.2.1 La Primera Generación	22
3.1.2.2 La Segunda Generación	23
3.1.2.3 La Tercera Generación	24
3.1.2.4 Nuevas Expectativas	24
3.1.2.5 Nuevas Investigaciones	25
3.1.3 Cambio de Paradigmas	25

3.2 El mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	27
3.2.1 Patrones de (Falla Aeronáutica)	28
3.2.2 El mantenimiento centrado en la confiabilidad(RCM).....	31
3.2.3 El mantenimiento centrado en la confiabilidad: 7 Preguntas	
Básicas	34
3.2.4 Funciones y sus estándares de funcionamiento	35
3.2.5 Fallas funcionales	36
3.2.6 Modos de falla (causa de falla)	36
3.2.7 Efectos de las fallas.....	37
3.2.8 Consecuencias de las fallas	37
3.2.9 Tareas de mantenimiento	40
3.2.9.1 Tareas “A Condición”	41
3.2.9.2 Tareas de Reacondionamiento Cíclico y de	
Sustitución Cíclica	42
3.2.9.3 Acciones a “falta de”	44
3.2.10 El Personal Implicado	48
3.2.11 Las Facilidades	49
3.2.12 Los Beneficios a conseguir por RCM	50
3.3 MODELO DE GESTIÓN DE ACTIVOS.....	57
3.3.1 Pirámide de la excelencia	57
3.3.2 Optimación del mantenimiento.....	63
3.3.3 Matriz de madurez	64

CAPITULO 4

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	65
4.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO	65
4.2 CONTEXTO OPERACIONAL	65
4.2.1 Descripción Operativa de proceso	65
4.2.2 Descripción Operativa del mino SAG	69
4.2.3 Clasificación de los sub sistemas del Molino	119
4.2.4 Selección el sub sistema donde se implementara RCM ..	120
4.3 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS	121
4.4 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS TAREAS	161

CAPITULO 5

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	182
5.1 SUSTENTO DEL PROGRAMA	182
5.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO POR ESPECIALIDAD	184
5.3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES	234
CONCLUSIONES	236
BIBLIOGRAFÍA	238

APÉNDICE

PROLOGO

El desarrollo de este trabajo está orientado a determinar la estrategia de mantenimiento más óptima para un molino SAG que opera en una planta de molienda de oro – Gold Mill; o, dicho de otra manera, a identificar las tareas proactivas de mantenimiento para el molino en mención.

Debido al crecimiento de la gran minería en nuestro país, se hace necesario utilizar mejor los recursos, por lo que, las empresas mineras están buscando la excelencia operacional. La implementación del RCM ayudara a lograr este objetivo estratégico.

Este trabajo esta dividido en cinco capítulos.

En el primer capítulo se establecen los objetivos, la metodología y los alcances del desarrollo del RCM

En el tercer capítulo se explica el estado actual del mantenimiento, historia, conceptos básicos para entender el RCM, y el modelo de la gestión de activos, de forma tal que, se logre identificar la función que cumple el RCM dentro de los procesos de mantenimiento

En el cuarto capítulo se desarrolla los 7 pasos del RCM y se muestra los resultados, las estrategias de mantenimiento óptimas, los procedimientos operacionales y las propuestas de mejoras y modificaciones.

En el último capítulo se muestra el programa de mantenimiento como resultado de todo el desarrollo; y, se establece la comparación con la política de mantenimiento recomendada por los fabricantes.

Prestando espacio a esta parte de la presentación, quiero manifestar el mas profundo agradecimiento a mis padres, quienes desde su trinchera han alentado mi lucha por salir adelante, mejorar como persona y crecer en el ámbito profesional; en el mismo sentido, saludo la actitud de los miembros de mi Alma Mater, quienes con inteligencia han sabido mostrar el camino que conduce al éxito.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 OBJETIVO

Establecer: 1) Estrategias óptimas de mantenimiento, 2) Procedimientos estándares de operación y propuestas de modificación para una planta que se encuentre en etapa de construcción y que no cuente, además, con suficiente información relativa a los modos de falla. Todo ello, a través de una metodología formal que permita obtener el mayor rendimiento de nuestros activos.

Así al final de la implementación poder obtener:

- Una disponibilidad de planta mayor a 92%, después del 1er mes de operación
- Mejor aprovechamiento de los recursos de mantenimiento.
- Arranque de planta confiable.

1.2 METODOLOGÍA

Sigue la estructura lógica de aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad según la metodología RCM II - Aladon para un molino semiautógeno SAG de 32' x 34'.

El proceso del análisis está basado en la Norma SAE Standard JA1011, August 1999, "Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes". Los aspectos más relevantes que abarca esta metodología son los siguientes: Prioriza la preservación de la función del sistema por encima de mantener los equipos en operación. Ayuda a identificar las fallas funcionales que pueden presentar los componentes primordiales de un sistema, antes que identificar los modos de falla que han sido experimentados. Selecciona, a las tareas de mantenimiento que están ligadas a la predicción o prevención efectiva de los modos de falla; antes que, a las tareas de mantenimiento que fueron generadas a partir de una serie de procesos - más o menos intuitivos - basados en argumentos como la experiencia, recomendaciones del fabricante, etc. Prioriza las tareas de mantenimiento basadas en el impacto o la manera cómo la falla repercute en el sistema. Desarrolla una estrategia técnicamente sustentada y un plan de Mantenimiento Proactivo. Determina los dispositivos que manifiestan fallas ocultas y determina un plan de búsqueda de fallas. Sustenta técnicamente el plan de Mantenimiento Predictivo.

Realiza propuestas de Rediseño. Garantizar sosteniblemente la Disponibilidad y Confiabilidad del Molino SAG

Realiza mejoras y propuestas en los Procedimientos operacionales.

Desarrollo de las habilidades personales necesarias para estos fines.

Este análisis se desarrolla en la etapa de construcción de la planta. Para lo cual se ha usado información; manuales de fabricante, planos de proyectos (P&D, PFD, Piping, drawing), historia y experiencia de eventos en equipos similares en otras minas del Perú, Estados Unidos y Chile. Para poder desarrollar con éxito el RCM II es necesario una comprensión profunda del funcionamiento de la planta y de todos los elementos de la planta, especialmente de todos los dispositivos de seguridad. El entregable final del análisis será: La identificación de las estrategias de mantenimiento optimas, recomendaciones de rediseño y de procedimientos de operación que agreguen valor y estén enfocados en incrementar de manera sostenida la confiabilidad del sistema.

1.3 ALCANCE

Involucra 3 sistemas principales del Molino SAG:

1. Sistema de molienda proceso (todo lo que esta en contacto con el material)
2. Sistema motriz (gearless)
3. Sistema de lubricación

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 PROCESO GOLD MILL

2.1.1 Proceso de Molienda

El objetivo del proceso de molienda, es continuar reduciendo el tamaño de las partículas que componen el mineral, para obtener una granulometría máxima de 180 micrones (0,18 mm), la que permite – finalmente - la liberación de la mayor parte de los minerales en forma de partículas individuales.

Se realiza utilizando grandes equipos giratorios o molinos de forma cilíndrica, en dos formas diferentes: molienda convencional o molienda SAG. En esta etapa, al material mineralizado se le agrega agua en cantidades suficientes para formar un fluido lechoso y los reactivos necesarios para realizar el proceso siguiente.

Los procesos de chancado entregan un tamaño de partículas de 3/8", las cuales debe reducirse aún más de tamaño hasta

alcanzar aproximadamente los 10[μm]. Si bien es cierto que la etapa de molienda es necesaria, debemos considerar aquellos aspectos o razones por las cuales se hace necesaria esta etapa:

- Para alcanzar la adecuada liberación del mineral útil.
- Incrementar el área superficial por unidad de masa, de tal forma de acelerar algunos procesos físico-químicos.

Dependiendo de la fineza del producto final, la molienda se dividirá a su vez en sub etapas llamadas primaria, secundaria y terciaria.

El equipo más utilizado en molienda es el molino rotatorio, los cuales se especifican en función del Diámetro y Largo en pies (DxL).

Las razones de reducción son más altas en molinos que en chancadores, debido a esto en los molinos primarios son del orden de 5:1; mientras que en molinos secundarios y terciarios aumenta a valores de hasta 30:1

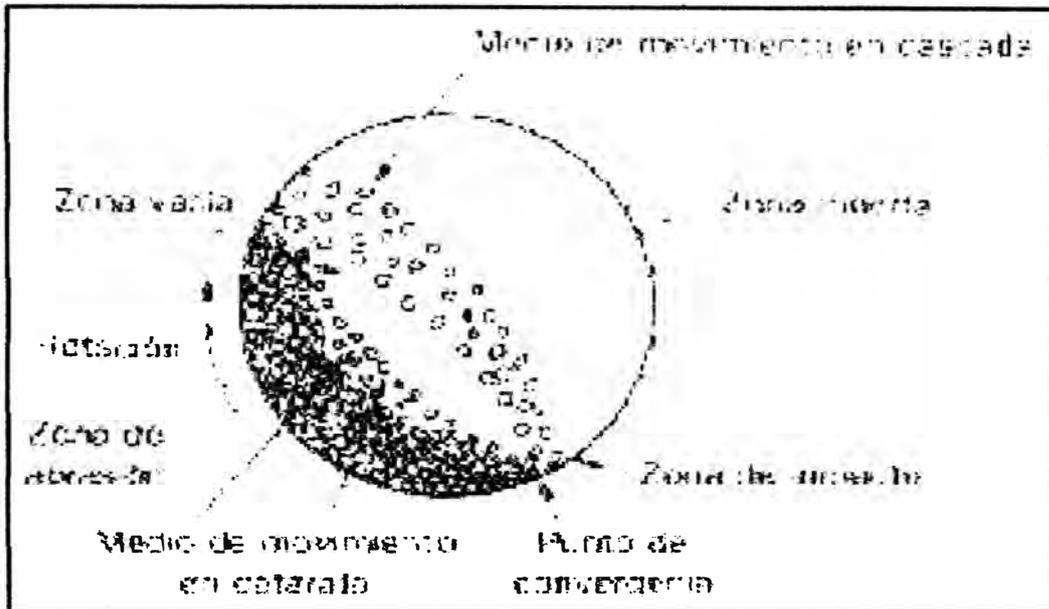


Figura 2.1 Esquema clásico de Molienda

2.1.2 Tipos de Molinos

Pueden en general realizarse en seco o en húmedo.

Molienda en Seco:

- Genera más finos.
- Produce un menor desgaste de los revestimientos y medios de molienda.
- Adecuada cuando no se quiere alterar el mineral (ejemplo: sal).

Molienda en Húmedo:

- Tiene menor consumo de energía por tonelada de mineral tratada.
- Logra una mejor capacidad del equipo.
- Elimina problema del polvo y del ruido.

- Hace posible el uso de ciclones, espirales, hameros para clasificar por tamaño y lograr un adecuado control del proceso.
- Hace posible el uso de técnicas simples de manejo y transporte de la corriente de interés en equipos como bombas, calerías, canaletas, etc.

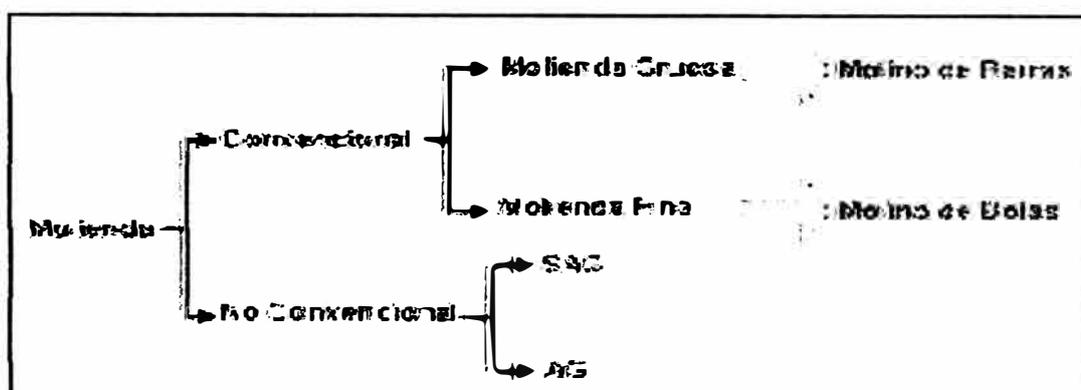


Figura 2.2 Tipos de Molienda

a. Molienda Convencional:

La molienda convencional se realiza en dos etapas, utilizando molino de barras y molino de bolas, respectivamente, aunque en las plantas modernas sólo se utiliza el segundo. En ambos molinos el mineral se mezcla con agua para lograr una molienda homogénea y eficiente. La pulpa obtenida en la molienda es llevada a la etapa siguiente que es la flotación.

a.1 Molienda de barras:

Este equipo tiene en su interior barras de acero de 3,5 pulgadas de diámetro que son los elementos de molienda. El molino gira con el material proveniente del chancador terciario,

que llega continuamente por una correa transportadora. El material se va moliendo por la acción del movimiento de las barras que se encuentran libres y que caen sobre el mineral. El mineral molido continúa el proceso, pasando en línea al molino de bolas.

a.2 Molienda de Bolas:

Este molino, cuyas dimensiones a modo de ejemplo son 16 x 24 pies (es decir, 4,9 m de diámetro por 7,3 m de ancho), está ocupado en un 35% de su capacidad por bolas de acero de 3,5 pulgadas de diámetro, las cuales son los elementos de molienda. En un proceso de aproximadamente 20 minutos, el 80% del mineral es reducido a un tamaño máximo de 180 micrones.

b. Molienda SAG:

La instalación de un molino SAG constituye una innovación reciente en algunas plantas. Los molinos SAG (SemiAutóGenos) son equipos de mayores dimensiones (36 x 15 pies, es decir, 11,0 m de diámetro por 4,6 m de ancho) y más eficientes que los anteriores. Gracias a su gran capacidad y eficiencia, acortan el proceso de chancado y molienda.

El mineral se recibe directamente desde el chancador primario (no del terciario como en la molienda convencional) con un tamaño cercano a 8 pulgadas (20 cm, aproximadamente) y se

mezcla con agua y cal. Este material es reducido gracias a la acción del mismo material mineralizado presente en partículas de variados tamaños (de ahí su nombre de molienda semi autógena) y por la acción de numerosas bolas de acero, de 5 pulgadas de diámetro, que ocupan el 12% de su capacidad.

Dados el tamaño y la forma del molino, estas bolas son lanzadas en caída libre cuando el molino gira, logrando un efecto conjunto de chancado y molienda más efectivo y con menor consumo de energía por lo que, al utilizar este equipo, no se requieren las etapas de chancado secundario ni terciario.

La mayor parte del material molido en el SAG va directamente a la etapa siguiente, la flotación, ó lixiviación es decir tiene la granulometría requerida bajo los 180 micrones, y una pequeña proporción debe ser enviada a un molino de bolas.

La razón largo/diámetro (L/D), define varios tipos de molino. En general se cumple que:

- En molinos horizontales convencionales $L/D = 1.2 - 1.8$
- Cuando $L/D = 4 - 5$ (molinos de tubo).
- Molienda AG y SAG, $L/D < 1$

El término molino SAG es la sigla de molino para molienda semiautógena, lo que significa que toda la acción de molienda es realizada por el mineral que se tumba sobre sí mismo y la

reducción de tamaño se realiza mediante la acción del mineral que chanca y muele a otras partículas de mineral. En los molinos completamente autógenos no hay bolas de molienda.

En los molinos semiautógenos una parte de la molienda es autógena y una parte es realizada mediante bolas de molienda; de ahí el término semiautógeno.

A medida que la correa de alimentación del molino SAG deja el túnel del alimentador de correa, pasa por debajo de los buzones de almacenamiento de bolas de molienda del molino SAG. Las bolas de molienda se entregan y se agregan periódicamente al material en la correa de alimentación del molino SAG mediante los alimentadores de bolas; el mineral y las bolas de molienda descargan en el chute de alimentación del molino SAG donde también se agrega agua de proceso y se agrega lechada de cal al molino. El mineral, las bolas y el agua forman una catarata en el molino y el tamaño del mineral es reducido hasta que fluye a través de las parrillas de descarga ranuradas del molino, en el extremo de descarga del molino, en el chute de alimentación del molino SAG, se agrega agua de proceso en proporción al peso combinado de mineral nuevo que está siendo alimentado desde la pila de acopio de mineral y al material recirculado en las correas transportadoras de guijarros.

Un controlador del DCS ajusta automáticamente el flujo de agua para que se equipare a los cambios del tonelaje de alimentación del molino, dando por resultado una densidad especificada de la pulpa en el molino SAG, normalmente, la densidad de la pulpa en el molino SAG está en el rango del 68 al 72 por ciento de sólidos (un 70 por ciento es equivalente a una proporción de 7 gramos de mineral en 3 gramos de agua).

El molino gira, tumbando violentamente su contenido, la molienda dentro del molino consiste en una combinación de ruptura del mineral a través de la acción de tumbar, apretar o golpear el mineral entre las bolas y la abrasión de las partículas raspándose entre sí y contra las bolas, pero en el molino SAG, la molienda por abrasión es mínima manteniendo el nivel correcto de carga en el molino es uno de los factores más importantes para una molienda eficaz

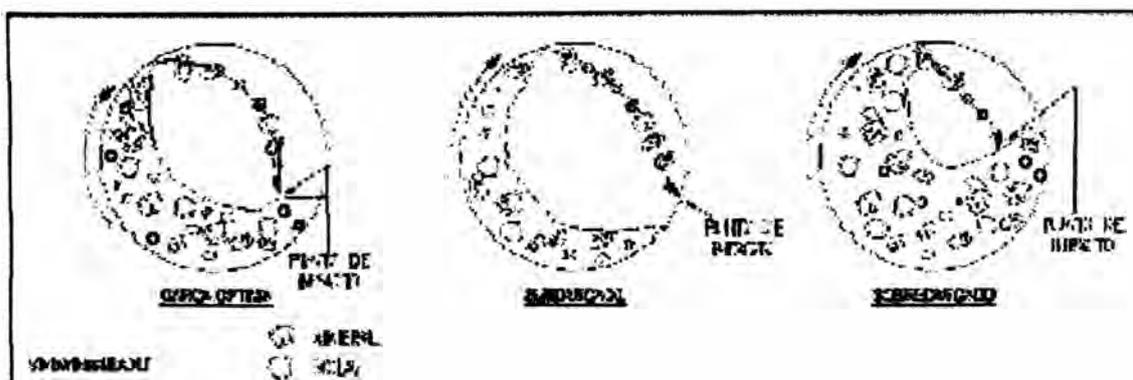


Figura 2.3 Esquema de molienda SAG a diferentes regímenes

El molino SAG es una combinación de Molienda AG más una carga reducida de bolas (de 6% a 11% del volumen interno del molino).

Ambas operan generalmente en húmedo lo que evita los problemas de moler en seco que son:

- Dificiles de controlar.
- Problemas ambientales (polvo, ruido, etc.)

En molienda AG la alimentación debe estar compuesta de una suficiente cantidad de rocas grandes que se muelan a lo menos con igual velocidad que las partículas pequeñas.

Para que una molienda AG sea factible, la mena tiene que tener una cantidad abundante de material de gran tamaño (a lo menos 1/4 del material debe tener trozos sobre 6" a 8" de diámetro). Además, estos trozos deben ser lo suficientemente durables como para desgastarse en forma lenta y los finos deben romperse con mayor facilidad que los trozos grandes.

En la molienda AG se presenta un tamaño que es demasiado pequeño para ser medio de molienda pero muy grande para ser fracturado por otras rocas. Este es el llamado tamaño crítico y normalmente varía entre 3/4" a 2". A este tamaño se le llama Pebbles.

Si este rango de tamaño, es decir; si este material es difícil de fracturar, se empezará a acumular en el interior del molino disminuyendo la capacidad de molienda del equipo.

2.1.3 Ventajas y Desventajas de Molino SAG

La comparación que vamos a establecer es respecto de la molienda convencional. Los procesos de chancado y molienda se pueden clasificar como estándares en plantas de beneficio tradicionales, en este contexto se pueden determinar circuitos típicos, a objeto de definir una comparación y sobre este concepto precisar las ventajas y desventajas de la Molienda SAG versus la Molienda Convencional.

Un circuito típico de Molienda SAG esta constituido por las siguientes líneas de proceso en serie (con recirculación de sobre tamaño):

- Chancado Primario – 1 equipo
- Molino SAG – 1 a 2 equipos
- Molino de Bolas – 2 a 4 equipos

Un circuito típico de Molienda Convencional está constituido por las siguientes líneas de proceso en serie (con recirculación de sobre tamaño):

- Chancado Primario – 1 equipo
- Chancado Secundario – 1 equipo
- Chancado Terciario – 1 a 2 equipos
- Molino de Barras – 2 a 4 equipos
- Molino de Bolas – 6 a 10 equipos
- Molino Unitario 6 a 12 equipos

En base a lo planteado precedentemente para Molienda SAG v/s Convencional, se identifican las siguientes ventajas:

- Menor área requerida para la disposición de equipos.
- La molienda SAG tiene menos etapas de proceso, chancado secundario y terciario, lo cual simplifica tanto el diseño como la operación.
- Diseño: Permite un layout mas simple.
- Operación: Hay menos equipos que “atender” por lo tanto requiere menos operadores en terreno
- Menor consumo de acero en elementos de molienda, 6% a 12% para llenado del molino SAG, comparado con un 30% a 40% de molienda convencional.
- Menor consumo de energía específica, por tonelada de mineral tratada.
- La Molienda SAG tiene menos variables que controlar (mediante sistema de control) lo que además permite la aplicación de mayores niveles de Control Automático, Experto y Optimizante lo cual se traduce en que permanentemente se está tratando de sacar el máximo de rendimiento al equipo.
- Permite mejor tratamiento de materiales arcillosos y de alta humedad debido a la ausencia de harneros.

De igual forma, en base a lo planteado precedentemente para Molienda SAG v/s Convencional, se identifican las siguientes desventajas:

- Se debe realizar chancado de pebbles y en ocasiones pre-chancado.
- Regularmente se presenta inestabilidad operacional, dependiendo de la cantidad de finos que provienen del mineral.
- Mayores tiempos de detención por manutención, lo que se traduce en menor disponibilidad global de la planta, normalmente se paraliza toda la planta o la mitad, dependiendo si hay uno o dos molinos SAG. Pero, en ciertos casos, beneficia la planificación de la manutención para los casos como suministro de agua, de energía, disposición de relaves, donde se requiere detención total de las instalaciones.
- Para un óptimo aprovechamiento de la potencia disponible y mínimo consumo de medios de molienda se requiere permanentemente una adecuada calidad (granulometría y dureza) de la alimentación a la molienda SAG que “usa” al mineral como contribuyente importante a la conminución.

Como una conclusión general y en base a la experiencia conocida de Molienda SAG y Molienda Convencional, de acuerdo a los antecedentes históricos y a avances tecnológicos recientes, se puede señalar que en la actualidad existe la tendencia, en ciertos casos, a volver a la molienda convencional, utilizando molinos de bolas unitarios, por razón que ya no hay limitantes de tamaño de los motores de molinos

de bolas, lo cual era una problemática que no tenía solución hace algunos años atrás, que fue cuando precisamente se desarrolló la molienda SAG.

La molienda semi-autógena está ampliamente difundida en todo el mundo. Ha sido por años el proceso de disminución de tamaño de minerales más usado en lo que a capacidad de tratamiento se refiere.

El concepto de "gigantismo" que trajo como consecuencia desde sus inicios ya es también válido para otros equipos.

La molienda, en general, es un proceso tremendamente ineficiente desde el punto de vista energético. Un molino sin carga de mineral consume prácticamente la misma energía que un molino cargado. Sin embargo el consumo de acero en los medios de molienda y revestimientos aumenta considerablemente.

Se ha intentado nuevas tecnologías de molienda (fractura por plasma, conminución criogénica, molinos cerámicos, molinos de bolas vibratorios, etc.) con éxito bastante relativo.

La única opción innovadora que ha probado ser exitosa, en algunos minerales, es el molino de rodillos de alta presión (HPRM). Se alimenta con material producto de trituración

secundaria y su producto es una escama fácilmente disgregable en un molino de bolas.

Energéticamente es muy eficiente (toda la carga es obligada a pasar entre los rodillos) pero aún es discutible su disponibilidad mecánica por el tiempo de reemplazo de los rodillos. La situación empeora con materiales abrasivos.

La fractura se produce siguiendo los perfiles más débiles que muchas veces coinciden con los límites de granos. Esto puede favorecer la liberación de la especie útil en la etapa posterior de concentración

CAPITULO 3

ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

3.1.1 Introducción

La idea del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

Este trabajo introduce una filosofía que provee justamente ese esquema de trabajo. Se llama Reliability Centred Maintenance, o RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).

Si se aplica correctamente, RCM transforma la relación entre el personal involucrado, la planta en sí misma, y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla. También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria a gran velocidad, seguridad y precisión.

3.1.2 La evolución del mantenimiento

Como todo proceso en evolución, el dominio del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica.

3.1.2.1 La primera Generación

La primera Generación cubre el período hasta la II Guerra Mundial. Es esos días la industria no estaba muy mecanizada,

por lo que los períodos de paradas ni importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

3.1.2.2 La Segunda Generación

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del concepto del mantenimiento programado. En los años 60 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planeación del mantenimiento. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

3.1.2.3 La Tercera Generación

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

3.1.2.4 Nuevas expectativas:

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento. Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando

continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

3.1.2.5 Nueva Investigación

Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

3.1.3 Cambio de Paradigmas

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar. Al presente, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues.

Al final de los 1950s, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los

viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. En esos días, "mantenimiento" significaba una cosa: reparaciones periódicas.

Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones: después de que el desgaste se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones.

Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducían y por el contrario se incrementaban.

La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la

aviación comercial “La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos – y para manejar las consecuencias de sus fallas. De estos procesos, el RCM es el más directo.

3.2 El RCM

Fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “ Reliability Centered Maintenance” / “

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso. Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of América – Asociación de Transportadores Aéreos de los USA).

En 1980, la ATA produjo el MSG – 3, Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas. El MSG – 3

fue influenciado por el Libro de Nowlan y Heap (1978). El MSG – 3 ha sido revisado dos veces, la primera vez en 1988 y de nuevo en 1993, y es el documento que hasta el presente lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la nueva aviación comercial.

Tal como se menciono anteriormente en 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de falla en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenía sobre el mantenimiento.

La Figura muestra cómo el punto de vista acerca de las fallas en un principio era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”. Sin embargo se revela que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de falla sino seis diferentes.

3.2.1 Patrones de Falla (Industria Aeronáutica)

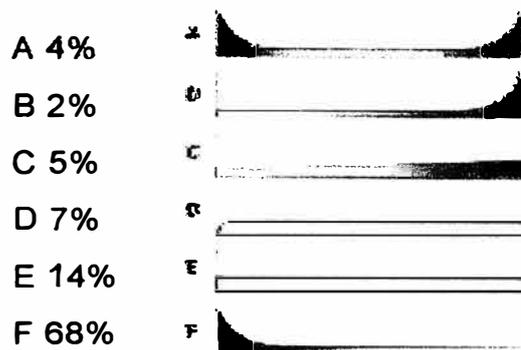
Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de las fallas de los equipos, como se muestra en la Figura 01, El gráfico muestra la probabilidad condicional de falla contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

El modelo A es la conocida "curva de la bañera". Comienza con una incidencia de falla alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste.

El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable.

El modelo D muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que El modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria). Finalmente El modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante.



Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2% con el B, el 5% con el C, el 7% con el D, el 14% con el E y no menos del 68% con el modelo F. En general, los modelos de las fallas dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. (El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria). Pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos más veces se encontrarán los modelos de falla (E y F).

No todas las fallas son iguales. Las consecuencias de las fallas y sus efectos en el resto del sistema, la planta y el entorno operativo en el cual ocurre. Las investigaciones sobre los modos de falla revelan que la mayoría de las fallas de los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán en alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza. Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que

llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla.

Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de las fallas en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

3.2.2 RCM

Como en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento. Estas teorías también se han ampliado con estudios efectuados en grandes flotas de transporte urbano, y aunque no se pueden aplicar a la totalidad de una fábrica u otra empresa, debido a la falta de homogeneidad en los equipos instalados a las grandes diferencias entre fábricas y a la carencia de organismos que regulen, que coordinen y tengan autoridad en lo que respecta a la práctica del mantenimiento. No es que las bases teóricas globales, estén vedadas a las fábricas u otras empresas, pero a la vista de la situación general y a la necesidad de atender

prioritariamente los problemas inmediatos y de medio plazo, la experiencia es el mejor camino. Ante esta situación, puede ser de primera necesidad el conseguir y seguir un método que pretenda únicamente unificar criterios dentro de una misma organización. Criterios que, como primer caso, se basen en la lógica y el conocimiento de los equipos y de sus misiones. Son los mismos parámetros que se aplican a diario, pero sistematizados para obtener una mayor uniformidad. El plan así diseñado, puede ser un buen punto de partida para que posteriormente sea afinado y retocado con aportaciones de mayor nivel.

Algunos diccionarios definen mantener como la causa para continuar o para mantener en un estado existente. Ambas definiciones ponen de manifiesto que el mantenimiento significa la preservación de algo.

Pero cuando se tiene que tomar la decisión de mantener algo, ¿qué es lo que se desea causar que continúe? ¿Cuál es el estado existente que se desea preservar? La respuesta a estas preguntas puede encontrarse en el hecho de que todo elemento físico se pone en servicio para cumplir una función o funciones específicas. Por lo tanto, cuando se mantiene un equipo, el estado en que se desea preservarlo debe ser aquel en el que se desea que continúe para cumplir la función determinada.

Mantenimiento: Asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

Claramente, para que esto sea posible, los equipos deben ser capaces de cumplir esas funciones previstas. Esto es porque el mantenimiento - el proceso de "causar que continúe" solamente puede entregar la capacidad incorporada (confiabilidad inherente) de cualquier elemento. No puede aumentarla. En otras palabras, si cualquier tipo de equipo es incapaz de realizar el funcionamiento deseado en principio, el mantenimiento por sí solo no puede realizarlo. En tales casos, debemos modificar los elementos de forma que pueda realizar el funcionamiento deseado, o por el contrario reducir nuestras expectativas.

RCM se llama Mantenimiento centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente.

No se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los activos y sistemas que la brindada por sus diseñadores. Cada componente tiene su propia y única combinación de modos de falla, con sus propias intensidades de falla. Cada combinación de componentes es única y las fallas en un componente pueden conducir a fallas en otros componentes.

Cada sistema opera en un ambiente único consistente de ubicación, altitud, profundidad, atmósfera, presión, temperatura, humedad, salinidad, exposición a procesar fluidos o productos, velocidad, aceleración, entre otros. La función determinada de cualquier equipo puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando (el contexto operacional). Como resultado de esto, cualquier intento de formular o revisar las políticas de mantenimiento deberían comenzar con las funciones y los estándares de funcionamiento asociados a cada elemento en su contexto operacional presente. Esto lleva a la siguiente definición formal de RCM:

Reliability Centered Maintenance: Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Una definición más amplia de RCM podría ser "un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continua desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente".

3.2.3 EL RCM: Siete Preguntas Básicas

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué

tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y deciden cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno. Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

- Cuáles son las funciones?
- De qué forma puede fallar?
- Qué causa que falle?
- Qué sucede cuando falla?
- Qué ocurre si falla?
- Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

3.2.4 Funciones y sus estándares de funcionamiento

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento

funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

3.2.5 Fallas funcionales

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

3.2.6 Modos de falla (causas de falla)

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.

Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

3.2.7 Efectos de las fallas

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario. El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora Enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

3.2.8 Consecuencias de las Fallas

Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva,

también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas.

RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

- **Consecuencias de las fallas no evidentes:**

Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

- **Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente:**

Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

- **Consecuencias Operacionales:**

Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

- **Consecuencias que no son operacionales:**

Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin

embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

3.2.9 Tareas de mantenimiento

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.

Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. El reconocimiento de estos hechos ha

persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias.

RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

3.2.9.1 Tareas “A Condición”:

La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderos fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los

elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

3.2.9.2 Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica:

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla.

Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es una garantía. Si no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición "como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo

entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

Con frecuencia es difícil de determinar la frecuencia de las labores. Para los propósitos de este informe, es suficiente con reconocer que la historia de la falla es un determinante principal. Usted debe reconocer que las fallas no sucederán exactamente cuando se fueron predecidas, de manera que usted debe permitir algún margen de tiempo. Reconozca también que la información que usted está usando para basar su decisión puede ser errónea o incompleta. Para simplificar el próximo paso, el cual supone el agrupado de tareas similares, ello tiene sentido para predeterminar un número de frecuencias aceptables tales como diarias, semanales, unidades producidas, distancias recorridas o número de ciclos operativos, etc. Seleccionar aquellos que están más cerca de las frecuencias que su mantenimiento y sus historia operativa le ordena tiene sentido en realidad.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM. El RCM también ordena las tareas en un orden descendiente de

prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

3.2.9.3 Acciones a “falta de”

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente solo valdrá la Pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.

En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque usted podría estar reemplazando con otro

componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta. Si tal prueba no es posible se debe rediseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta.

Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción "a falta de" secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de ese falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo.

Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse. Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo

vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión "a falta de" será el no mantenimiento sistemático. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión "a falta de" secundaria sería rediseñar de nuevo). En otras palabras en el caso de fallas que no están ocultas y en las que no se puede predecir con suficiente tiempo para evitar la falla funcional y no se puede prevenir la falla a través del uso o realizar reemplazos con base en el tiempo es posible puede o re – diseñar o aceptar la falla y sus consecuencias. Si no hay consecuencias que afecten la operación pero hay costos de mantenimiento, se puede optar por una elección similar. En estos casos la decisión está basada en las economías – es decir, el costo de re – diseñar contra el costo de aceptar las consecuencias de la falla (tal como la producción perdida, costos de reparación, horas extras, etc.).

- De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Si no son justificables, la decisión inicial "a falta de" sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de

reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de “arriba-abajo” significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios.

También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

Si esto compara el enfoque gradual tradicional de abajo a arriba. Tradicionalmente, los requerimientos del mantenimiento se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar de nuevo que en diferentes condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta en un gran número de planes que no sirven para nada, no porque sean “equivocados”, sino porque no consiguen nada.

El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos como está funcionando hoy, y no como debería de estar o puede que esté en el futuro.

Después analizar los modos de falla a través de la lógica mencionada anteriormente, los expertos deben luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para el sistema. Este es el "producto final" del RCM. Cuando esto ha sido producido, el encargado del mantenimiento y el operador deben continuamente esforzarse por optimizar el producto.

3.2.10 El Personal Implicado

El proceso del RCM incorpora siete preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas estas preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas sólo pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de los mismos. Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM.

El uso de estos grupos no sólo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

3.2.11 Los Facilitadores

Los grupos de revisión del RCM trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado en el RCM, que se conoce como un facilitador. Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del RCM. Su papel es asegurar que:

- Se aplique el RCM correctamente (que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan.).
- Que el personal del grupo (especialmente el de producción y mantenimiento) consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuales son las respuestas a las preguntas formuladas.
- Que no se ignore cualquier componente o equipo.
- Que las reuniones progresen de forma razonable
- Que todos los documentos del RCM se llenen debidamente.

3.2.12 Los Beneficios a Conseguir por RCM

¿Qué puede lograr el RCM?

El RCMII ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas sistemáticas apropiadas.
- Menos fallas causados por un mantenimiento innecesario.

Mejores rendimientos operativos, debido a:

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.

- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fácil de solucionar y menos costosas
- Menos problemas de “desgaste de inicio” después de las interrupciones debido a

Que se eliminan las revisiones innecesarias.

- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallas inherentes a ellos.
- La eliminación de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta.

Mayor Control de los costos del mantenimiento, debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de las fallas)
- La prevención o eliminación de las fallas costos.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva
- Menor necesidad de usar personal experto caro porque todo el personal tiene mejor conocimiento de las plantas

- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición (“condition monitoring”)
- Además de la mayoría de la lista de puntos que se dan más arriba bajo el título de “Mejores rendimientos operativos”.

Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.

Una amplia base de datos de mantenimiento, que:

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.
- Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos
- Conduce a la realización de planos y manuales más exactos
- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno o una nueva tecnología) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

Mayor motivación de las personas, especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión. Esto lleva a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “compartir” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones.

También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

Mejor trabajo de equipos, motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.

Esto mejora la comunicación y la cooperación entre:

- **Las áreas:** Producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- **Personal de diferentes niveles:** los gerentes los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- **Especialistas internos y externos:** los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

Muchas compañías que han usado ambos sistemas de mantenimiento han encontrado que el RCM les permite conseguir mucho más en el campo de la formación de equipos que en la de los círculos de calidad, especialmente en las plantas de alta tecnología.

Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento, y muchos ya son la meta de los programas de mejora. Lo importante del RCM es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez, y

para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos.

El RCM produce resultados muy rápidos. De hecho, la mayoría de las organizaciones pueden completar una revisión del RCM en menos de un año utilizando el personal existente. La revisión termina con una recopilación de la documentación, fiable y totalmente documentada del mantenimiento cíclico de todos los elementos significativos de cada equipo de la planta. El RCM se desarrolló originalmente para reunir los programas de mantenimiento para los nuevos tipos de aviones antes de que estos entraran en servicio. Como resultado de ello, es apropiado para el desarrollo de los programas de mantenimiento para los nuevos equipos de todo tipo, especialmente equipos complejos para los que no se tiene casi o ninguna información.

El RCM ha existido por aproximadamente 30 años. Empezó con los estudios de las fallas ocurridas a las aerolíneas en los 1960s para reducir la cantidad de trabajo de mantenimiento requerido para lo que para entonces era la nueva generación de grandes y amplias aeronaves. A medida que se fabricaban aeronaves de mayor tamaño y tenían más partes y por lo tanto más cosas iban mal, era evidente que los requerimientos de mantenimiento crecerían en forma similar y se comerían el tiempo de vuelo que era necesario para generar utilidades. En

el extremo, la seguridad podría haber sido muy costosa para lograrse y podría haber hecho del volar una actividad no económica. El éxito de la industria de la aviación comercial en incrementar las horas de vuelo, la drástica optimización de su récord de seguridad y el hecho de mostrarle al resto del mundo que es posible un enfoque de mantenimiento casi enteramente proactivo, todo ello testifica para el éxito del RCM.

Las nuevas aeronaves que tenían su mantenimiento determinado usando EL RCM requerían menos horas – hombres de mantenimiento por hora de vuelo.

Desde los 1960, el desempeño de la confiabilidad de las aeronaves se ha optimizado en una forma drástica. El RCM también ha sido usado exitosamente por fuera de la industria de la aviación comercial. Los proyectos militares frecuentemente mandan el uso del RCM porque él permite a los usuarios finales experimentar la clase de desempeño de equipos altamente confiable que experimentan las aerolíneas.

La industria de la minería opera típicamente en sitios remotos que están lejos de las fuentes donde se consiguen las partes y los materiales para realizar labores de reemplazo. En consecuencia, los mineros quieren alta confiabilidad y disponibilidad de sus equipos – mínimo tiempo de inactividad y máxima producción del equipo. El RCM ha sido útil en la

optimizar la disponibilidad de las flotas de camiones transportadores y otros equipos al tiempo que reducen los costos de mantenimiento para partes y la labor y tiempo de inactividad para el mantenimiento planificado.

El RCM también ha sido útil en las plantas químicas, refinerías, plantas de gas, bombas y compresores remotos, refinado y fundición de metales, acerías, fábricas donde se trabaja el aluminio, pulpa de papel, operaciones para la conversión de papel fino, procesado de alimentos y bebidas y cervecerías. Cualquier sitio donde la alta confiabilidad y la disponibilidad son importantes es un sitio donde hay una potencial aplicación para el RCM.

Si el RCM se usa correctamente para volver a evaluar los requisitos de mantenimiento de los equipos existentes, transformará ambos requisitos y la forma en que se percibe la función del mantenimiento como operación total. El resultado es un mantenimiento menos costoso, más armonioso y más eficaz.

3.3 MODELO DE GESTIÓN DE ACTIVOS

3.3.1 Pirámide de la excelencia

3.3.1.1 Gestión y liderazgo

La dirección, es una habilidad importante también para mecánicos y expertos en mantenimiento y reparaciones. Sin embargo a menudo no se piensa en facilitar educación en Gestión y mando de personas a estos expertos.

El típico supervisor ha recibido promoción por su actitud técnica y capacidad de trabajo sólo o en equipo. Con todo, puede no tener ninguna habilidad inherente para dirigir.

Un director de mantenimiento con buenos conocimientos técnicos, pero sin habilidad para liderazgo, administración, presupuestos y control de la productividad, puede ser un estorbo.

La mayoría del personal no nacen líderes, se les tiene que enseñar.*

Nuestros Fundamentos

- Una efectiva administración de los activos requiere establecer las bases sólidas del Liderazgo, Control, Mejoramiento Continuo y Rediseño de Procesos.
- Evaluamos la gestión de los activos en diez dimensiones como se muestra en la Pirámide de Excelencia en la Gestión de Activos.

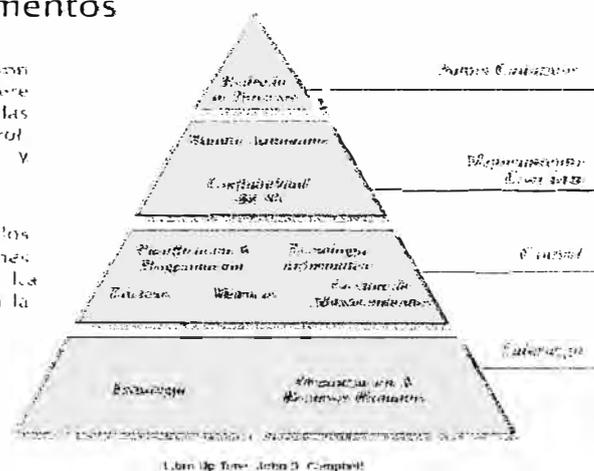


Figura. 3.1 Pirámide de la excelencia

3.3.1.2 Aplicación del modelo de procesos

El primer paso en la reingeniería de la gestión del mantenimiento es dejar de pensar de él como función, disciplina, o «silo» profesional. La gestión del mantenimiento empieza con una necesidad, a menudo expresada por un «cliente», y termina con la satisfacción de éste. El proceso de mantenimiento es lo que hace esto posible.

Según un modelo de negocio de mantenimiento. Podemos identificar 6 procesos. El proceso empieza con la identificación de lo que tiene que hacerse y concluye analizando por qué ha tenido que hacerla en primer lugar

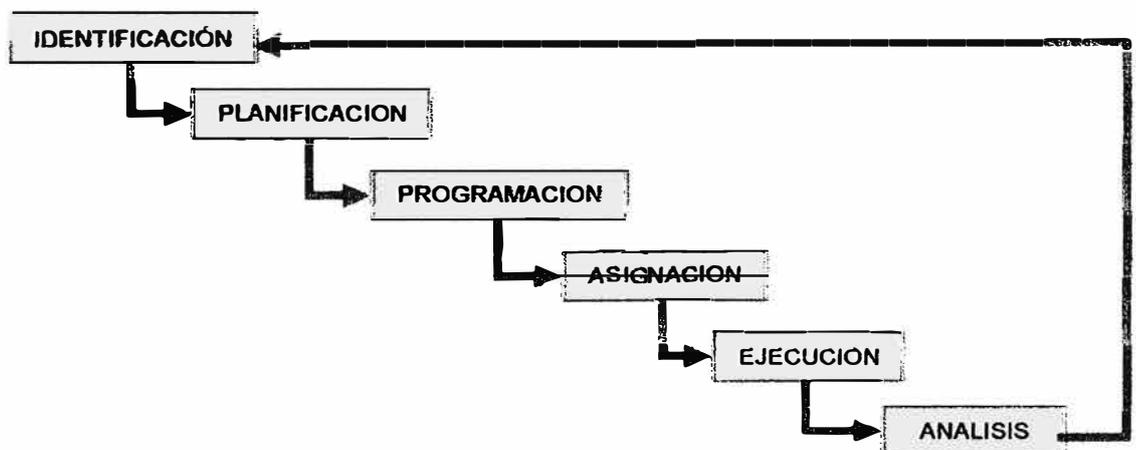


Figura 3.2 Procesos de mantenimiento

3.3.1.3 Identificación

Establece la necesidad de realizar un trabajo de mantenimiento. La necesidad puede surgir de algo tan simple como las vibraciones o ruidos de un cojinete o de algo tan complejo como interpretar las tendencias de un gráfico de vibraciones. Las observaciones, si son

aleatorias, tienen baja probabilidad de captación de un problema antes de que éste se convierta en costoso. Es mucho mejor programar inspecciones por operarios que conozcan bien los equipos y sean sensibles a su estado.

Como su automóvil familiar, éste se beneficiará de la limpieza, lubricación y ajustes regulares, y de la observación regular de señales de anormalidad o rendimientos irregulares. Estos son puntos importantes como señales tempranas de problemas, y pueden ayudarte a decidir dónde debe posicionarse un trabajo en la «cola de reparaciones».

3.3.1.4 Planificación

La planificación debe asegurar que se consideran (y de esta forma más adelante se podrán disponer) de todos los recursos necesarios para hacer el trabajo (la programación verificará la disponibilidad e indicará cuándo hacerla). Las tareas más obvias de la planificación son determinar lo que tiene que hacerse, en qué secuencia, y con qué habilidades. Son usualmente necesarios piezas, componentes y materiales, y a menudo no están inmediatamente a mano. A veces, son necesarios recursos o elementos extraordinarios, incluyendo planos de ingeniería, contratistas externos, herramientas especiales, o equipo móvil. Puede también requerirse tener en cuenta reglamentos de seguridad.

Por supuesto, el planificador debe ser alguien que tenga los conocimientos técnicos y la experiencia probada en planta para ser creíble por los que ejecutan el plan. El planificador debe ser capaz de emplear eficazmente estándares y procedimientos que ayuden a especificar el trabajo y a estimar su duración. Finalmente, debe estimar el costo global, hacer proyecciones de flujo de caja o efectivo (cash flow) y adoptar decisiones del tipo reparar ó reemplazar.

3.3.1.5 Programación

En análisis final, la programación es una cuestión de disponibilidades. ¿Cuándo están disponibles las personas que tienen las calificaciones necesarias? ¿Se tienen ya las piezas que se requieren? ¿Se ha llegado a un acuerdo con producción para liberar al equipo durante cierto período?. Para programar al personal calificado, se tiene que averiguar uno a uno la carga de trabajo corriente, y después ver quién está enfermo, o en vacaciones, o siguiendo un curso de educación. Hay también trabajos obligatorios que, quizá, tienen o deben tener prioridad. Estos incluyen el mantenimiento preventivo, la carga normal de trabajos de emergencia, y trabajos planificados que ya se han iniciado.

Sobre la disponibilidad de repuestos, hay que verificar el estado del stock de las piezas necesarias en los almacenes o los plazos para reponer cualquier componente que falte. En muchos casos, hay serias discrepancias entre lo que indican los registros de stocks y lo que realmente hay en los estantes (verificación: es altamente

recomendable la confirmación visual hasta que se obtenga confianza en el sistema de control del stock y sus empleados). Para la programación del trabajo en los equipos, es necesaria una estrecha relación con los planificadores de la producción y los jefes de planta.

3.3.1.6 Asignación de tareas

Una vez que los trabajos han sido planificados y programados, se entrega esta información a la persona, área o grupo encargado de la ejecución de los trabajos. La asignación de trabajos depende de la organización habitual que se tenga de los recursos humanos. Por ejemplo, en las empresas más avanzadas, equipos de trabajo autónomos, autodirigidos hacen por sí mismos la mayor parte de los diagnósticos especializados y de las tareas de reparación. En las organizaciones más tradicionales, usualmente se delega la asignación de trabajos día a día al jefe del área o del proyecto. En cualquier caso, es usualmente útil que el equipo o el supervisor de los trabajos hagan por anticipado una planificación de tareas. Esta planificación debe facilitar un margen de flexibilidad ante emergencias, trabajos no planificados y fluctuaciones en el número de personas disponibles, es decir una planificación-programación al detalle y corto plazo.

3.3.1.7 Ejecución

Es realizar el trabajo. Equipos bien entrenados y motivados hacen girar el proceso de mantenimiento. Ellos añaden valor real -calidad, costo, tiempo y servicio -. Si el equipo de mantenimiento está

apoyado por sistemas efectivos, se le trata con equidad y se le facilita proceder con el trabajo, el resultado será una gestión del mantenimiento efectiva en costos.

3.3.1.8 Analizar

El trabajo no se ha terminado hasta que se hacen los registros de la ejecución. Como mínimo, el trabajo de mantenimiento realizado debe incorporarse al historial del equipo. Particularmente, si el trabajo ha sido especialmente relevante, debe rediseñar el mantenimiento preventivo y los procedimientos de operación de modo que no se repita la avería. Un análisis serio de los fallos y las respuestas a éstos, disminuirá el riesgo de repetir los mismos errores.

Este es el núcleo del proceso de gestión del mantenimiento. Sin embargo, muchas empresas parecen estar programadas para apretar sólo el botón de la ejecución. Las averías inesperadas son ciertamente retadoras, y las personas sienten un orgullo especial cuando resuelven un problema serio. Pero este método de gestión del mantenimiento deja poco tiempo para el pensamiento analítico y la planificación cuidadosa. El personal gusta a veces de sentir fluir la adrenalina, y de la satisfacción personal de poner bajo control al «dragón». Con todo, tenemos que considerar esta clase de conducta por lo que vale. Debe alabarse la diligencia en «apagar fuegos» y aconsejar a los adictos a las crisis, pero las cosas deben gestionarse de otra manera.

Un ejemplo de modelo de mantenimiento aplicado a una empresa minera es:

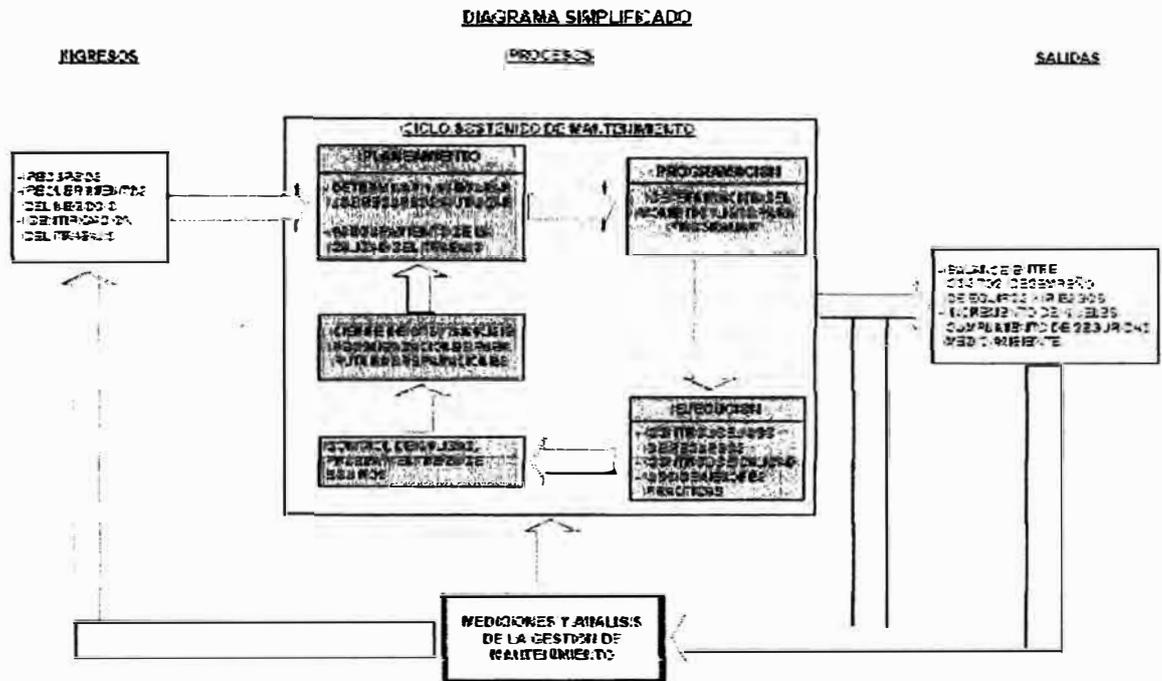


Figura 3.3 Ciclo sostenido de mantenimiento

3.3.2 Optimización del mantenimiento

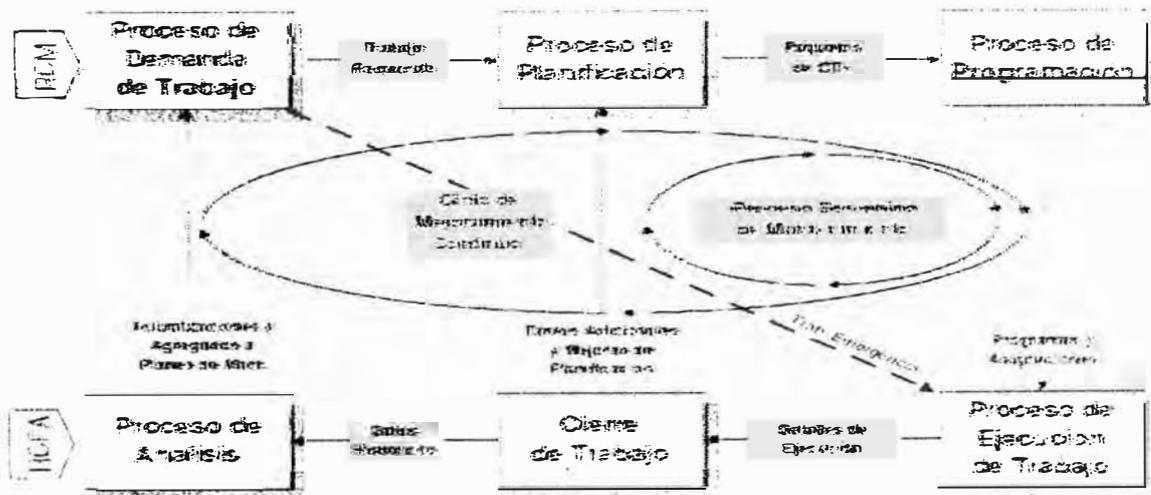


Figura 3.4 Optimización del Mantenimiento

3.3.3 Matriz de madurez

Tabla 3.1 Evaluación del Mantenimiento “de la excelencia a la inocencia”

CUADRICULA DEL NIVEL DE EXCELENCIA DEL MANTENIMIENTO									
	Estrategia	Gestión de recursos humanos	Planificación y programación	Tácticas de mantenimiento	Mediciones de funcionamiento	Tecnología de información	Implicación de empleados	Análisis de fiabilidad	Análisis de procesos
Excelencia	Definidas estrategias de equipos y mantenimiento	Personal polivalente	Planificación de ingeniería a largo plazo y de proyectos importantes	Todas las tácticas usadas se basan en análisis	Efectividad del equipo, bench marking; base de datos de costos	Plenamente integrada, base de datos común	Grupos autónomos de trabajo	Programas completos de análisis	Revisión regular de costos, calidad y tiempo de procesos
Competencia	Plan de mejora a largo plazo	Polivalencia parcial	Buena planificación, programación del trabajo, apoyo de ingeniería	Algo de CBM algo de PM. Pocas sorpresas	MTBF/MTTR; costos de mantenimiento separados	Completamente funcional, conectada con materiales / finanzas	Equipos de mejora continua	Aplicación de algo de FMECA	Alguna revisión de procedimientos de administración, ingeniería y oficinas
Comprensión	Plan de mejora anual	Grupos de oficinas mezclados descentralizados	Establecido grupo de planificación; ingeniería ad hoc	Inspecciones basadas en tiempo y uso	Paradas por causas; disponibles costos de mantenimiento.	Totalmente funcional, no conectada con otros sistemas	Comités de mejora de áreas de trabajo	Buena base de datos de fallos, bien usada.	Algunas revisiones de tácticas y procesos de reparación.
Conciencia	Plan de mejora PM	Centralización parcial de algunos oficinas	Apoyo en problemas; programación de inspecciones	Inspecciones basadas en tiempo	Algunos registros de paradas, costos de mantenimiento no segregados.	Programación de mantenimiento básico; algunos registros de componentes.	Alguna mejora, revisiones de Seguridad.	Se recogen datos, poco usados.	Revisión alguna vez del proceso de mantenimiento.
Inocencia	Mayormente reactivo a averías	Altamente centralizada	No planificación; poca programación; no ingeniería	Sólo inspecciones en parada anual	No enfoque sistemático; no disponibles costos de mantenimiento	Sistemas manuales o especiales ad hoc	Sólo reuniones dirección - sindicatos obligadas.	No registros de fallos.	Nunca se revisa.

CAPITULO 4

DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

4.1 CONFORMACION DEL EQUIPO DE TRABAJO:

Dado que una de las máximas del RCM II menciona que las políticas de mantenimiento deben ser formulados por el propio equipo de mantenimiento, para lograr así la sinergia. En este desarrollo han participado durante 5 días personal de las diferentes especialidades:

- Mantenedor mecánico
- Mantenedor eléctrico
- Lubricador (solo en el sistema de lubricación)
- Supervisor Eléctrico
- Planner de mantenimiento
- Supervisor de operaciones
- Operador de planta
- Especialista en molinos (durante 2 días)

4.2 CONTEXTO OPERACIONAL

4.2.1 Descripción Operativa del Proceso:

El circuito estará diseñado para tratar 5 mtpa de mineral, que

es equivalente a 620tph a 92% (8,059hrs por año) de disponibilidad.

El mineral va a ser chancado en el circuito existente de chancado en una planta de aglomeración con molienda primaria y transportado a una nueva pila nueva de mineral chancado.

El mineral chancado va a ser molido en un molino SAG de una etapa, con la presencia de soluciones de cianuro. La descarga del molino gravitará a través de un trómel, y el material demasiado grande pasa al molino mediante las fajas transportadoras. El material muy pequeño será bombeado mediante una sola bomba a los hidrociclones, y el underflow será reciclado al molino. La pulpa de rebose gravitará hacia un espesador de prelixiviación y al underflow del espesador, una densidad de 60 a 65% de sólidos será bombeada al circuito de lixiviación del oro.

La lixiviación del oro se iniciará en el molino debido a la presencia de cianuro, y se completará en el circuito de lixiviación, que se conformará de 6 tanques dispuestos en serie. Se tendrá un tiempo de resiliencia de lixiviación de 24 horas a 60% de sólidos.

Las pulpas de lixiviación de oro gravitarán a un circuito de

espesado CCD de 5 etapas para la separación sólido/líquido. Las altas eficiencias de lavado en los espesadores CCD generan altas recuperaciones de Au, Ag, Cu y CN⁻ en el rebose de solución rica, por lo que la pulpa de underflow de la etapa final estará disponible para la descarga al depósito de arenas de molienda sin necesidad de destrucción mediante cianuro. Las soluciones de lavado comprenderán la solución estéril del circuito de columnas de carbón.

Al momento de tratar los minerales de transición, las soluciones resultantes contendrán complejos de cianuro de cobre, siendo necesaria una etapa de eliminación de cobre. Un circuito SART –Sulfurización, Acidificación, Reciclado y Espesado- será incluido para precipitar el cobre (y la planta, el mercurio y otros metales base) como sulfuros. El precipitado de sulfuro será recolectado, drenado, empacado y vendido a las fundiciones locales para obtener ganancias por cobre y plata.

Este diagrama de bloques del proceso nos muestra una visión más panorámica

GOLD MILL BLOCK FLOWSHEET

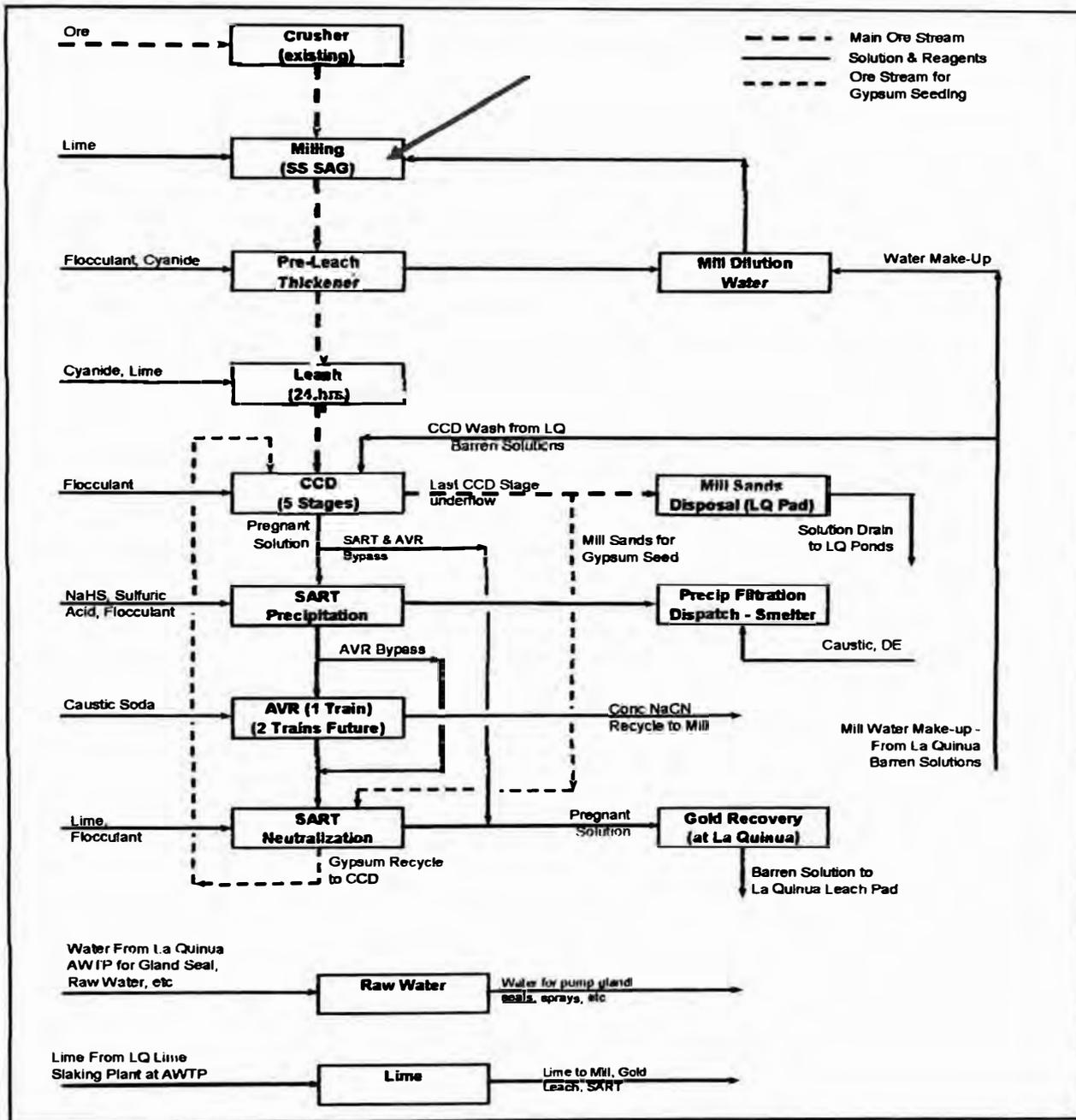


Figura 4.1 Diagrama de bloques de Gold Mill

La Descripción del Proceso en forma más detallada se puede Ver en el Apéndice A.

4.2.2 Descripción Operativa del Molino SAG:

El circuito de molienda molerá el mineral chancado en un tamaño de molienda nominal de 80% que pase 75 μ m. El circuito estará formado por un molino (SAG) de molienda semi-autógena de una sola etapa en un circuito cerrado con hidrociclones. El molino SAG estará equipado con un wraparound drive de 16.5 MW que proporciona capacidades completas de velocidad variable.

El mineral chancado será descargado desde la faja transportadora del alimentador del molino 1300-CV-12001 en el molino SAG 2100-ML-12001. El agua de proceso será agregada a la tolva utilizando un controlador de ratio para mantener una densidad constante de la pulpa dentro del molino SAG. Se espera que el molino SAG opere a una densidad de pulpa de, con 9 a 10% de bolas de carga y un total de volumen de carga de 25 a 28%. La pulpa de cal también será agregada a la tolva de alimentación del molino SAG para ajustar el pH de la pulpa en el circuito hasta 10.5. La medición del pH será hecha en el espesador previo a la pulpa.

La descarga del molino SAG pasará a través de una parrilla del trómel, con un sobre tamaño (más 10 mm de material) que se recicla en la faja transportadora de alimentación del molino utilizando las fajas transportadoras pebbles del molino de 750 mm

de ancho.

El circuito de clasificación operará en circuito cerrado con el molino. La pulpa de descarga del molino fluirá a través de la parrilla del trómel y gravitará hacia el sumidero de descarga del molino, donde será diluida con el agua de proceso hasta una densidad de aproximadamente 45% de sólidos y bombeada hacia los hidrociclones. La bomba de alimentación del ciclón será de una velocidad variable, estará controlada por la velocidad de flujo hacia el agrupamiento de ciclones, cuyo punto de ajuste dependerá de la cantidad de ciclones abiertos. El agua de dilución se añadirá para mantener un nivel constante en el sumidero de descarga del molino. La densidad de la velocidad de flujo de alimentación del ciclón modificará la velocidad de alimentación del molino SAG, si se alcanza un límite de densidad alta. El molino SAG será de velocidad variable, la cual puede variar hasta un máximo de 80% de velocidad crítica.

El molino SAG será un paquete del proveedor de ABB y METSO, que incluirá un sistema de control basado en Controlador ABB AS-800. Este sistema de control se comunicará con el DCS de la planta. Dentro del PLC impulsor del molino SAG, habrá varios algoritmos lógicos definidos por ABB para manejar el ciclo convertidor y el motor wraparound, y también otros controles lógicos definidos por METSO para manejar e interbloquear los auxiliares del molino SAG (lubricación, frenos, sello de grasa, etc.). Se puede encontrar una

descripción detallada de estos algoritmos lógicos en la filosofía de control de METSO y en la Descripción Funcional-Especificación Técnica ABB MLCP.

El DCS controlará el Molino SAG desde la consola en la sala de control, enviando comandos al PLC impulsor del Molino SAG, como comando START/STOP auxiliares del molino SAG; comando principal OPEN/CLOSE del disyuntor de control, START/STOP del molino SAG; Modo de Operación (Remoto o Local); dirección de rotación del Molino; punto de ajuste de Velocidad; reconocer Alarma; y selección de bomba de lubricación para operación/en reserva y Auto/man.

En modo remoto/local es fijado por el operador a través de un interruptor suave en la consola. En modo local, el control del molino SAG será conferido al Tablero de Control Local del Molino (MLCP) instalado cerca del molino en el campo, si la llave de contacto MLCP está en posición "Local". Si es así, el MLCP tendrá el control para operaciones manuales, arrastre, avance lento y mantenimiento. En tanto la llave de contacto MLCP esté en la posición Local, el MLCP se encargará del SAG sin tener en cuenta la configuración del interruptor suave en el DCS hasta que la llave de contacto MLCP se cambie a remoto. Si la llave de contacto MLCP está configurada en MODO SAFE, el molino SAG se detendrá y bloqueará. El control del molino volverá a MLCP cuando la llave de contacto MLCP se configure de regreso a las posición LOCAL, y volverá al cuarto de control cuando la llave de contacto MLCP se configure de regreso al posición REMOTE.

El DCS fijará cada una de las bombas como operativa o de reserva, cuando sea aplicable. Una bomba de lubricación operativa debe estar en modo auto y no puede ser colocada a modo local. Durante la operación normal/remote, las bombas de lubricación operativas estarán funcionando y las bombas de reserva pueden colocarse en modo manual o automático. El modo auto, la bomba de reserva estará lista para cambiar a operativa, según se requiera. Solamente en modo local, la bomba de lubricación de reserva activará los botones de avance gradual para propósitos de mantenimiento.

▪ **Descripción de los Lazos de Control**

FIC-2112001 Controlador de la Adición de Agua de Dilución del SAG

El FIT-2112001 transmisor de flujo magnético leerá el flujo de tasa de la adición del agua de dilución hacia la tolva de alimentación del molino SAG, y enviará su señal de producción al controlador de flujo FIC-2112001, que calculará y enviará su señal de producción a la válvula de disminución de flujo FCV-2112001 para ajustar el agua de dilución que va a agregarse al adaptador de la tolva de alimentación del molino SAG.

El controlador de flujo FIC-2112001 será llevado a cabo con un esquema de control convencional PID y recibirá un punto de ajuste remoto desde un cálculo explicado en el párrafo siguiente. Los parámetros de este controlador serán ajustados durante el periodo de puesta en marcha y encendido, utilizando la

característica disponible de auto-afinación en el DCS.

El objetivo final es controlar el porcentaje de agua en el flujo de alimentación del molino SAG KY-2112000, por lo tanto, el punto de ajuste remoto será calculado tomando en cuenta la cantidad total de agua y el tonelaje total en camino al molino. El tonelaje total de alimentación del molino es la suma total de: mineral de alimentación WI-1312053; velocidad de flujo de recirculación de pebles WI-2212015; y la velocidad de flujo desde el underflow del ciclón. El underflow del ciclón se calcula asumiendo un estado estable, lo cual significa que el mismo tonelaje seco de alimentación del molino está saliendo del circuito de molienda (rebose del ciclón), luego el rebose del ciclón será la velocidad de flujo de masa de alimentación del ciclón menos WI-1312053. Asumiendo que: el mineral de alimentación del molino SAG esté viniendo con 5% de agua, la humedad en el flujo de recirculación de piedras es 15% de agua y el underflow del ciclón tiene 75% de agua, luego la cantidad de agua que va dentro del molino es WI-2112001: 5% de WI-1312053 más 15% de WI-2212015 más 15% de $(FI-2112070 * DI-2112070 \text{ menos } WI-1312053)$. El tonelaje seco que va al molino es WI-2112002: 95% de WI-1312053 más 85% de WI-2212015 más 25% de $(FI-2112070 * DI-2112070 \text{ menos } WI-1312053)$.

La adición de agua requerida para el molino es el tonelaje total seco de alimentación del molino por el porcentaje requerido de

agua en el flujo de alimentación del molino menos la cantidad de agua ya incluida en los flujos de admisión, lo cual es:

FIC-2112001.Punto de ajuste = KY-2112000*WI-2112002 – WI-2112002

Las premisas con respecto al porcentaje de agua en cada corriente antes mencionada, KY-1312053 (% de agua en el mineral de alimentación), KY-2212015 (% de agua en las piedras) y KY-2112071 (% de agua en el underflow del ciclón) pueden ser modificadas por el supervisor de procesos.

AIC-3112004 Controlador de Adición de Cal

El transmisor de pH AIT-3112004 leerá el pH en el tanque de alimentación del espesador antes de la lixiviación 3100-BN-12001, y enviará su señal de producción al controlador de pH AIC-3112004, que calculará y enviará su señal de producción a la válvula Encendido/Apagado ACV-3112004 para ajustar la cal que será agregada al adaptador de la tolva de alimentación del molino SAG.

El controlador de pH AIC-3112004 será hecho con un esquema de control convencional PIC y recibirá un punto de ajuste local desde el operador en la sala de mando principal, con el fin de regular el pH de la pulpa dentro del circuito de molienda en 10.5. Los parámetros de este controlador serán ajustados durante el periodo de puesta en marcha y arranque, utilizando la

característica disponible de auto-afinación en el DCS.

La válvula ACV-3112004 es una válvula de Encendido/Apagado, y el controlador de pH AIC-3112004 proporcionará una señal digital cuya amplitud del ciclo de trabajo (periodo en posición abierta) variará de acuerdo con la señal de producción del controlador. Este esquema evita asentamientos de la cal en la válvula. El valor de la amplitud mínima del ciclo de trabajo será de 60 segundos y el tiempo entre los dos pulsos consecutivos (periodo completo) será de 120 segundos, pero estos dos valores serán ajustados durante la puesta en marcha y arranque.

HV-2112007 Agua de Pulverización hacia el Trómel

La válvula de On/Off HV-2112007 se abrirá automáticamente cuando el molino SAG 2100-ML-12001 esté operativo, con el fin de brindar agua de pulverización al trómel. Adicionalmente, el HV-2112007 se cierra automáticamente 30 segundos después de que el molino SAG 2100-ML-12001 se detiene. La velocidad de flujo será ajustada manualmente a través de una válvula de globo en la misma línea.

Controlador de Velocidad de Bomba de Alimentación del Ciclón

Como se mencionó anteriormente, el DCS contará los ciclones abiertos y multiplicará esta cantidad por 370 m³/h, el resultado será el punto de ajuste SY-2112063 al controlador de velocidad

de bomba de alimentación del ciclón (insertado en su VFD).

LSH/L-2112053 Controlador de la Bomba del Sumidero del Área del Molino

El transmisor del nivel ultrasónico LIT-2112053 leerá el nivel en el sumidero del área del molino. El DCS activará la bomba del sumidero 2100-PU-12004 cuando se alcance el LSH-2112053, y lo detendrá cuando se alcance el LSL-2112053.

El límite de nivel LSH-2112053 y LSL-2112053 será fijado en 80% y 25%, respectivamente, pero dichos valores serán ajustados durante el periodo de puesta en marcha y arranque.

Los límites de nivel alto-alto y bajo-bajo para la activación de la alarma LAHH/LL-2112053 estarán incluidos para decirle al operador en la sala de mando que un problema podría estar ocurriendo en ese sumidero particular.

Controlador de la Temperatura del Agua de Refrigeración

El sistema de agua de refrigeración comprenderá un circuito de agua de agua tratada, que será circulada por dos bombas 2100-PU-12005 y 12006. El circuito comprenderá un separador de aire 2100-SP12001 y dos enfriadores 2100-CT-12001/2. El agua fría será inyectada a los compresores: Cicloconvertidores: sistema de lubricación e impulso sin engranaje del molino SAG y luego será devuelta al circuito en el separador de aire. Ambos enfriadores

están instalados en configuración de series, con una línea derivándolos. La línea de desvío será provista con una válvula de globo regulada manualmente para fijar la temperatura final a los dispositivos que están siendo enfriados.

Habrá varios transmisores de temperatura que leerán la temperatura en diferentes puntos del circuito, como la corriente de admisión de separador de aire (TI-2112220); corriente de salida (TI-2112225) del Enfriador #1 2100-CT-12001; corriente de salida (TI-2112227) Enfriador #2 2100-CT-12002; y la salida de los enfriadores corriente del flujo de desvío de retorno (TI-2112235). Todos estos instrumentos enviarán sus señales de producción al DCS.

Cada enfriador recibirá desde el DCS un punto de ajuste remoto TY-2112225 (enfriador #1) y 227 (enfriador #2), que indicará la temperatura de salida meta al enfriador. El DCS regulará el punto de ajuste de cada enfriador con la finalidad de balancear la carga entre ellos.

Habrá válvulas de control de desvío de flujo instaladas en las líneas de agua de refrigeración, con la finalidad de regular el flujo en cada división (compresor, cicloconvertidor e impulsor del molino SAG). Esta configuración se hará manualmente durante el encendido.

Para evitar cambios en las bombas de agua de refrigeración que operan el punto, cuando los auxiliares del molino SAG no estén operando y las bombas estén enfriando los compresores solamente, está provista una válvula de desvío HV-2112251. Esta válvula se abrirá cuando los auxiliares del molino SAG se detengan, de manera que la velocidad de flujo de agua de refrigeración se mantendrá igual. Una válvula manual en serie con HV-2112251 permitirá regular el flujo de desvío.

- **Lista de enclavamientos**

ACV-3112004 se cierra cuando: (Adición de cal a la alimentación del molino SAG) se detiene 2100-ML-12001

FCV-2112051 se cierra cuando: (Dilución de agua al sumidero de descarga del molino) se alcanza LAHH-2112055

FV-2112065 se cierra cuando: (GSW hacia la bomba de alimentación de ciclones) se detiene 2100-PU-12001

FV-2112065 se abre antes de: iniciar 2100-PU-12001

HV-2112057 se inhibe de abrir cuando: se detiene 2100-PU-12001.

HV-2112080 se cierra cuando: (válvula de alimentación hacia la zaranda de residuos) se detiene 2100-SC-12002.

HV-2112081 se cierra cuando: (válvula de alimentación hacia la zaranda de residuos) se detiene 2100-SC-12003.

Estas dos válvulas HV-2112080 y 081 se conservarán cerradas siempre y cuando se detenga la correspondiente zaranda de residuos. Sin embargo, el comando de apertura,

cuando se arranca la correspondiente zaranda, será manualmente generado por el operador para evitar cualquier alimentación no deseada cuando se está evaluando la zaranda.

La bomba de alimentación del ciclón 2100-PU-12001 se detiene cuando: se alcanza LALL-2112055 (nivel de sumidero de descarga de molino bajo-bajo).

No está presente ZSL-2112056 (válvula de drenaje de sumidero no está cerrada)

No está presente ZSL-2112058 (válvula de drenaje de bomba de succión no está cerrada)

No está presente ZSL-2112059 (válvula de drenaje de bomba de descarga no está cerrada)

Está presente ZSL-2112057, 20 segundo después de que la bomba se enciende (válvula de admisión cerrada)

Está presente FALL-2112065 por más de 5 segundos (flujo de agua de prensaestopas bajo-bajo).

Está presente PAL-2112065 por más de 5 segundos (presión baja de agua de prensaestopas).

Está presente LAH-2112083 nivel alto de artesa de rebose de ciclón)

Hay menos de 5 ciclones abiertos

Esta condición: (ZSH-2112080 y 2100-SC-12002) o (ZSH-21121081 y 2100-SC-12003) no está presente (por lo menos operación de una zaranda de residuos y su correspondiente válvula de alimentación esté abierta)

La zaranda de residuos lineal 2100-SC-12002 se detiene cuando:

Se activa SAL-2112110 después de 5 segundos del arranque (Interruptor de baja velocidad)

Está presente ZAH-2112110 (Interruptor de desalineamiento)

Está presente HSA-2112110 (Cordón de tiro)

La zaranda de residuos lineal se detiene 2100-SC-12003 cuando:

Se activa SAL-2112120 después de 5 segundos del encendido (Interruptor de baja velocidad)

Está presente ZAH-2112120 (Interruptor de desalineamiento).

Está presente HSA-2112120 (Cordón de tiro)

▪ **Lista de configuración de alarma**

AAH-2112005: 5 ppm

AAHH-2112005: 10 ppm (activación de alarma con mensajes pre-grabados)

AAH-2112006: 5 ppm

AAHH-2112006: 10 ppm (activación de alarma con mensajes pre-grabados)

FAH-2112051: 2200 m³/h

FAL-2112051: 900 m³/h

LAHH-2112053: 95%

LSH-2112053: 80%

LSL-2112053: 25%

LALL-2112053: 15%

- LAHH-2112055: 90%
- LAH-2112055: 80%
- LAL-2112055: 35%
- LALL-2112055: 20%
- PAL-2112065: 260 kPag
- FAL-2112065: 7 m³/h
- FALL-2112065: 5 m³/h
- FAH-2112070: 4500 m³/h
- FAL-2112070: 3000 m³/h
- DAH-2112070: 1.53 gr/cm³
- DSH-2112070: 1.5 gr/cm³
- DAL-2112070: 1.2 gr/cm³
- PAH-2112075: 103.4 kPag
- PAL-2112075: 68.8 kPag
- LAHH-2112130: 95%
- LSH-2112130: 80%
- LSL-2112130: 25%
- PAH-2112239: 750 kPag
- PAL-2112239: 600 kPag
- TAH-2112220: 27 °C
- TAL-2112220: 18 °C
- TAH-2112225: 14 °C
- TAL-2112225: 9 °C
- TAH-2112227: 7 °C
- TAL-2112227: 2 °C

- TAH-2112235: 16 °C
- TAL-2112235: 10 °C
- SAL-2112110: 50%
- SAL-2112120: 50%

Respecto del sistema de lubricación, dada la complejidad, el estudio de la descripción operativa requiere un estudio independiente. El Sistema de Lubricación del Molino SAG levanta los dos trunnions y proporciona aceite a alta presión para lubricar los bearings del Molino SAG. Por lo que es el sub sistema principal del Molino SAG

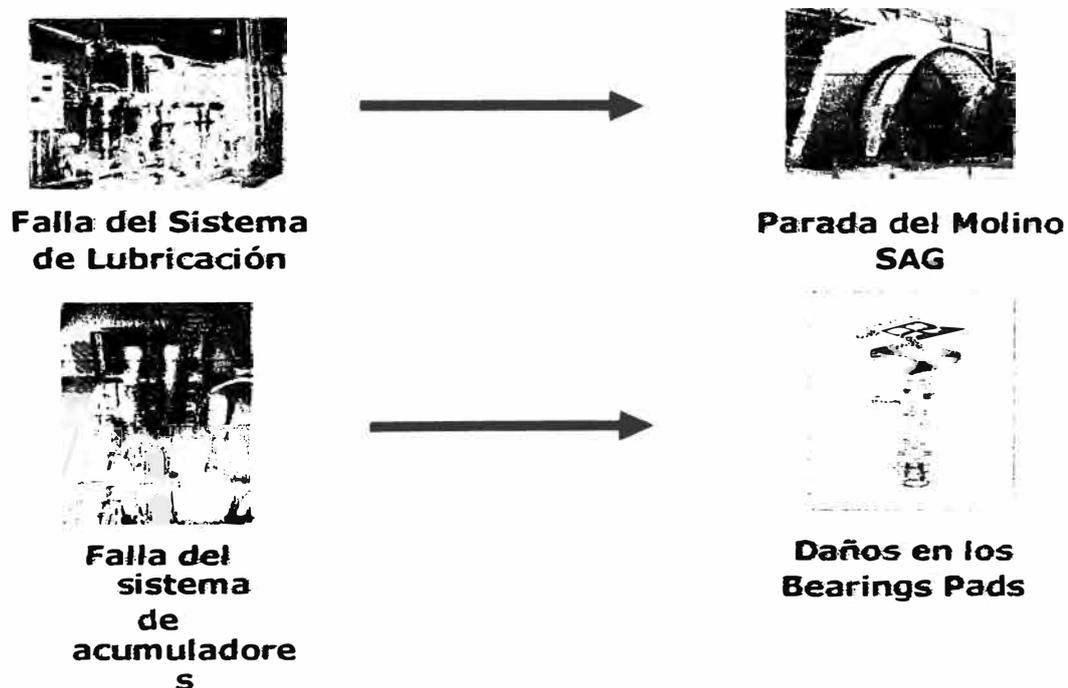


Figura 4.2 Sistema de lubricación del Molino SAG

La función del sistema de lubricación es llevar los trunnions del lado F.E. y D.E., bajo las condiciones siguientes: Presión mínima de 3600 Kpa y máxima de 6500 Kpa. Lubricar los bearings pads del lado F.E. & D.E. y los thrust rail del F.E., bajo las condiciones siguientes: Temperatura del aceite entre 34°C a 48°C en el reservorio y una temperatura máxima 55°C en el trunnion, contenido de partículas en el aceite menores a 60 micras, flujo mínimo en cada divisor de flujo principal

(Pads y thrust rail) de 353.6LPM y en cada divisor de flujo hacia los thrust rail de 32.3 LPM. Además Permitir la operación del Molino SAG

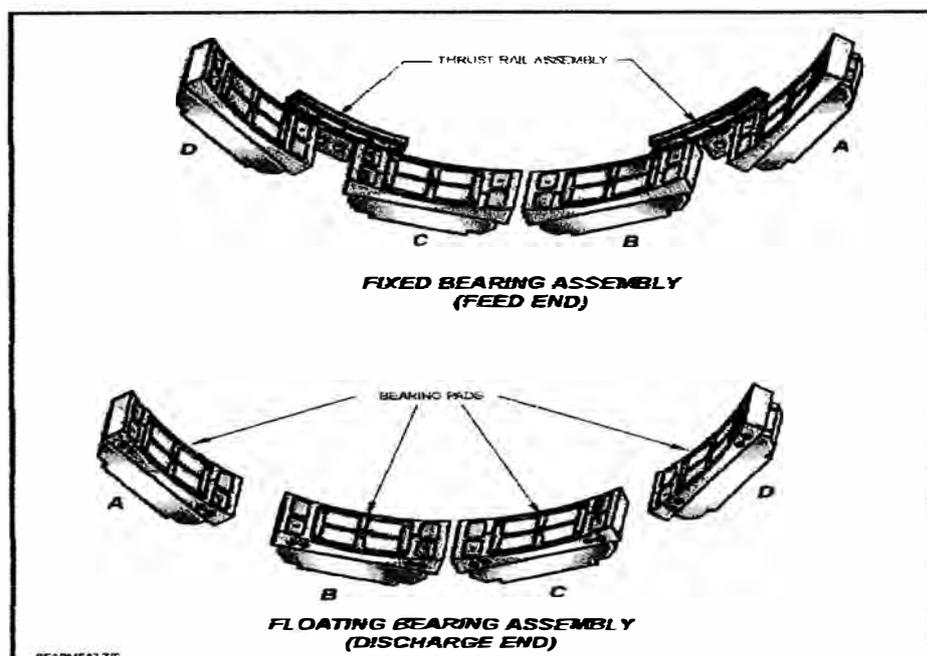


Figura 4.3 Bearing pad del molino SAG

- **Sub sistemas del sistema de lubricación**

El sistema de lubricación consta de los siguientes subsistemas que son supervisados y controlados por el sistema de control principal:

Depósito de aceite del sistema de lubricación.

Circuito de acondicionamiento de baja presión.

Circuito de lubricación de alta presión.

Circuito de acumuladores de aceite.

Panel de control local del sistema de lubricación.

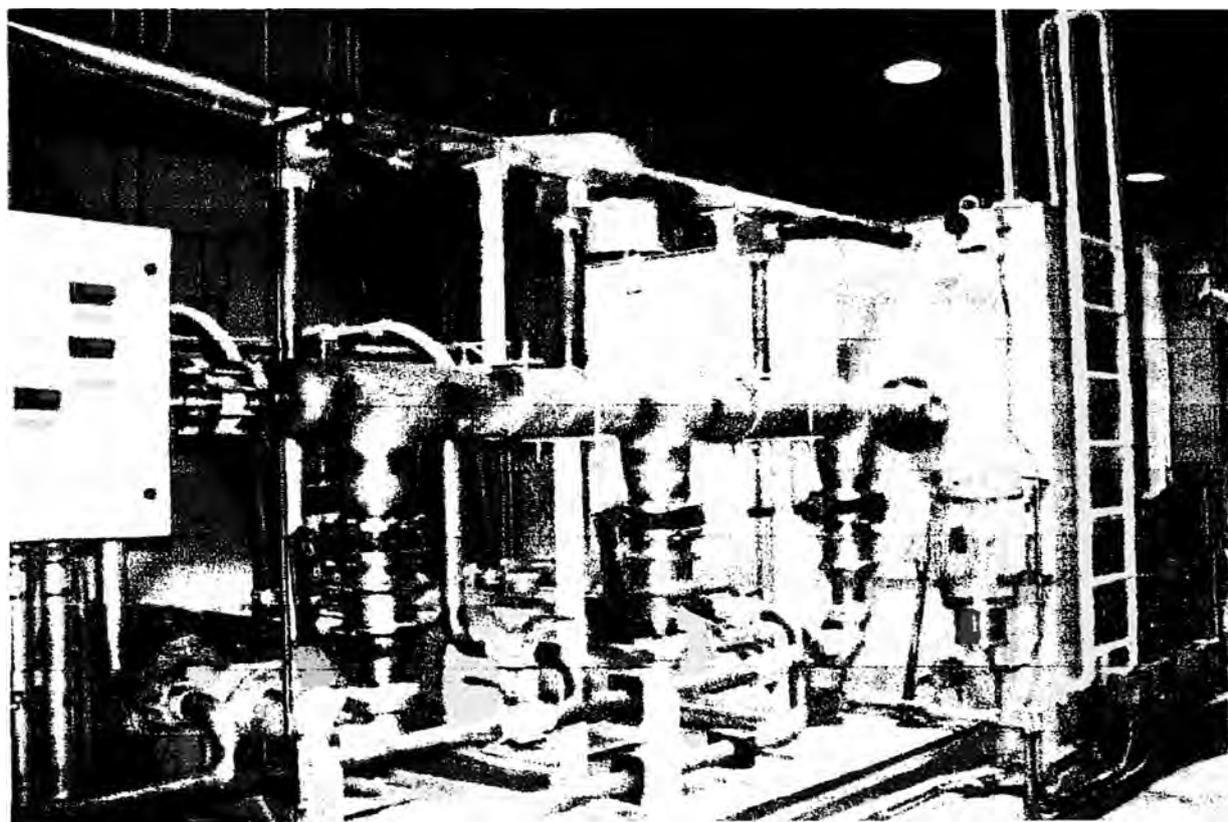


Figura 4.4 Vista panorámica del sistema de lubricación

Depósito de aceite

El depósito de aceite de 5680 litros de capacidad y la base de montaje de la bomba forman un conjunto

integral. Una mirilla de nivel montada en el compartimiento 2 indica el nivel del aceite de retorno dentro del tanque del depósito. Un indicador de temperatura está montado dentro del compartimiento 2 e indica la temperatura del aceite dentro de dicho compartimiento. Una mirilla de nivel y un indicador de temperatura están montados en el compartimiento 3 e indican el nivel y la temperatura del aceite dentro de este compartimiento. Una cubierta sellada contiene una tapa de llenado de aceite y un respiradero.

El depósito de aceite está dividido en cuatro (4) compartimentos. El primer compartimiento recibe el retorno del aceite de los cojinetes de las almohadillas hidrostáticas, el cual está separado del segundo compartimiento por medio de una especie de dique. El segundo compartimiento recibe el desbordamiento desde el primer compartimiento Y alimenta el circuito de aceite de acondicionamiento. El aceite luego se filtra y enfría, llenando el tercer compartimiento.

El tercer compartimiento es el de desaireación del aceite que recibe aceite enfriado y filtrado del circuito de aceite de acondicionamiento. El aceite se extrae del cuarto compartimiento por medio de bombas de empuje, bombas de alta presión, bombas de carga del

acumulador y las bombas de pistón y zócalo. El flujo neto de aceite desde el compartimiento 2 hacia el compartimiento 3 siempre excede el flujo neto de aceite desde el compartimiento 1 hacia el compartimiento 2 de modo que siempre exista un desbordamiento desde el lado de aceite limpio (compartimiento 3) hacia el lado de aceite sucio (compartimiento 2) del depósito. La instrumentación y los enclavamientos asociados con el depósito de aceite son los siguientes:

Interruptor de nivel de aceite de retorno del depósito del sistema de lubricación (LSL-2112653):

El interruptor de nivel viene precalibrado y brinda una entrada digital al PLC. Cuando el nivel de aceite está por arriba del punto de ajuste, el interruptor se cierra. El contacto N.O. (normalmente abierto) está cerrado, lo que proporciona un permiso y enclavamiento de arranque para las bombas de baja presión (2100-ML12001-PU-14 / 15) y los calentadores de inmersión del aceite de retorno

(2100-ML-12001-HE-3 / 4 / 5). Un temporizador antirrebote inicialmente fijado en 0 segundos) debe estar en el PLC para evitar la activación falsa de las bombas. Cuando el nivel de aceite se encuentra debajo del punto de ajuste, el contacto N.O. del interruptor de nivel se

abre, lo que se invierte en la lógica ABB para proporcionar una indicación de alarma de nivel bajo de aceite (LAL-2112653) en la pantalla del operador.

Interruptor de nivel de aceite limpio del depósito del sistema de lubricación (LSL-2112663):

El interruptor de nivel viene precalibrado y brinda una entrada digital al PLC. Cuando el nivel de aceite está por arriba del punto de ajuste, el interruptor se cierra. El contacto N.O. (normalmente abierto) está cerrado, lo que proporciona un permiso y enclavamiento de arranque para las bombas de alta presión (2100-ML12001-PU-5 / 6 / 7), las bombas de empuje (2100-ML-12001-PU-8 / 9), las bombas del acumulador (2100-ML-12001-PU-12 / 13), las bombas de pistón y zócalo (2100-ML-12001-PU-10 / 11) y los calentadores de inmersión del aceite limpio (2100-ML-12001-HE-1 / 2). Un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0 segundos) debe estar en el PLC para evitar la activación falsa de las bombas. Cuando el nivel de aceite se encuentra debajo del punto de ajuste, el contacto N.O. del interruptor de nivel se abre, lo que se invierte en la lógica ABB para proporcionar una indicación de alarma de nivel bajo de aceite (LAL-2112663) en la pantalla del operador.

Transmisor de humedad de la línea de retorno del aceite de los cojinetes de los muñones (AE-2112652A):

El rango para el transmisor es de 0 a 100% H.R. Es necesario configurar el siguiente punto de ajuste en la lógica de control. • Una humedad relativa (H.R.) > 80% causa una alarma de alta humedad (AAH-2112652A) en la pantalla del operador.

Transmisor de humedad de la línea de retorno del aceite de los cojinetes de los muñones (AE-2112652B):

El rango para el transmisor es de 0 a 100% H.R. Es necesario configurar el siguiente punto de ajuste en la lógica de control.

Una humedad relativa (H.R.) > 80% causa una alarma de alta humedad (AAH-2112652B) en la pantalla del operador.

Calentamiento y enfriamiento

En el segundo compartimiento, se proporcionan calentadores de inmersión volumétrica de baja potencia. Se proporcionan dos (2) Interruptores de nivel de aceite bajo (LSL-2112653 y LSL-2112663) en el segundo y tercer compartimiento, que proporcionan enclavamientos

para sus respectivos calentadores y bombas. Los calentadores son controlados mediante el uso de RTDs (TE-2112651 y TE-2112704) montados en el primer y cuarto compartimiento. Una válvula motorizada de control reguladora de la temperatura del agua (TCV-2112661) instalada en la línea de entrada de agua regula el agua de enfriamiento mediante el uso de un RTD (TE-2112661) a la salida del aceite del intercambiador térmico para mantener una temperatura de aceite de aproximadamente 38 °C (100 °F). La instrumentación y los enclavamientos asociados con el depósito de aceite y la válvula de control motorizada del agua de enfriamiento son los siguientes:

RTD del lado del aceite de retorno del depósito del sistema de lubricación (te-2112651):

El rango de temperatura para el RTD es de 0-100oC (32-212oF). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Temp > 27°C (80°F) deberá usarse para el permiso de arranque de la bomba de baja presión (TSH-2112651).

Una temperatura > 46°C (115°F) causa una alarma de temperatura alta-alta (TAHH-2112651) en la pantalla del operador.

Una temperatura $> 43^{\circ}\text{C}$ (110°F) causa una alarma de temperatura alta (TAH-2112651) en la pantalla del operador.

Una temperatura $< 21^{\circ}\text{C}$ (70°F) causa una alarma de temperatura baja (TAL-2112651) en la pantalla del operador.

Una temperatura $< 27^{\circ}\text{C}$ (80°F) deberá usarse para el permiso de arranque automático de los calentadores de inmersión del aceite de retorno, siempre y cuando el nivel de aceite se encuentre por arriba del punto de referencia del interruptor de nivel (LSL2112653).

Si los calentadores están encendidos durante un período de diez (10) minutos y la temperatura permanece inferior a 27°C , los calentadores se apagarán.

Una temperatura $> 32^{\circ}\text{C}$ (90°F) deberá usarse para el enclavamiento de apagado automático de los calentadores de inmersión del aceite de retorno (TSHH-2112651).

RTD del lado del aceite limpio del depósito del sistema de lubricación (te-2112704):

El rango de temperatura para el RTD es de 0100°C ($32-212^{\circ}\text{F}$). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Una temperatura $> 27^{\circ}\text{C}$ (80°F) debe usarse para el permiso de arranque de las bombas de alta presión, bombas de empuje, bombas de pistón y zócalo y de las bombas del acumulador (TSH2112704).

Una temperatura $> 46^{\circ}\text{C}$ (115°F) causa una alarma de temperatura alta-alta (TAHH-2112704) en la pantalla del operador.

Una temperatura $> 43^{\circ}\text{C}$ (110°F) causa una alarma de temperatura alta (TAH-2112704) en la pantalla del operador.

Una temperatura $< 21^{\circ}\text{C}$ (70°F) causa una alarma de temperatura baja (TAL-2112704) en la pantalla del operador.

Una temperatura $< 27^{\circ}\text{C}$ (80°F) deberá usarse para el permiso de arranque automático de los calentadores de inmersión del aceite de retorno, siempre y cuando el nivel de aceite se encuentre por arriba del punto de referencia del interruptor de nivel (LSL2112663).

Si los calentadores están encendidos durante un período de diez (10) minutos y la temperatura permanece inferior a 27°C , los calentadores se apagarán.

Una temperatura $> 32^{\circ}\text{C}$ (90°F) deberá usarse para el enclavamiento de apagado automático de los calentadores de inmersión del aceite de retorno (TSHH-2112704).

RTD de salida del aceite del intercambiador térmico de aceite lubricante (te-2112661):

El rango de temperatura para el RTD es de $0\text{-}100^{\circ}\text{C}$ ($32\text{-}212^{\circ}\text{F}$). La temperatura del aceite de salida detectada por el RTD controla la posición de la válvula de control de flujo del agua de entrada del enfriador de aceite (TCV-2112661) por medio de una señal de salida analógica de PLC. La válvula de control de flujo de agua se ha de controlar para mantener una temperatura de aceite de salida de 38°C (100°F). Es necesario configurar el siguiente punto de ajuste en la lógica de control.

Temp $> 46^{\circ}\text{C}$ (115°F) causa una alarma de temperatura alta-alta en la pantalla del operador (TAHH-2112661).

Válvula de control del flujo de entrada del agua del intercambiador térmico del aceite lubricante (TCV-2112661):

El rango de la salida analógica para la válvula de control de flujo es de $0\text{-}100\%$. La temperatura del aceite de salida detectada por el RTD controla la posición de la

válvula de control de flujo del agua de entrada del enfriador de aceite (TCV2112661) con respecto al punto de referencia del operador. El rango del punto de ajuste del operador debe fijarse en un valor entre 35°C y 43°C en la pantalla del operador para permitir el ajuste. La válvula de control de flujo de agua se ha de controlar para mantener una temperatura de aceite de salida de 38 °C (100 °F). Es necesario configurar el siguiente punto de ajuste en la Lógica de control.

Sistema de acondicionamiento de aceite de baja presión

Este sistema incluye dos (2) bombas para servicio pesado (una (1) en operación y una (1) de reserva) dimensionadas para operación las 24 horas del día. El sistema de bomba de acondicionamiento de baja presión extrae aceite desde el segundo compartimiento del depósito, filtra y enfría el aceite, para regresarlo después a la sección de aceite desaireado del depósito. Las bombas de aceite de baja presión pueden cambiarse en línea; sin embargo, la bomba de operación debe detenerse antes de arrancarse la bomba de reserva dado que el transmisor de flujo (FIT-2112662) no está dimensionado para manejar el flujo desde dos bombas de operación. La bomba de reserva de baja presión puede hacerse funcionar localmente de manera

intermitente mientras que la bomba principal de baja presión esté en funcionamiento.

NOTA: Esta operación debe realizarse dentro de los 10 segundos. Si el flujo de aceite de retorno de baja presión es $< 38,6 \text{ M}^3/\text{HR}$ (170 GPM) o ambas bombas de aceite de baja presión se detienen durante > 10 segundos, entonces esto proporcionará un enclavamiento de apagado al motor del molino. Los instrumentos y enclavamientos asociados con el sistema de acondicionamiento del aceite de baja presión se describen a continuación:

Transmisor de presión diferencial del filtro de las bombas de baja presión del sistema de lubricación (PDIT2112659):

Es necesario calibrar el transmisor de presión diferencial dentro de los límites de 0-414 kPa (0-60 psi). Es necesario configurar el siguiente punto de ajuste en la lógica de control.

Si la presión diferencial a través del filtro excede 207 kPa, causará una alarma de alta presión diferencial (PDAH-2112659) en la pantalla del operador.

Transmisor de flujo de las bombas de baja presión del sistema de lubricación (FIT-2112662):

El transmisor de flujo de las bombas de baja presión del sistema de lubricación tiene un rango calibrado de 0-70 M³/HR (0-308 GPM). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Si FLUJO < 42 M³/HR (185 GPM) y cualquiera de las bombas de aceite de baja presión están en funcionamiento durante 10 segundos, causará una indicación de alarma de flujo bajo de aceite (FAL-2112662) en la pantalla del operador.

Si FLUJO < 38,6 M³/HR (170 GPM) durante un período de tiempo de más de dos (2) segundos, y cualquiera de las bombas de aceite de baja presión está en funcionamiento durante 10 segundos, proporcionará un enclavamiento de apagado a los motores de la bomba de aceite de baja presión, lo que causa una parada del molino y causa una indicación de alarma de flujo de aceite bajo (FALL-2112662) en la pantalla del operador.

Si FLUJO < 38,6 M³/HR (170 GPM) durante un período de tiempo de más de diez (10) segundos, proporcionará un enclavamiento de parada a las bombas de alta presión, bombas de empuje, bombas de pistón y zócalo

y las bombas del acumulador únicamente durante el modo normal. Cuando las bombas están fijadas en el modo de operación local intermitente, el enclavamiento de flujo bajo no está activado.

Sistema de aceite de alta presión:

El aceite de levantamiento hidrostático se suministra a las almohadillas de cojinete por medio de dos (2) de tres (3) bombas hidrostáticas de alta presión. Son necesarias dos (2) bombas para suministrar aceite a cada cojinete. La tercera bomba es una bomba de reserva que puede usarse para cualquiera de los cojinetes y puede ponerse en línea con la conexión apropiada de válvulas y el procedimiento correcto de puesta en marcha. Es necesario mencionar que el cambio de válvulas se hace únicamente de forma manual. Las bombas de alta presión tienen válvulas de alivio y válvulas de retención antes de las válvulas de aislamiento de la salida de la bomba que protegen las bombas de daños cuando se hace funcionar una bomba con las válvulas cerradas. Las válvulas de aislamiento de la bomba y las válvulas de cruce están equipadas con interruptores de límite de tipo abierto/cerrado que proporcionan la información necesaria para advertir al operador que una válvula está cerrada. Las bombas de alta presión puede cambiarse para permitir un tiempo de funcionamiento equivalente

de la bomba de reserva. El procedimiento para el operador es tal que el operador deberá cambiar a la válvula de cruce correcta, anular la selección de la bomba de operación para detenerla y luego seleccionar la bomba que desea operar. Seguidamente, el operador deberá activar el cambio pulsando el botón de activación del DCS en la pantalla DCS para cambiar el estado operativo de las dos bombas involucradas con el cambio. La lógica de ABB se programa de manera tal que las válvulas se encuentren en la posición correcta para permitir el cambio.

Debe tenerse en cuenta que la bomba de reserva puede hacerse funcionar localmente de manera intermitente mientras que la bomba principal está en funcionamiento. Esto sólo es válido para las bombas de baja presión, las bombas de empuje y las bombas del acumulador.

El aceite proveniente de cada bomba de aceite hidrostático de alta presión se descarga a un divisor de flujo giratorio con compensación de presión ubicado en los bastidores de instrumentos del extremo fijo (carga) y flotante (descarga). El divisor de flujo giratorio separa el aceite en cuatro (4) partes iguales entre las cuatro (4) almohadillas de cojinete ubicadas en cada alojamiento de cojinete. Cada almohadilla tiene cinco (5) cavidades

de levantamiento hidrostático, una cavidad central grande y cuatro (4) cavidades esquineras. El flujo de aceite a cada cavidad esquinera es de 0,28 M³/HR (1,25 GPM) y el flujo de aceite hacia la cavidad central es de 2,78 M³/HR (12,0 GPM). El flujo de aceite hacia cada cavidad de esquina se suministra por medio de válvulas de control de flujo compensado por presión para evitar la pérdida excesiva de aceite a través de las cavidades de esquina cuando las holguras se convierten en excesivas. Cada válvula puede ajustarse en las instalaciones del cliente. Además, el aceite se suministra a cada cilindro de almohadilla o a cada zócalo de la almohadilla desde las bombas de pistón / zócalo radiales. Hay una línea que se dirige hacia cada conjunto de almohadilla. La válvula manual de tres direcciones normalmente está posicionada de modo que el aceite fluya hacia el zócalo de la almohadilla para suministrar aceite de levantamiento adicional en el momento de la puesta en marcha. El cambio entre el control de mantenimiento (local) / secuencia (PLC) para las bombas radiales de pistón y zócalo es por medio del sistema de control de la planta (DCS). Al estar en modo de mantenimiento (local), este interruptor programable del DCS permite al operador accionar continuamente las bombas, pero al estar en el modo de secuencia (PLC), las bombas se

desenergizarán cinco (5) minutos después que el motor del molino comience a funcionar.

Donde exista algún requisito para el ajuste del pistón (almohadilla), se coloca la válvula de tres direcciones de modo que el aceite fluya hacia el pistón de almohadilla. Esta conexión se realiza a través de las puertas de acceso en los paneles laterales de los cojinetes. Se proporciona una manguera con desconexiones rápidas la cual se conecta desde la válvula de tres direcciones hasta la válvula de cuatro direcciones a través de la puerta de acceso.

La válvula de cuatro direcciones, ubicada inmediatamente en el interior de la puerta de acceso, tiene un puerto abierto central para que el aceite normalmente drene hacia el interior del cojinete. Cuando es necesario levantar el cilindro, la manija de la válvula de cuatro direcciones se posiciona para dirigir el aceite hacia el pistón. Cuando se debe bajar el cilindro, la válvula de cuatro direcciones se posiciona para que el aceite desde el pistón regrese al interior del cojinete. El aceite después regresa al tanque por medio del drenaje normal.

Cuando se completa el ajuste, se quita la manguera a través de la puerta de acceso y la válvula de tres direcciones regresa a su posición normal.

El aceite de hidrostático se suministra a las almohadillas de empuje por medio de una de las dos (2) bombas de aceite de empuje. Una bomba está en funcionamiento mientras que la otra está en reserva. Para seleccionar la bomba deseada, se suministran válvulas manuales.

La descarga de aceite desde la bomba de empuje se filtra y luego se dirige a un divisor de flujo giratorio con compensación de presión, montado en el bastidor de instrumentos del cojinete fijo (carga) donde se divide el flujo en cuatro (4) partes iguales. Los cuatro (4) suministros de flujo de aceite salen del divisor de flujo de aceite hidrostático hacia las dos (2) almohadillas de empuje (una (1) cavidad a cada lado de la almohadilla de empuje). Cada línea de empuje cuenta con un transmisor de flujo y un manómetro localizado en el conjunto del bastidor de instrumentación del cojinete de carga.

El sistema de lubricación hidrostática también contiene cuatro (4) acumuladores de aceite que reciben la carga continua de uno (1) de dos (2) bombas de acumulador en funcionamiento. Los transmisores de presión (PIT-

2112710A y PIT-2112710B) controlan el arranque y la parada de la bomba del acumulador en funcionamiento para mantener la presión y el volumen correctos de aceite dentro de los acumuladores. Durante cualquiera de las condiciones siguientes: una interrupción de energía eléctrica, un paro de emergencia, la interrupción del flujo de aceite hacia las almohadillas de los cojinetes del muñón, la interrupción del flujo de aceite hacia las almohadillas de empuje, la pérdida de presión a las almohadillas del cojinete del muñón, o menos de dos (2) bombas de alta presión en funcionamiento causarán la desenergización de los solenoides de las válvulas de descarga de emergencia (FV-2112713 y FV-2112714). El aceite de los acumuladores entonces fluye a través de las dos (2) válvulas de control de flujo para suministrar el aceite necesario a cada cojinete a fin de mantener la elevación al detener el molino. La instrumentación y los enclavamientos asociados con el sistema de lubricación del cojinete de almohadilla del molino son los siguientes:

Transmisor de presión diferencial de filtrado de las bombas de empuje (PDIT-2112691):

Es necesario calibrar el transmisor de presión diferencial dentro de los límites de 0-414 kPa (0-60 psi). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Si la presión diferencial a través del filtro excede 138 kPa, causará una alarma de alta presión diferencial (PDAH-2112691) en la pantalla del operador.

Transmisor de presión diferencial de filtrado de la bomba de alta presión del extremo fijo (carga) (PDIT2112671):

Es necesario calibrar el transmisor de presión diferencial dentro de los límites de 0-414 kPa (0-60 psi). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Si la presión diferencial a través del filtro excede 138 kPa, causará una alarma de alta presión diferencial (PDAH-2112671) en la pantalla del operador.

Transmisor de presión diferencial de filtrado de la bomba de alta presión del extremo flotante (descarga) (PDIT-2112681):

Es necesario calibrar el transmisor de presión diferencial dentro de los límites de 0-414 kPa (0-60 psi). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Si la presión diferencial a través del filtro excede 138 kPa, causará una alarma de alta presión diferencial (PDAH-2112681) en la pantalla del operador.

Transmisores de presión del banco de aceite del acumulador (PIT-2112710A Y PIT-2112710B):

Es necesario calibrar cada transmisor de presión dentro de los límites de 0-20700 kPa (03000 PSI). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

Si cualquiera de los transmisores de presión detecta una PRESIÓN < 17582 kPa (PSLL-2112710A o PSLL-2112710B) [debe haber un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0 segundos) en el PLC para evitar una activación falsa], se apagará el motor del molino.

Si cualquiera de los transmisores de presión tiene una PRESIÓN < 17927 kPa (PSL-2112710A y PSL-2112710B), se arranca la bomba del acumulador seleccionada. Si la presión es de menos de 17927 kPa durante un período de tiempo mayor que diez (10) segundos en cualquiera de los transmisores, aparece una alarma de baja presión (PAL-2112710) en la pantalla del operador.

Si cualquiera de los transmisores de presión tiene una PRESION < 17582 kPa (PSLL-2112710A y PSLL-2112710B), esto causará una alarma de presión baja-baja (PALL-2112710) en la pantalla del operador.

Si cualquiera de los transmisores de presión tiene una PRESION < 18200 kPa (PSH-2112710A o PSH-2112710B), se detiene automáticamente la bomba del acumulador seleccionada.

Si cualquiera de los transmisores de presión tiene una PRESION > 18956 kPa (PSHH-2112710A y PSHH-2112710B), esto causará una alarma de presión alta-alta (PAHH-2112710) en la pantalla del operador.

Si la presión diferencial entre los dos transmisores de presión > 200 kPa durante más de cinco (5) segundos, esto causará una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112710) en la pantalla del operador.

Interruptor de límite de la válvula de descarga de emergencia del acumulador cerrada (ZSL-2112713):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona un enclavamiento para el motor del molino y las bombas del acumulador.

Interruptor de límite abierto de la válvula de descarga de emergencia del acumulador (ZSH-2112713):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, brinda indicación en la pantalla del operador que la válvula está abierta.

Interruptor redundante de límite cerrado de la válvula de descarga de emergencia del acumulador

(ZSL-2112714): Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona un enclavamiento para el motor del molino y las bombas del acumulador.

Interruptor redundante de límite abierto de la válvula de descarga de emergencia del acumulador

(ZSH-2112714): Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, brinda indicación en la pantalla del operador que la válvula está abierta.

Solenoides de la válvula de descarga de emergencia del acumulador (FV-2112713):

Una salida de PLC se encuentra energizada continuamente para mantener cerrada la válvula siempre

y cuando se hayan cumplido todos los enclavamientos siguientes.

Solenoide de la válvula de descarga de emergencia del acumulador (FV-2112714):

Una salida de PLC se encuentra energizada continuamente para mantener cerrada la válvula siempre y cuando se hayan cumplido todos los enclavamientos siguientes:

Los botones pulsadores de parada de emergencia del sistema de lubricación y de la caja eléctrica no están pulsados (HS, HS).

Se mantiene la potencia de 460 VCA a los motores del sistema de lubricación.

Las bombas de aceite de lubricación de baja presión fluyen por arriba del punto de referencia, flujo > 38,6 M³/HR (FALL-2112662).

Los cuatro (4) transmisores de flujo del cojinete del extremo fijo (carga) por arriba del punto de referencia, flujo > 2,54 M³/HR (FALL-2112527 / 525 / 523 / 521).

Los cuatro (4) transmisores de flujo del cojinete del extremo flotante (descarga) por arriba del punto de referencia, flujo > 2,54 M³/HR (FALL-2112567 / 565 / 563 / 561).

Los cuatro (4) transmisores de flujo del cojinete de empuje por arriba del punto de referencia, flujo > 0,46 M³/HR (FALL-2112517 / 515 / 513 / 511).

Los cuatro (4) transmisores de presión del cojinete del extremo fijo (carga) por arriba del punto de referencia, presión > 5860 kPa (PALL-2112526 / 524 / 522 / 520).

Los cuatro (4) transmisores de presión del cojinete del extremo flotante (descarga) por arriba del punto de referencia, presión > 5860 kPa (PALL-2112566 / 564 / 562 / 560).

Al menos dos (2) bombas de alta presión están en funcionamiento.

Interruptor de límite cerrado de la válvula de salida (ZSL-2112682) de la bomba de alta presión (2100-ML-12001-PU-5):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está cerrada y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de salida abierta (ZSH-2112682) de la bomba de alta presión (2100-ML-12001PU-5):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está abierta y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite cerrado de la válvula de salida (ZSL-2112683) de la bomba de alta presión (2100-ML-12001PU-6):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC.

Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está cerrada y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de salida abierta (ZSH-2112683) de la bomba de alta presión (2100-MI-12001PU-6):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula

está abierta y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite cerrado de la válvula de salida (ZSL-2112684) de la bomba de alta presión (2100-ML-12001PU-7):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC.

Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está cerrada y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de salida abierta (ZSH-2112684) de la bomba de alta presión (2100-ML-12001PU-7):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC.

Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está abierta y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de cruce de salida cerrada (ZSL-2112685) de las bombas de alta presión (2100-ML-12001-PU-5/ 6):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está cerrada y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de cruce de salida abierta (ZSH-2112685) de las bombas de alta presión.

(2100-ML-12001-PU-5 / 6): Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está abierta y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de cruce de salida cerrada (ZSL-2112686) de las bombas de alta presión (2100-ML-12001-PU-6 / 7):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está cerrada y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Interruptor de límite de válvula de cruce de salida abierta (ZSH-2112686) de las bombas de alta presión (2100-ML-12001-PU-6 / 7):

Este interruptor de límite suministra una entrada digital al PLC. Cuando el interruptor está cerrado, proporciona una indicación a la pantalla del operador que la válvula está abierta y proporciona un enclavamiento para la bomba de alta presión.

Los anaqueles de instrumentos contienen manómetros, transmisores de presión y transmisores de flujo en cada línea de suministro de aceite del cojinete de almohadilla hidrostática después que divisor giratorio de flujo detecte la presión de aceite y el flujo hacia cada cavidad del cojinete. Sólo se puede poner en marcha el molino si se han cumplido los puntos de ajuste del transmisor de flujo y presión para indicar el levantamiento correcto entre el molino y las almohadillas hidrostáticas. La instrumentación y los enclavamientos asociados con los anaqueles del sistema de aceite de alta presión se describen a continuación:

Transmisores de flujo de los cojinetes hidrostáticos fijos (carga) de almohadilla (FIT-2112527 / 525 / 523 / 521):

Cada transmisor de flujo tiene un límite calibrado de 0-5,5 M³/HR (0-24,2 GPM). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

FLUJO < 2,93 M³/HR (12,9 GPM) ocasiona una indicación de alarma de bajo flujo de aceite en la pantalla del operador FAL2112527 / 525 / 523 / 521).

FLUJO < 2,54 M³/HR (11,2 GPM) [debe haber un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0 segundos) en el PLC para evitar una activación falsa] proporciona un enclavamiento de Activación para el motor del molino (FALL-2112527/525/523/521).

Transmisores de presión de los cojinetes hidrostáticos fijos (carga) de almohadilla (PIT-2112526 / 524 / 522 / 520):

Es necesario calibrar cada transmisor de presión dentro de los límites de 017237 kPa (0-2500 PSI). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control. • PRESIÓN < 6550 kPa causa una indicación de alarma de presión baja del aceite en la pantalla del operador (PAL-2112526 / 524 / 522 / 520).

Nota: El punto de referencia mostrado sirve para el molino a plena carga. Durante la puesta en marcha inicial y la puesta en servicio, el punto de referencia deberá cambiarse a una presión < 3450 kPa.

PRESIÓN < 5860 kPa [debe haber un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0 segundos) en el PLC para evitar una activación falsa] proporciona un enclavamiento de parada al motor del molino y proporciona una alarma de anunciación de parada en la pantalla del operador (PALL-2112526 / 524 / 522 / 520).

Nota: El punto de referencia mostrado sirve para el molino a plena carga. Durante la puesta en marcha inicial y la puesta en servicio, el punto de referencia deberá cambiarse a una presión < 2758 kPa.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112526 and PIT-2112524) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112526/524) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112526 and PIT-2112522) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112526/522) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112526 and PIT-2112520) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112526/520) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112524 and PIT-2112522) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112524/522) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112524 and PIT-2112520) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112524/520) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112522 and PIT-2112520) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112522/520) en la pantalla del operador.

TRANSMISORES DE FLUJO DE LOS COJINETES DE ALMOHADILLA DE EMPUJE (FIT-2112517 / 515 / 513 / 511): Cada transmisor de flujo tiene un límite calibrado de 0-1,0 M³/HR (0-4,4 GPM). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

FLUJO < 0,53 M³/HR (2,33 GPM) ocasiona una indicación de alarma de bajo flujo de aceite en la pantalla del operador (FAL-2112517 / 515 / 513 / 511).

FLUJO < 0,46 M³/HR (2,03 GPM) [debe haber un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0 segundos) en el PLC para evitar una activación falsa] proporciona un enclavamiento de activación para el motor del molino (FALL-2112517 / 515 / 513 / 511).

TRANSMISORES DE FLUJO DE LOS COJINETES HIDROSTÁTICOS FLOTANTES (DESCARGA) DE ALMOHADILLA (FIT-2112567 / 565 / 563 / 561): Cada transmisor de flujo tiene un límite calibrado de 0-5,5 M³/HR (0-24,2 GPM). Por lo tanto, el rango de entrada analógica del PLC deberá configurarse teniendo en mente dicho rango. Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

FLUJO < 2,93 M³/HR (12,9 GPM) proporciona una indicación de alarma de bajo flujo de aceite en la pantalla del operador

(FAL-2112567 / 565 / 563 / 561).

FLUJO < 2,54 M³/HR (11,2 GPM) [debe haber un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0

segundos) en el PLC para evitar una activación falsa] proporciona un enclavamiento de activación para el motor del molino (FALL2112567 / 565 / 563 / 561).

Transmisores de presión de los cojinetes hidrostáticos flotantes (descarga) de almohadilla (FIT-2112566 / 564 / 562 / 560):

Es necesario calibrar cada transmisor de presión dentro de los límites de 0-17237 kPa (0-2500 PSI). Es necesario configurar los siguientes puntos de referencia en la lógica de control.

PRESIÓN < 6550 kPa causa una indicación de alarma de presión baja del aceite en la pantalla del operador (PAL-2112566 / 564 / 562 / 560).

Nota:

El punto de referencia mostrado sirve para el molino a plena carga.

Durante la puesta en marcha inicial y la puesta en servicio, el punto de referencia deberá cambiarse a una presión < 3450 kPa.

PRESIÓN < 5860 kPa [debe haber un temporizador antirrebote (inicialmente fijado en 0 segundos) en el PLC

para evitar una activación falsa] proporciona un enclavamiento de parada al motor del molino y proporciona una alarma de anunciación de parada en la pantalla del operador (PALL-2112566 / 564 / 562 / 560).

Nota: El punto de referencia mostrado sirve para el molino a plena carga.

Durante la puesta en marcha inicial y la puesta en servicio, el punto de referencia deberá cambiarse a una presión < 2758 kPa.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112566 and PIT-2112564) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112566/564) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112566 and PIT-2112562) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112566/562) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112566 and PIT-2112560) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112566/560) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112564 and PIT-2112562) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112564/562) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112564 and PIT-2112560) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112564/560) en la pantalla del operador.

DIFERENCIAL DE PRESIÓN > 3447 kPa para >5 segundos entre (PIT-2112562 and PIT-2112560) causa una alarma de presión diferencial alta (PDAH-2112562/560) en la pantalla del operador.

Las bombas de pistón y zócalo arrancarán automáticamente cuando se arranca el motor del molino, independientemente del modo de operación; es decir, normal, movimiento intermitente o desplazamiento lento. Continuarán en funcionamiento hasta que sean detenidos manualmente o hasta que el motor del molino haya estado en funcionamiento en el modo normal durante más de cinco (5) minutos.

4.2.3 Clasificación de los Sub sistemas del molino

El Molino SAG esta conformado por los siguientes sistemas independientes (el análisis de criticidad se ha desarrollado por un equipo multidisciplinario y tiene relativa complejidad y no es del alcance de este informe – por lo que nos limitaremos a mencionar los sub sistemas en orden de criticidad según el criterio de Riesgo = Probabilidad x Consecuencia.)

1. Sistema de Lubricación.
2. Sistema Motriz y Cicloconvertidores
3. Sistema de molienda, Liners, carcasa
4. Sistema Hidráulico de Chute de Alimentación.
5. Sistema Hidráulico de los Frenos del Molino.
6. Sistema de Monitoreo y Control.
7. Sistema de Retorno de Mineral. (circuito pebbles)

El impacto de la falla de uno de estos sistemas ocasionaría una parada inevitable del Molino SAG cada uno con diferente mantenibilidad

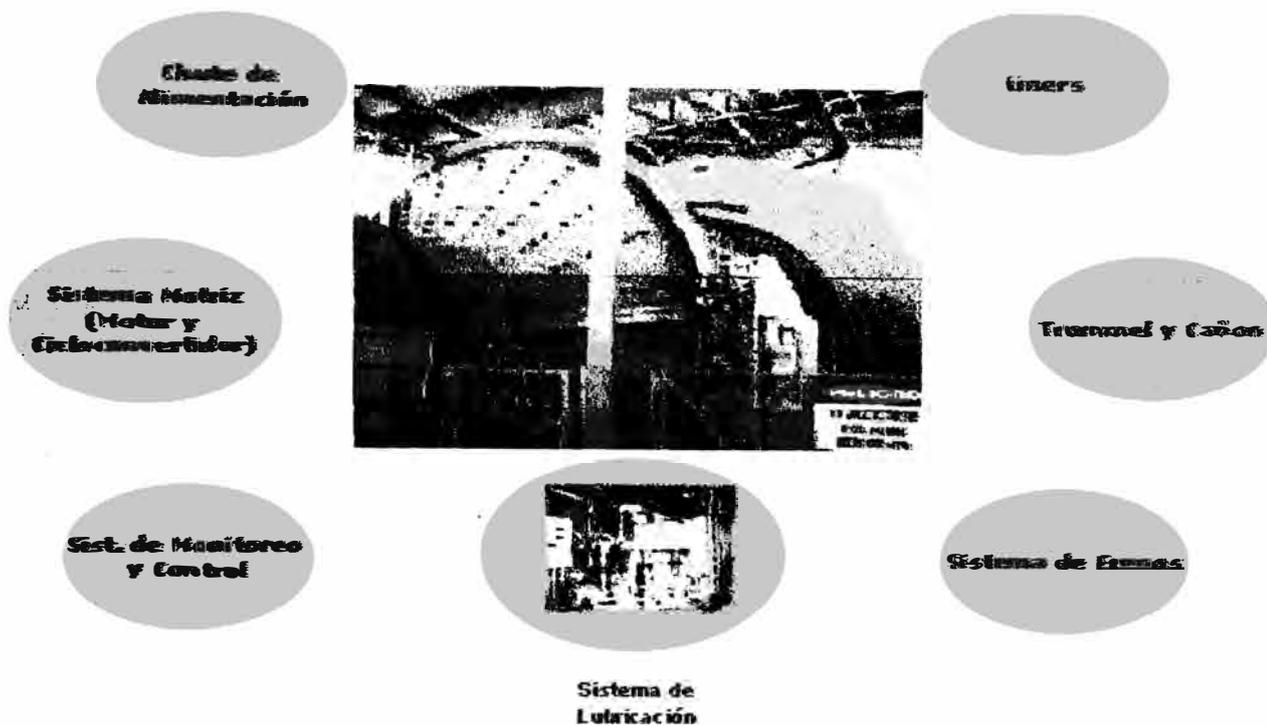


Figura 4.3 Sub sistemas principales del Molino SAG

4.2.4 Seleccionar el sub sistema donde se implementara RCM

En la sección anterior se ha mostrado los sub sistemas ordenados según la criticidad lo que haremos ahora es seleccionar el 20% de los subsistemas para tener resultados satisfactorios; es decir, los primeros 03 sub sistemas:

1. Sistema de Lubricación.
2. Sistema Motriz y Cicloconvertidores.
3. Sistema de molienda (proceso), Liners, carcasa

El sistema de lubricación (1) por la complejidad y especialidad requiere de un análisis independiente.

-El sistema motriz y el sistema de proceso (2 y 3) están estrechamente relacionados por lo que se analizara en forma conjunta

4.3 ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS:

Tabla 4.1 Hoja de Información del Sistema de Lubricación (1)

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 1	Nº	0	Recopilado por	r Guzmán - Diego t	Fecha	14-Dic-07	Hoja	5
SUB-SISTEMA		Ref.	3 de Lubricación	Revisado por		Fecha	14-Dic-07	de	20

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
3	A	10 Mangueras cortadas por envejecimiento	Se producen fugas al exterior, no se alcanza la presión requerida y se detiene el molino. Se deben cambiar las mangueras, activar el plan de contingencia por derrame y reponer el aceite perdido. Tiempo: 6hrs de parada. Disponer de mangueras en almacén.
3	A	11 Conectores de mangueras sueltos por vibraciones	Se producen fugas al exterior, no se alcanza la presión requerida en los pads y se detiene el molino. Se deben cambiar los conectores, activar el plan de contingencia por derrame y reponer el aceite perdido. Tiempo: 6hrs de parada. Disponer de conectores en almacén.
3	A	12 Rodamientos del motor agarrotados por uso normal	Se detiene el motor, no bombea, baja la presión a los pads y se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo y luego se repara el motor extraído. Tiempo: 1hrs.
3	A	13 Rodamientos del motor agarrotados por falta de lubricación	Se detiene el motor, no bombea, baja la presión a los pads y se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo y luego se repara el motor extraído. Tiempo: 1hrs.
3	A	14 Tubería de succión / descarga obstruida	No hay flujo, no se alcanza la presión requerida en los pads y se detiene el molino. Se debe desmontar e inspeccionar las tuberías. Limpiar el tramo afectado. Tiempo: 8hrs.
3	A	15 Válvula en tramo de succión o descarga olvidada cerrada	No habilita el arranque del molino y no hay flujo. Se debe abrir la válvula correspondiente. Tiempo: 30 min.
3	A	16 Falla válvula de descarga en posición cerrada	El flujo recircula a tanque por válvula de alivio y no arranca el molino. Se debe cambiar a bomba de respaldo. Tiempo: 1 hr. Luego reparar la válvula de descarga.
3	A	17 Falla switch de posición de válvula de descarga	Se detiene la bomba y el molino. Se cambia a la bomba de respaldo y luego se cambia el switch. Tiempo: 1hr.
3	A	18 Falla válvula de bypass en posición abierta	El aceite se recircula por el bypass. No hay flujo y se detiene el molino por enclavamiento. Se debe detener todo el sistema para reparar la válvula. Tiempo: 3hrs.

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 1	Nº	0	Recopilado por	r Guzmán - Diego I	Fecha	14-Dic-07	Hoja	6
SUB-SISTEMA		Ref.	1 de Lubricación	Revisado por		Fecha	14-Dic-07	de	20

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
3	A	19 Falla switch de posición de válvula de bypass indicando abierta	El PLC envía señal para detener el molino aunque el bypass puede estar en la posición correcta. Se debe detectar la falla y cambiar el switch. Tiempo: 30min.
3	A	20 Falla transmisor de flujo por descalibración	La falsa señal hace que el flujo leído sea mayor al real pudiéndose perder la película de lubricación dañando pads y trunnion. En el otro sentido, se envía mayor flujo del necesario. Se activa enclavamiento deteniendo al molino. Se debe detener el sistema, limpiar y recalibrar. Tiempo: 4hrs.
3	A	21 Falla transmisor de presión por descalibración	La falsa señal hace que la presión leído sea mayor a la real pudiéndose perder la película de lubricación. En el otro sentido, se trabaja a una presión mayor a la necesaria. Se debe detener el sistema, limpiar y recalibrar. Tiempo: 4hrs.
3	A	22 Falla transmisor de temperatura descalibrado	La falsa señal hace que se trabaje con temperaturas mayores a las recomendables. Se pueden dañar los pads. En el otro sentido, se trabajaría con aceite frío. Se debe detener el sistema, limpiar y recalibrar. Tiempo: 4hrs.
3	A	23 Falla sensor de temperatura por cable flojo o mala conexión	Ausencia de señal en la caja de conexiones. Se detiene el molino por enclavamiento de baja temperatura. Hace que se trabaje con temperaturas mayores a las recomendables. Se pueden dañar los pads. En el otro sentido, se trabajaría con aceite frío. Se debe detener el sistema y reajustar cables de sensor. Tiempo: 1hrs.
3	A	24 Rotura de acople de garras motor/bomba de engranajes por deterioro del elastómero??? (qué tipo de acople es?)	Se deteriora el elastómero, entran en contacto las garras y finalmente se destruye el acople.??? Las partículas desprendidas caen al tanque de aceite y eventualmente son retenidas en el filtro. No hay flujo y se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo. Luego se debe cambiar el acople al conjunto extraído. Tiempo: 1hrs de parada. Disponer de acople en almacén.
3	A	25 Error en el conexionado del motor (invertido)	Arranca la bomba pero no hay presión. El enclavamiento hace detener la bomba sin daños para la misma. No arranca el molino. Se debe cambiar a bomba de respaldo. Se debe reconexionar el motor. Tiempo: 1 hr.

SISTEMA <i>Sistema de Lubricación - SAG 1</i>	Nº 0	Recopilado por r Guzmán - Diego t	Fecha 14-Dic-07	Hoja 9
SUB-SISTEMA	Ref. 3 de Lubricación	Revisado por	Fecha 14-Dic-07	de 20

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
3		B	5 Obstrucción de algunas salidas del divisor de flujo	algunos de los pads no recibe el caudal suficiente. Si el flujo es menor a 12.9 gpm se genera alarma en la pantalla y si es menor a 11.2 gpm el motor del molino para por enclavamiento. Se producirán presiones excesivas en el circuito con riesgo de rotura de tuberías y mangueras, equipos y daños a las personas. Se debe retirar el divisor y luego limpiar. Tiempo: 4hrs de parada. Disponer de un divisor de flujo en almacén
3		B	6 Error de programación de PLC	Los otros transmisores acusarán flujos distintos. Si el flujo es menor a 12.9 se genera alarma en la pantalla y si es menor a 11.2 gpm el motor del molino para por enclavamiento. Se debe corregir el programa en PLC. Tiempo: 1hrs.
3		B	7 Filtro de bombas de alta obstruido por partículas mayores a 180 micras	Si la diferencia supera 20 psi, aparecerá alarma en pantalla. Se abre by-pass alimentando en forma directa. Si el flujo es menor a 12.9 se genera alarma en la pantalla y si es menor a 11.2 gpm el motor del molino para por enclavamiento. Se debe cambiar el elemento filtrante Tiempo: 1hrs. Disponer de elemento filtrante en almacén.
3		B	8 Ver modo de falla listados en 3A	
3		C	1 Flujos a pad distintos Desgaste normal y desperejo de los engranajes del divisor	Flujos distintos. Si el flujo es menor a 12.9 se genera alarma en la pantalla y si es menor a 11.2 gpm el motor del molino para por enclavamiento. Si es mayor a 17 gpm hay una descompensación en los otros pads y se activa protección. Cambio de divisor de flujo. Tiempo: 5hrs. Se recomienda tener un divisor de flujo en almacén.
3		C	2 Obstrucción de una de las salidas del divisor	Los otros tres pares de engranajes ayudarían a forzar flujo en el obstruido. Si la fuerza no es suficiente, se bloquea el divisor de flujos completo. Si el flujo es menor a 12.9 gpm se genera alarma en la pantalla y si es menor a 11.2 gpm el motor del molino para por enclavamiento. Retiro para limpieza de divisor de flujo. Tiempo: 5hrs. Se recomienda tener un divisor de flujo en almacén.
3		C	3 Transmisor de flujo descalibrado.	Se visualizarán flujos distintos a 17 gpm en el circuitos. El operador no tiene control. Se debe reparar o cambiar el transmisor. Tiempo: 2hrs. Disponer un transmisor en almacén.

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (Causa del fallo)		EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)	
3		C		4	Falla en valvula check en posicion cerrada	Se visualizaran flujos distintos a 17 gpm en el circuitos.El operador no tiene control. Se debe reparar o cambiar valvula check. Tiempo: 5hrs. Disponer una valvula check en almacén.	
3		C		5	Valvula check montada (invertida)	Los otros tres pares de engranajes no pueden forzar la salida obstruída por la válvula invertida. Se bloquea el divisor de flujos por completo. Se visualizaran flujos distintos a 17 gpm en el circuitos.El operador no tiene control. Se debe desmontar y cambiar de posicion valvula check. Tiempo: 5hrs. Disponer una valvula check en almacén.	
3		C		6	Ver 3A10, 3A11 y 3A14		
4	Evitar presiones excesivas en el circuito de lubricación 3000psi	A	Presión superior a 3000 psi	1	Mala regulación de presión de válvula de alivio en bomba de alta	Se producirán presiones excesivas en el circuito con riesgo de rotura de tuberías y mangueras, equipos y daños a las personas. Se debe regular la presión de alivio de las bombas de engranajes de alta. Tiempo: 2hrs.	
4		A		2	Falla válvula de alivio en posición cerrada por contaminación	Se producirán presiones excesivas en el circuito con riesgo de rotura de tuberías y mangueras, equipos y daños a las personas. Se debe limpiar la válvula de alivio de las bombas de engranajes de alta. Tiempo: 2hrs.	
4		A		3	Válvula de alivio montada invertida	Si se eleva la presión, la válvula no alivia hacia tanque y estalla el circuito por el punto más débil, con riesgo para equipos y daños a las personas. Se debe activar plan de contingencia para control de derrames. Montar la válvula de alivio correctamente.	
5	Disponer de una bomba de engranajes de respaldo N°6 para lubricación de pads	A	No se dispone de la bomba de respaldo N°6	1	Bomba de respaldo ...		
6	Dar una alarma cuando la presión de lubricación entre pads señala una diferencia mayor a 3447KPa (500psi) durante 5 seg	A	No da una alarma cuando la diferencia entre pads es mayor a 500 psi	1	Error de programacion de PLC	Si la diferencia es mayor a 500 psi y PLC no detecta se podrian sobrecargar algunos pads, sin indicacion de alarma. Se debe corregir el programa en PLC. Tiempo: 1hrs.	

SISTEMA <i>Sistema de Lubricación - SAG 1</i>	Nº 0	Recopilado por r Guzmán - Diego I	Fecha 14-Dic-07	Hoja 11
SUB-SISTEMA	Ref. 3 de Lubricación	Revisado por	Fecha 14-Dic-07	de 20

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
6		A	2 PITs descalibrados	Si la diferencia es mayor a 500 psi y PLC no detecta se podrian sobrecargar algunos pads, sin indicacion de alarma. Se debe calibrar los PITs. Tiempo: 3hrs.
6		A	3 Cables sueltos en transmisores	Si la diferencia es mayor a 500 psi y PLC no detecta se podrian sobrecargar algunos pads, sin indicacion de alarma. Se debe ajustar cables sueltos en los PITs. Tiempo: 1hrs.
6		A	4 Falla de alimentacion de PITs	Se va hacia una lectura baja y para molino por enclavamiento. Buscar la falla y energizar los PITs. Tiempo: 1hrs.
6		A	5 Falla general de PLC	Agrupamos aquí todas las fallas aleatorias de tajetas de entrada/salida, comunicación, fuente de alimentación, fusibles, breakers. Se debe identificar la falla y cambiar el componente o recargar el programa. Tiempo: 2hrs.
6		A	6 Mala conexion de transmisores.	Si la diferencia es mayor a 500 psi y PLC no detecta se podrian sobrecargar algunos pads, sin indicacion de alarma. Se debe corregir la coneccion en los PITs o PLC. Tiempo: 1hrs.
6		B	Da alarma en un tiempo distinto a 5 segundos	1 Ver6A1 y 6A5
7	Dar una alarma por debajo de 950 psi y detener el molino si la presión de lubricación de pads descende de 5860KPa (850psi)	A	No detiene el molino cuando presion descende de 850 psi	1 Error de programacion de PLC Si la presion descende de 850 psi y PLC no detecta podria entrar en contacto la cara del trunnion con los pad. Deberian activarse los acumuladores de aceite. Se debe corregir el programa en PLC. Tiempo: 1hrs.
7		A		2 PITs descalibrados Si la presion descende de 850 psi y la señal del transmisor indica presion correcta podria entrar en contacto la cara del trunnion con los pad. Se debe calibrar los PITs. Tiempo: 1hr.
7		A		3 Cables sueltos en transmisores Si la presion descende de 850 psi y PLC no detecta se podria entrar en contacto la cara del trunnion con los pad. Se debe ajustar cables sueltos en los PITs. Tiempo: 1hrs.
7		A		4 Falla de alimentacion de energia a PITs Se va hacia una lectura igual a cero y para molino por enclavamiento, se activan los acumuladores de aceite. Buscar la falla y energizar los PITs. Tiempo: 1hrs.

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
7	A	5 Falla general de PLC	Agrupamos aquí todas las fallas aleatorias de tajetas de entrada/salida, comunicación, fuente de alimentación, fusibles, breakers. Podría entrar en contacto cara de trunnion con los pad. El PLC desenergizaria el solenoide y activaria los acumuladores. Se debe identificar la falla y cambiar el componente o recargar el programa. Tiempo: 2hrs.
7	A	6 Mala conexión de transmisores.	Si la presión desciende de 850 psi y PLC no detecta se podría entrar en contacto la cara del trunnion con los pad. Se debe corregir la conexión en los PITs o PLC. Tiempo: 1hrs.
7	A	7 Falla del sistema de frenos	Se analiza aparte.
7	C		
8	A	No permite ajustar flujo en 1.25 gpm.	1 Error de regulación válvula de aguja Si se restringe demasiado no llega flujo suficiente a las esquinas del pad, aumenta el flujo en el punto central del pad. Posible contacto de cara de trunnion con pad en las esquinas. Si se ajusta un flujo mayor a 1.25 gpm el flujo en el punto central disminuye, se puede perder la película de lubricación dañando el pad. Regular válvulas de aguja. Tiempo: 5hrs.
8	A	2 Perilla robada	No permite ajustar el caudal. Posible contacto de cara de trunnion con pad. Cambiar válvula tipo aguja. Tiempo: 6hrs. Se recomienda tener válvulas tipo aguja en almacén.
8	A	3 Perilla bloqueada	No permite ajustar el caudal. Posible contacto de cara de trunnion con pad. Cambiar válvula tipo aguja. Tiempo: 6hrs. Se recomienda tener válvulas tipo aguja en almacén.
8	A	4 Válvula obstruida por objeto extraño	No permite ajustar el caudal. Posible contacto de cara de trunnion con pad. Cambiar válvula tipo aguja. Tiempo: 6hrs. Se recomienda tener válvulas tipo aguja en almacén.
9	A	No lubrica los pads de empuje a un caudal mayor de 2.33 gpm	1 Fallan bombas de empuje N° 8 por desgaste normal de sus engranes Baja la eficiencia y finalmente no alcanza la flujo requerido para lubricar los pads de empuje. Se detiene el molino por bajo flujo. Se debe cambiar a la bomba de respaldo y reparar. Tiempo:

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 1	Nº	0	Recopilado por	r Guzmán - Diego I	Fecha	14-Dic-07	Hoja	13
SUB-SISTEMA		Ref.	3 de Lubricación	Revisado por		Fecha	14-Dic-07	de	20

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
9	A	2 Desgaste de cámara de bomba de empuje N°8	1hr de parada. Baja la eficiencia y finalmente no alcanza el flujo requerido para lubricar los pads de empuje. Se detiene el molino por bajo flujo. Se debe cambiar a la bomba de respaldo y reparar. Tiempo: 1hr de parada.
9	A	3 Falla la bomba de empuje N8 por falta de energía.	No bombea. Para el molino por bajo flujo. Se activan acumuladores de aceite. Se analiza aparte el suministro de energía.
9	A	4 Falla bomba de empuje N°8 por desgaste normal de sellos	Baja la eficiencia y finalmente no alcanza el flujo requerido para lubricar los pads de empuje. Se detiene el molino por bajo flujo. Se debe cambiar a la bomba de respaldo y reparar. Tiempo: 1hr de parada.
9	A	5 Falla la bomba empuje N°8 por deterioro de la aislación del motor	El motor no arranca y el molino no opera por enclavamiento. Se debe cambiar a la bomba de respaldo y enviar a rebobinar el extraído. Tiempo: 1hr de parada.
9	A	6 Falla la bomba de empuje N°8 por falla de válvula de alivio abierta PSV	El aceite se desvía retornando al tanque. No hay flujo suficiente en los pad de empuje, se detiene el molino. Se debe cambiar a la bomba de respaldo y luego cambiar la válvula y ajustar correctamente. Tiempo: 3hrs. Disponer de válvula en almacén.
9	A	7 Falla la bomba de empuje N°8 por falla de válvula de alivio abierta por objeto extraño	El aceite se desvía retornando al tanque. No hay flujo suficiente en los pads de empuje, se detiene el molino. Se debe cambiar a la bomba de respaldo. Luego cambiar la válvula y limpiar correctamente. Tiempo: 1hrs.
9	A	8 Falla la bomba de empuje N°8 por falla de válvula de alivio mal regulada	El aceite se desvía retornando al tanque. No hay flujo suficiente en los pads de empuje, se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo y luego se cambia la válvula y regula correctamente. Tiempo: 1hr de parada.
9	A	9 Mangueras cortadas por envejecimiento	Se producen fugas al exterior, no se alcanza flujo requerido, se detiene el molino. Se deben cambiar las mangueras, activar el plan de contingencia por derrame y reponer el aceite perdido. Tiempo: 6hrs de parada. Disponer de mangueras en almacén.

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
9	A	10 Conectores de mangueras sueltos por vibraciones	Se producen fugas al exterior, no se alcanza el flujo requerido en los pads de empuje y se detiene el molino. Se deben cambiar los conectores, activar el plan de contingencia por derrame y reponer el aceite perdido. Tiempo: 6hrs de parada. Disponer de conectores en almacén.
9	A	11 Rodamientos del motor agarrotados por uso normal	Se detiene el motor, no bombea, baja el flujo a los pads de empuje y se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo y luego se repara el motor extraído. Tiempo: 1hrs.
9	A	12 Rodamientos del motor agarrotados por falta de lubricación	Se detiene el motor, no bombea, baja el flujo a los pads de empuje y se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo y luego se repara el motor extraído. Tiempo: 1hrs.
9	A	13 Tubería de succión / descarga obstruida	No hay flujo, no se alcanza el flujo requerido en los pads de empuje y se detiene el molino. Se debe desmontar e inspeccionar las tuberías. Limpiar el tramo afectado. Tiempo: 8hrs.
9	A	14 Válvula en tramo de succión o descarga olvidada cerrada	No habilita el arranque del molino y no hay flujo. Se debe abrir la válvula correspondiente. Tiempo: 30 min.
9	A	15 Falla válvula de descarga en posición cerrada	El flujo recircula a tanque por válvula de alivio y no arranca el molino. Se debe cambiar a bomba de respaldo. Tiempo: 1 hr. Luego reparar la válvula de descarga.
9	A	16 Falla transmisor de flujo por descalibración	La falsa señal hace que el flujo sea mayor al real pudiéndose perder la película de lubricación dañando pads de empuje y trunnion. Se debe limpiar y recalibrar. Tiempo: 2hrs.
9	A	17 Rotura de acople motor/bomba de empuje N°8 por fatiga	No hay flujo y se detiene el molino. Se cambia a la bomba de respaldo. Luego se debe cambiar el acople al conjunto extraído. Tiempo: 1hrs de parada. Disponer de acople en almacén.
9	A	18 Error en el conexionado del motor (invertido)	Arranca la bomba pero no hay flujo. El enclavamiento hace detener la bomba sin daños para la misma. No arranca el molino. Se debe cambiar a bomba de respaldo. Se debe reconexionar el motor. Tiempo: 1 hr.

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 1	Nº	0	Recopilado por	r Guzmán - Diego I	Fecha	14-Dic-07	Hoja	15
SUB-SISTEMA		Ref.	3 de Lubricación	Revisado por		Fecha	14-Dic-07	de	20

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
9	A	19 Falla motor por baja aislación de cables de alimentación	Se producen cortocircuitos, descargas a tierra, no arranca el motor de la bomba y no hay flujo. Se detiene el molino. Se cambia a bomba de respaldo. Se debe reparar el tramo afectado. Si el daño es mayor, cambiar los cables. Tiempo: 1hrs de parada.
9	A	20 Falla el arrancador del motor	No arranca el motor de la bomba y no hay flujo en los pads de empuje. No arranca el molino. Se cambia a bomba de respaldo. Se debe evaluar la falla y reparar algunos componentes menores. Tiempo: 1hr.
9	A	21 Bornes en tablero sueltos	No arranca el motor de la bomba y no hay flujo de lubricación en los pads de empuje. No arranca el molino. Se cambia a bomba de respaldo. Tiempo: 1 hr. Se debe evaluar la falla y ajustar bornes.
9	A	22 Contactores deteriorados	No arranca el motor de la bomba y no hay flujo lubricación en los pads de empuje. No arranca el molino. Se cambia a bomba de respaldo. Tiempo 1 hr. Se debe evaluar la falla y cambiar la parte deteriorada.
9	A	23 Falla sistema de control PLC	Agrupamos aquí todas las fallas aleatorias de tajetas de entrada/salida, comunicación, fuente de alimentación, fusibles, breakers, No se tiene control sobre el motor en estado remoto o local, se detiene el molino. Se debe identificar la falla y cambiar el componente o recargar el programa. Tiempo: 2hrs.
9	A	24 Enclavamiento activo	Hasta no cumplir todas las variables del arranque, este no se habilita imposibilitando la marcha del molino. [Válvula cerrada, nivel de tanque bajo, baja velocidad de flujo, presión diferencial de filtros, válvula bypass abierta,...] Si hay indicación visual, puede corregirse rápidamente. De lo contrario llevará 1 a 2 hrs identificar la causa. Ver funciones relativas a los enclavamientos.
9	A	25 Válvula check antirretorno trabada cerrada	No hay flujo. No arranca el molino. Se cambia a bomba de respaldo. Tiempo: 1hr. Luego se debe desmontar, cambiar y reparar.

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
<p>24 baja de 2550 psi (17582 Kpa) Dar una alarma si la presión diferencial entre los PIT 710A y 710B es mayor a 30 psi (200 KPa) durante más de 5 segundos</p>			

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 2	Nº	0	Recopilado por		Fecha	14-Dic-07	Hoja	2
SUB-SISTEMA		Ref.	1 de Lubricación	Revisado por		Fecha		de	5

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
13	A	5 Heaters quemados	Por temperatura baja de aceite no arrancan las bombas de baja presion, no hay filtracion. Se detiene todo el sistema incluyendo molino. Tiempo: 8hrs.
13	A	6 Cable de Heaters sulfatados.	La falsa señal hace que se trabaje con temperaturas menores a las recomendables. Se debe detener el sistema y limpiar. Tiempo: 1hrs.
13	A	7 Error de programacion PLC	Es posible que las bombas de lubricacion (alta presion) arranquen teniendo una temperatura del aceite menor a 27°C, esto puede ocasionar deficiencia en la lubricacion de los pads y los sistemas lubricados. Corregir programa. Tiempo: 1hr.
13	A	8 Error general de PLC	Agrupamos aquí todas las fallas aleatorias de tarjetas de entrada/salida, comunicación, fuente de alimentación, fusibles, breakers, No se tiene control sobre el motor en estado remoto o local, se detiene el molino. Se debe identificar la falla y cambiar el componente o recargar el programa. Tiempo: 2hrs.
13	B	1 Falla de contacto del PLC a heaters HE-3/4/5 por fusible fundido.	No hay control de temperatura en el sistema, se activa enclavamiento y paran bombas de baja presion, paran bombas de lubricacion y para el molino cuando temperatura es mayor a 60°C. Tiempo: 1hr.
13	B	2 Error de programacion del PLC.	Bombas de lubricacion (alta presion) se paran por temperatura del aceite mayor a 60°C, esto puede ocasionar degradacion del aceite. Corregir programa. Tiempo: 1hr.
13	B	3 Valvula motorizada de linea de agua trabada, cerrada	No hay control del suministro de agua de enfriamiento, se activa enclavamiento por temperatura mayor a 60°C y paran bombas de pistones, de empuje, de engranajes de alta y de acumuladores. Tiempo: 2hrs.
13	B	4 Perdida de suministro de agua.	Se analiza aparte.
13	B	5 Encalichamiento de tuberias del intercambiador de calor.	No hay buena transferencia de calor. Encostramiento por dureza del agua. Programar remosion de costra. Cambiar a intercambiador de respaldo.
13	B	6 Valvulas de linea de agua, del ingreso y salida del intercambiador olvidadas cerradas	No hay control del suministro de agua de enfriamiento, se activa enclavamiento por temperatura mayor a 60°C y paran bombas de pistones, de empuje y de acumuladores. Tiempo: 2hrs.

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 2	Nº	0	Recopilado por	Fecha	Hoja
SUB-SISTEMA		Ref.	3 de Lubricación	Revisado por	Fecha	de
					14-Dic-07	4
						5

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
14	Suministrar aceite limpio, con partículas menores a 180µm.	A suministra aceite con partículas mayores a 180µm.	1 Elemento filtrante de 180µm o 12µm roto.	Se deterioran los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.
14		A	2 Elemento filtrante de 180µm o 12µm saturado.	El aceite contaminado pasa por la línea de by pass y se deterioran los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.
14		A	3 No hay elemento filtrante de 180µm o 12µm. en cámara de filtro	El diferencial de presión de filtros marca una señal baja, en caso no se instale el elemento filtrante, se deterioran los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.
14		A	4 Elemento filtrante de mayor micraje.	Se deterioran los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.
14		A	5 Valvula de by pass de filtros mal especificada	Si la apertura de la valvula esta especificada a menos de 20 PSI, el aceite contaminado pasa por la línea de by pass y se deterioran los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.
14		A	6 Valvula de by pass de filtros obstruida por objeto extraño	En caso los filtros esten saturados, la sobre presión produce una rotura del elemento filtrante y se deterioran los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.
14		A	7 Sello de grasa (reseco, envejecido, gastado, roto) en mal estado.	Permite el ingreso de contaminantes mayores a 180µm directamente a los trunnion, deteriorando los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastróficas de molino. Tiempo de parada 7 días.

SISTEMA	Sistema de Lubricación - SAG 2	Nº	0	Recopilado por		Fecha	14-Dic-07	Hoja	5
SUB-SISTEMA		Ref.	3 de Lubricación	Revisado por		Fecha		de	5

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFEECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
14		A	8 Sello de grasa mal calibrados	Permite el ingreso de contaminantes mayores a 180µm directamente a los trunnion, deteriorando los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastroficas de molino. Tiempo de parada 7 dias.
14		A	9 Falla de sistema de engrase automatico	Suministro de grasa a los sellos es insuficiente, Permitiendo el ingreso de contaminantes mayores a 180µm directamente a los trunnion, deteriorando los Pads por contaminantes en el aceite. Reduciendo la vida de los pads, trunnions y otros componentes del sistema. Probables fallas catastroficas de molino. Tiempo de parada 7 dias.
15	Dar una alarma si el contenido de humedad relativa en el tanque de aceite es mayor al 80%	A No dar alarma cuando humedad excede el 80%	1 Error de programacion de PLC	La pantalla y los parametros de operacion se congelan. Es posible que la humedad en el sistema continúe incrementandose, el aceite se degrada pudiendo dañar los pads. Recargar el programa . Tiempo: 1 hora.
15		A	2 Error general de PLC.	Agrupamos aquí todas las fallas aleatorias de tarjetas de entrada/salida, comunicación, fuente de alimentación, fusibles, breakers. Se debe identificar la falla y cambiar el componente o recargar el programa. Tiempo: 2hrs.
15		B Dar una alarma a menos de 80% de humedad relativa	1 Falla de instrumento de humedad. Descalibrado	Una falsa señal hace que se active innecesariamente la alarma en la pantalla
15		B	2 Error de programacion en PLC	Al haber mal escalamiento en el programa hace que se active innecesariamente la alarma en la pantalla.

Tabla 4.2 Hoja de información del sistema matriz y el sistema de proceso (2 y 3)

SISTEMA	Motor molino SAG Gold mill	N°	0	Recopilado por	Fecha	Hoja
SUB-SISTEMA		Ref.	r molino SAG Gol	Revisado por	Fecha	de
					07-Dic-07	2
						13

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
1	A	15 Tuercas de pernos de anclaje de estator sueltos por uso normal	Puede llegar a chocar estator con el rotor. Se detiene bruscamente el equipo y el operador se da cuenta. Detención 3 meses
1	A	16 Pernos de anclaje de polos del rotor sueltos por uso normal	Puede llegar a chocar estator con el rotor. Se detiene bruscamente el equipo y el operador se da cuenta. Detención 3 meses
1	A	17 Pernos de anclaje de polos sueltos por mal montaje	Puede llegar a chocar estator con el rotor. Se detiene bruscamente el equipo y el operador se da cuenta. Detención 3 meses
1	A	18 Cuñas de ajuste de bobina de polos de rotor suelta por uso normal	Puede llegar a chocar estator con el rotor. Es evidente para el operador. Se detiene bruscamente el equipo y el operador se da cuenta. Detención 3 meses
1	A	19 Cuñas de ajuste de bobina de polos suelta por mal montaje	Puede llegar a chocar estator con el rotor. Se detiene bruscamente el equipo y el operador se da cuenta. Detención 3 meses
1	A	20 Sellos de teflón de estator gastados por uso normal.	Ingresa humedad y polvo. Se detiene el equipo y nadie se da cuenta hasta que se aísla el equipo y se de la detención del motor. 7 días.
1	A	21 Sellos de teflón de estator gastados por mal montaje	Ingresa humedad y polvo. Se detiene el equipo y nadie se da cuenta hasta que se aísla el equipo y se de la detención del motor. 7 días.
1	A	22 Guardas de estator corroidas por uso normal	Ingresa humedad y polvo. Es evidente para el operador. Posible contaminación de entrehierro. y se de la detención del motor. 7 días.
1	A	23 Sellos de teflón de estator gastado prematuramente por mala operación	Ingresa humedad y polvo. Se detiene el equipo y nadie se da cuenta hasta que se aísla el equipo y se de la detención del motor. 7 días.
1	A	24 Resortes de sellos de teflón de estator fatigados por uso normal	Ingresa humedad y polvo. Se detiene el equipo y nadie se da cuenta hasta que se aísla el equipo y se de la detención del motor. 7 días.
1	A	25 Escobillas de rotor gastados por uso normal	Se da cuenta el operador que el motor se detiene. Cambio de escobillas 35 horas

SISTEMA	Motor molino SAG Gold mill	N°	0	Recopilado por	Fecha	Hoja
SUB-SISTEMA		Ref.	r molino SAG Gol	Revisado por	Fecha	de
					07-Dic-07	6
						13

FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFFECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
1	A	58 Cables de control Switch rotor-estator de estatus de desconectador cortados por vibración	El operador se da cuenta de la parada del motor. Tiempo de detención: 3 horas
1	A	59 Cables de control Switch de estatus de desconectador cortados por mal montaje	El operador se da cuenta de la parada del motor. Tiempo de detención: 3 horas
1	A	60 2 Sensor de distacia entre-hierros quemado aleatoriamente (de un mismo cuadrante)	El operador se da cuenta de la parada del motor. Tiempo de detención: 24 horas
1	A	61 2 Transmisor del sensor de distacia entre-hierros quemado aleatoriamente (de un mismo cuadrante)	El operador se da cuenta de la parada del motor. Tiempo de detención: 4 horas
1	A	62 2 Cables de control de sensor de distacia entre-hierros quemado aleatoriamente (en un mismo cuadrante)	El operador se da cuenta de la parada del motor. Tiempo de detención: 24 horas
1	A	63 Pista de rotor gastada por uso normal	El operador se da cuenta de la parada del motor. Tiempo de detención: 7 días
1	A	64 Puerta del desconectador abierta por error humano	El operador se da cuenta. Posible contaminación de los componentes y mecanismos del desconectador. Tiempo de detención: 3 horas
1	B	Mueve el rotor a una velocidad menor de 0.2 rpm	1 Falla en el ciclo convertidor Se analizará por separado.
1	B		2 Disminución de velocidad por mala operación Es evidente. Pérdida de producción
1	B		3 Aplicación de tierra eléctrica por error humano Soldadura con tierra conectada a la carcasa en la sala eléctrica del ciclo convertidor afectando la electrónica del ciclo convertidor.
1	C	Mover el rotor a una velocidad mayor a 11.7 rpm	1 Falla en el ciclo convertidor Se analizará por separado
1	C		2 Aumento de velocidad por mala operación Es evidente. Pérdida de producción.

SISTEMA	Motor molino SAG Gold mill	Nº	0	Recopilado por	Fecha	Hoja	Yana Cerna
SUB-SISTEMA		Ref.	r molino SAG Gol	Revisado por	Fecha	de	13

FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFEECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
3		A	26 Parrillas de la tapa de descarga obstruidas por uso normal	Acumulación de material en el molino, rebose hacia la alimentación. Detención del molino por sobrecarga. Es evidente. Tiempo de detención: 12 horas.
3		A	27 Parrillas de la tapa de descarga obstruidas por mala operación	Acumulación de material en el molino, rebose hacia la alimentación. Detención del molino por sobrecarga. Es evidente. Tiempo de detención: 12 horas.
3		A	28 Parrillas de la tapa de descarga obstruidas por mala selección	Acumulación de material en el molino, rebose hacia la alimentación. Detención del molino por sobrecarga. Es evidente. Tiempo de detención: 12 horas.
3		A	29 Falta agua por error operacional	Acumulación de material en el molino, rebose hacia la alimentación. Detención del molino por sobrecarga. Es evidente. Tiempo de detención: 12 horas.
4	Ser capaz de clasificar y orientar la carga mayor a 10 mm	A	1 Paneles del Trommel desgastado por uso normal	Hay fugas de material, evidente para el operador. Tiempo de detención: 2 días
4		A	2 Pernos de Trommel roto por mal montaje	Hay fugas de material, evidente para el operador. Tiempo de detención: 24 horas
4		A	3 Rociadores tapados por contaminación	Analizar por separado
4		A	4 Paneles del Trommel sueltos por mal montaje	Hay fugas de material e ingresa el material a la bomba, evidente para el operador. Tiempo de detención: 8 horas
4		A	5 Pernos de guía de paneles del Trommel sueltos por mal montaje	Acumulación de material evidente para el operador. Tiempo de detención: 8 horas
4		A	6 Pernos de guía del panel del Trommel sueltos por vibración	Acumulación de material evidente para el operador. Tiempo de detención: 8 horas
4		A	7 Pernos de Trommel y trunnion sueltos por vibración	Caída de trommel. Evidente. Tiempo de detención: 2 días
4		A	8 Pernos de unión de estructura Trommel - Trommel trunnion sueltos por vibración	Se marca el perno producto de la soltura. Se cortan y cae el trommel. Evidente. Tiempo de detención: 8 horas
4		A	9 Pernos de unión de estructura Trommel - Trommel sueltos por mal montaje	Caída de trommel. Evidente. Tiempo de detención: 8 horas

SISTEMA	Motor molino SAG Gold mill	N°	0	Recopilado por	Fecha	Hoja
SUB-SISTEMA		Ref.	r molino SAG Gol	Revisado por	Fecha	de
					07-Dic-07	13
						13



FUNCIÓN		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFEECTO DEL FALLO (Qué ocurre cuando falla)
7		A	4 Cable cortado por error humano	Personal no autorizado ingresa y retira un cable. El operador se da cuenta en pantalla que ha fallado un RTD. Tiempo de detención 8 horas
7		A	5 Terminal cables de control de sensor en caja de conexiones aislados por contaminación	El operador se da cuenta en pantalla que ha fallado un RTD. Tiempo de detención 3 horas
7		A	6 Terminal cables de control de sensor en caja de conexiones suelto por mal montaje	El operador se da cuenta en pantalla que ha fallado un RTD. Tiempo de detención 3 horas
8	Permitir el cambio individual de los Liners	A No permite el cambio individual de los Liners	1 Liners mal montaje de Liners por error humano	Queda el Liner pegado uno a otro en el montaje y no lo puedo despegar. Demora en el tiempo de reparación. 10 horas
9	Ser capas de desplazar el estator del molino 2 metros.	A Incapas de desplazar el estator del molino 2 metros.	1 Plancha lisa (Riel de desplazamiento del estator) bloqueado por contaminación	La contaminación bloquea el desplazamiento y no pueden desplazar el estator. Es evidente para todos. Tiempo de detención adicional 2 horas
10	Amortiguar el impacto de la carga sobre los Liners	A No amortigua el impacto de la carga sobre los Liners	1 Goma de revestimiento de shell (Backing rubber) mal montada por error humano.	Probable rotura de liners por impacto o pérdida de hermeticidad del shell. El operador lo advierte y comunica al mantenimiento. Probable rotura de shell, reparación: 24 horas
10		A	2 Goma de revestimiento de shell (Backing rubber) degradada por uso normal	Probable rotura de liners por impacto o pérdida de hermeticidad del shell. El operador lo advierte y comunica al mantenimiento. Si hay rotura de liners, probable rotura de shell, reparación: 24 horas
11	Mantener separados los liner en el interior del molino	A No mantiene separados los liner en el interior del molino	1 Separador de caucho entre Liners mal montado por error humano	Liners soldados por deformación en frío, los tiempos de cambio de liners se verán incrementados en 5 días.
11		A	2 Separador de caucho entre Liners gastado por uso normal.	Liners soldados por deformación en frío, los tiempos de cambio de liners se verán incrementados en 5 días.

4.4 EVALUACION Y SELECCIÓN DE LAS TAREAS:

Tabla 4.3 Hoja de decisión del Sistema de Lubricación (1)

SISTEMA <i>Sistema de Lubricación - SAG 2</i>		Nº 0	Recopilado por	Fecha 14-Dic-07	Hoja 3
SUB-SISTEMA		Ref. 3 de Lubricación	Revisado por	Fecha	de 3

Información Referencia	Consecuencia evaluación				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	A falta de Tareas			Proposed Task	Intervalo Inicial	A realizar por
	F	FF	MF	O				H4	H5	S4			
14 A 8	S	N	N	S	S						Reajustar sellos de grasa mediante calibrador de laines. Si la luz es mayor a 7 centecimas proceder a la calibracion.	1 mes	mecanico
14 A 9	S	N	N	S	S						Verificar que el sistema de engrase automatico este operativo. Ademas observar oscilacion de manometro de presion de linea de engrase. En caso que sistema de engrase falle, avizar a mantenimiento.	Diario	operador
15 A 1	S	N	N	S	N	N	N				NMP		
15 A 2	S	N	N	S	N	N	N				NMP		
15 B 1	S	N	N	N	S						Realizar contraste en campo de transmisor de humedad relativa con higrómetro portatil.	6 meses	instrumentista
15 B 2	S	N	N	S	N	N	N				NMP		

Tabla 4.4 Hoja de decisión del sistema matriz y el sistema de proceso (2 y 3)

CAPITULO 5

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

5.1 SUSTENTO DEL PROGRAMA

Como resultado del análisis tenemos estrategias de mantenimiento menos costosas, más armonioso y más eficaz. Las tareas de mantenimiento nos son simples check list que en muchos casos no agregan valor; sino, estrategias bien pensadas y enfocadas a eliminar modos de falla.

Respecto del Sistema de Lubricación (1) Se identificaron 41 funciones de las cuales se analizaron 18, quedan pendiente de análisis 23 funciones. Las 18 funciones analizadas son las más complejas, en las cuales se han encontrado y analizado 197 modos de fallo. El resto de funciones pendientes esta básicamente referidas a alarmas y enclavamientos del sistema.

Del análisis de las consecuencias de los 197 modos de fallo se ha encontrado que 127 de ellas tiene consecuencias operacionales, los cuales pueden afectar la disponibilidad del molino SAG.

Respecto del sistema matriz y de proceso (2 y 3) el 55 % de los modos de falla no requieren de mantenimiento programado, esto elimina una gran cantidad de inspecciones que en muchos casos requiere detener el equipo y ocasiona pérdida de producción. El 38% de los modos de falla requieren de mantenimiento basado en la condición, que involucra la búsqueda de síntomas, análisis de tendencias que en muchos casos no requieren de equipos especiales, es solo el uso de todos los sentidos. Finalmente podemos mencionar que solo el 7% de los modos de falla requiere de mantenimiento en función del tiempo

El sistema matriz y el sistema de proceso (2 y 3)

Funciones	: 11
Fallos Funcionales	: 14
Modos de Falla	: 147

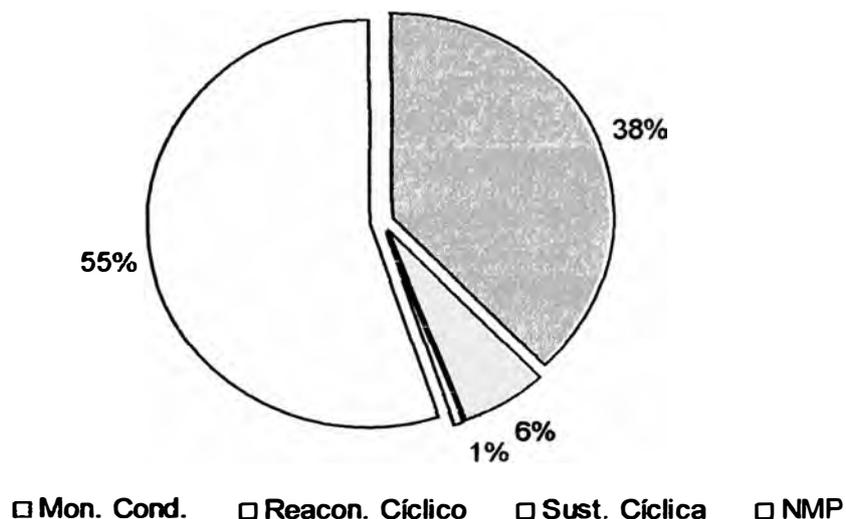


Gráfico 5.1 Distribución porcentual por tipos de mantenimiento para el sistema matriz y el sistema de proceso

- El Sistema refrigeración de aire del molino quedó sin terminar por falta de información del proyecto e indefiniciones a la fecha.

5.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO POR ESPECIALIDAD

Tabla 5.1 Tareas de mantenimiento del Sistema de Lubricación (1)

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
1A3	Implementar marcas de inspección visual en manómetros. Check list de inspección de campo.	Operador	Proced. Operaciones
1A5	Disponer de válvula en almacén.	Inspector	Proced. Mant..
1A6	Disponer de válvula de alivio en almacén.		Proced. Mant..
1A7	Implementar procedimiento de montaje y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		Proced. Mant..
1A8	Implementar procedimiento de montaje, prueba y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		Proced. Mant..
1A9	Implementar PST asociado a la tarea	Operador	Proced. Mant..
1A10	Implementar PST asociado a la tarea. Uso de EPP específicos según riesgo. Implementar la instalación de cables de seguridad (anti-chicotazos)	Operador	Proced. Mant..
1A11	Mantener conjunto motor-bomba de pistones en almacén.	Inspector	Proced. Mant..
1A12	Establecer frecuencias y cantidades de engrase, con el Ultralube (monitor de ruido)	Mecánico	Proced. Mant..
1A13	Verificar limpieza de tuberías durante el montaje -pruebas, flushing de líneas, etc.). Implementar protocolos de recepción de los sistemas nuevos.		Rediseño
1A14	PST de arranque de bombas y posición de valvulas.		Proced. Operaciones
1A15	Tener acople de respaldo.		Proced. Mant..
1A16	PST de conexionado de motor y giro		Proced. Mant..
1A17	PST de megado de cables.	Electricista	Proced. Mant..
1A18	PST de megado de arrancadores.		Proced. Mant..
1A21	Tener las tarjetas principales del PLC en almacen.		Proced. Mant..
1A22	Implementar un monitoereo de enclavamientos en la pantalla (configuracion contra el valor de campo)		Rediseño
1A23	Mantener una valvula check en almacen.		Proced. Mant..
2A1	Capacitación de personal de Control de Procesos en programación de PLC.		Proced. Mant..
2A2	PST de arranque y parada de bombas.		Proced. Operaciones
3A1	Implementar check list. Una vez recopilada las tendencias de presion y flujo validar las alarmas de la logica de control del proceso.	Operador	Proced. Operaciones

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
3A4	Monitoreo de tendencias a cargo de operaciones.	Operador	Rediseño
3A7	Disponer de válvula de alivio en almacén.		Proced. Mant..
3A8	Implementar procedimiento de montaje y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		Proced. Mant..
3A9	Implementar procedimiento de montaje, prueba y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		Proced. Mant..
3A10	Implementar PST asociado a la tarea.	Operador	Proced. Mant..
3A11	Implementar PST asociado a la tarea. Uso de EPP específicos según riesgo. Implementar la instalación de cables de seguridad (anti-chicotazos)	Operador	Proced. Mant..
3A12	Mantener conjunto motor-bomba de pistones en almacén.	Operador	Proced. Mant..
3A13	Establecer frecuencias y cantidades de engrase, con el Ultralube (monitor de ruido)	Mecánico	Proced. Mant..
3A14	Verificar limpieza de tuberías durante el montaje -pruebas, flushing de líneas, etc.). Implementar protocolos de recepción de los sistemas nuevos.		Rediseño
3A15	PST de arranque de bombas y posición de valvulas.		Proced. Operaciones
3A17	Contar con switch en almacen.	Electricista	Proced. Mant..
3A19	Contar con switch en almacen.	Electricista	Proced. Mant..
3A22	Adquirir equipo de calibración de RTDs.	Instrumentista	Proced. Mant..
3A24	Tener un acople en almacén	Inspector	
3A25	PST de conexionado de motor y giro		Proced. Mant..
3A26	PST megado de cables	Electricista	Proced. Mant..
3A27	PST de megado de arrancadores.		Proced. Mant..
3A30	Tener las tarjetas principales del PLC en almacen.		Proced. Mant..
3A31	Implementar un monitoereo de enclavamientos en la pantalla (configuración contra el valor de campo)		Rediseño
3A32	Mantener una valvula check en almacen.		Proced. Mant..
3A33	Estandarizar el punto de medición por ultrasonido	Inspector	
3A35	Adquirir equipo de calibración de RTDs	Electricista	Proced. Mant..

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
3B1	Verificar limpieza de tuberías durante el montaje -pruebas, flushing de líneas, etc.). Implementar protocolos de recepción de los sistemas nuevos.		Rediseño
3B5	Disponer de un divisor de flujo en almacén		Proced. Mant..
3B6	Capacitación de personal de Control de Procesos en programación de PLC.		Entrenamiento
3B7	Además de alertar el diferencial de presión, indicar el cambio de filtro por el operador. PST de cambio y by-pass de filtro.	Operador	Proced. Operaciones
3C1	Implementar gráficos de control con la información recolectada por el sistema.	Sup. Oper.	
3C4	Mantener una valvula check en almacen.		Proced. Mant..
3C5	PST de montaje de válvulas check		Proced. Mant..
4A1	PST de regulación de válvulas de alivio. Respalda en documentos auditables.		Proced. Mant..
4A3	PST de montaje correcto de válvulas de alivio. Especificar válvula de alivio		Proced. Mant..
6A1	Capacitación de personal de Control de Procesos en programación de PLC.		Entrenamiento
6A5	Tener las tarjetas principales del PLC en almacen.		Proced. Mant..
6A6	Prever la polaridad en la forma de conexión de los transmisores		Entrenamiento
7A1	Capacitación de personal de Control de Procesos en programación de PLC.		Entrenamiento
8A1	Consulta con válvula aguja totalmente abierta, qué caudal pasaría. PST de equalización de lubricación en los puntos del pad.		Entrenamiento
8A2	Colocar precintos de seguridad para evitar que se manipulen las válvulas aguja del pad.		Rediseño
9A1	Implementar check list. Una vez recopilada las tendencias de flujo validar las alarmas de la logica de control del proceso.	Operador	Proced. Mant..
9A8	Implementar procedimiento de montaje y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		
9A9	Implementar PST asociado a la tarea.	Operador	Proced. Mant..
9A10	Implementar PST asociado a la tarea. Uso de EPP específicos según riesgo. Implementar la instalación de cables de seguridad (anti-chicotazos)	Operador	Proced. Mant..

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
9A11	Mantener conjunto motor-bomba de pistones en almacén.	Inspector	Proced. Mant..
9A12	Establecer frecuencias y cantidades de engrase, con el Ultralube (monitor de ruido)	Mecánico	Proced. Mant..
9A13	Verificar limpieza de tuberías durante el montaje -pruebas, flushing de líneas, etc.). Implementar protocolos de recepción de los sistemas nuevos.		Rediseño
9A14	PST de arranque de bombas y posición de válvulas.		Proced. Operaciones
9A17	Tener acople de respaldo.		Proced. Mant..
9A18	PST de conexionado de motor y giro		Proced. Mant..
9A19	PST de megado de cables.	Electricista	Proced. Mant..
9A20	PST de megado de arrancadores.		Proced. Mant..
9A23	Tener las tarjetas principales del PLC en almacen.		
9A24	Implementar un monitoeero de enclavamientos en la pantalla (configuración contra el valor de campo)		
9A25	Mantener una válvula check en almacen.		Proced. Mant..
9A26	Además de alertar el diferencial de presión, indicar el cambio de filtro por el operador. PST de cambio y by-pass de filtro.	Operador	Proced. Operaciones
9A28	implementar PST.	Electricista	Proced. Mant..
9B1	Implementar procedimiento de montaje, prueba y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		Proced. Mant..
20A3	Disponer de un juego de electroválvula FY 714 con su válvula FV 714	Instrumentista	Proced. Mant..
20A4	Capacitación de personal de Control de Procesos en programación de PLC.		Entrenamiento
20A5	Implementar procedimiento de montaje y regulación de válvula de alivio. Capacitación.		Proced. Mant..
20A6	PST de montaje de válvulas check		Proced. Mant..
20A7	Disponer de una válvula check de salida de acumuladores en almacén		Proced. Mant..
20A8	Consultar rediseño para filtrar el aceite antes del ingreso al acumulador y dejar libre el circuito hacia los pads en caso de emergencia.		Rediseño

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 1

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
20A10	PST de regulación de válvulas FCV 717 y 716		Proced. Mant..
20A14	PST de habilitación del sistema de aceite de acumuladores con la posición de cada válvula.		Proced. Operaciones
21A2	PST de regulación de válvulas de alivio PSV 708 y 706. Capacitación.		
21A3	Mantener una válvula check en almacén		Proced. Mant..
21A4	PST de habilitación del sistema de aceite de acumuladores con la posición de cada válvula.		Proced. Operaciones
21A7	Realizar PST asociado a la tarea	Operador	Proced. Mant..
21A8	Disponer de acople en almacén	Mecánico	Proced. Mant..
21B2	Capacitación de personal de Control de Procesos en programación de PLC.		Entrenamiento

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
12A1	Capacitacion de personal de Control de Procesos. Revision de condiciones de alarma y trip una vez por año.		proced. de Mantto.
12A2	Tener las tarjetas principales en almacen.		Proced. de Mantto.
12B1	Capacitacion de personal de Control de Procesos. Revision de condiciones de alarma y trip una vez por año.		proced de mantto
12B2	Tener las tarjetas principales en almacen.		Proced de mantto
13A1	PST de calibracion de valvula motorizada. Tener una valvula motorizada en almacen.	Instrument Tech	Proced. de Mantto.
13A2	PST de montaje de valvulas.		Proced. De Mantto.
13A4	Adquirir el pirometro para contraste. Check list de operador.	Operador	Proced. Operacion
13A6	Tener un heater en almacen.	Instrumentista	Proced. de Mantto.
13A7	Capacitacion del personal de control de procesos.		Proced. de Mantto.
13A8	PST de reemplazo de tarjetas.		Proced. de Mantto.
13B1	Mantener un stock de fusibles en almacen.	Instrumentista	Proced. de Mantto.
13B2	Capacitacion del personal de control de procesos.		Proced. de Mantto.
13B5	Enviar muestras de agua a laboratorio quimico.	Inspector	Proced. de Mantto.
13B6	PST de mantenimiento de intercambiador. Implementar sistema de restriccion de acceso de operaciones a valvulas.		Proced. de Mantto.
13B8	PST de montaje de empaquetaduras de intercambiador.		Proced. de Mantto.
13C1	Redactar procedimiento de cambio hacia linea de filtracion de respaldo. Tener elementos filtrantes de 12 micras en almacen.	operador	Proced. Operacion
13C3	PST de montaje de flujometros.		Proced. de Mantto.
13C4	PST de calibracion de valvulas de alivio.		Proced. de Mantto.
13C6	PST de mantenimiento y limpieza de switch.	Instrumentista	Proced. de mantto.
13C7	PST de cambio de switch de nivel. Mantener switch de nivel en almacen.	Instrumentista	Proced. de mantto.
14A1	Habilitar tendencias en pantalla de los instrumentos PDIT659/ PDIT671/ PDIT681. Evaluar implementacion de interlock por presion diferencial de filtros baja (para detectar rotura de elemento filtrante). Mantener filtro de 180 y 12 micras en almacen. Habilitar alarma por presion diferencial baja.	operador	proced de operacion
14A2	Mantener elementos filtrantes de 12 y 180 micras en almacen.	Operator	Proced de operacion

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Electricista

Intervalo
1 Año

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A17		Medir aislamiento en cables de alimentacion, ideal es que aislamiento este en infinito (OL). Si hay valores bajos programar reparacion o cambio.	
3A26		Medir aislamiento en cables de alimentacion, ideal es que aislamiento este en infinito (OL). Si hay valores bajos programar reparacion o cambio.	
3A35		Recalibrar sensores de temperatura RTD de pads. Realizar contraste del sensor midiendo temperatura y comparando salida en mV o por comparación de lecturas con un baño termostado .Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	
9A19		Medir aislamiento en cables de alimentacion, ideal es que aislamiento este en infinito (OL). Si hay valores bajos programar reparacion o cambio.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Electricista

Intervalo
1 Año

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A17		Medir aislamiento en cables de alimentacion, ideal es que aislamiento este en infinito (OL). Si hay valores bajos programar reparacion o cambio.	
3A26		Medir aislamiento en cables de alimentacion, ideal es que aislamiento este en infinito (OL). Si hay valores bajos programar reparacion o cambio.	
3A35		Recalibrar sensores de temperatura RTD de pads. Realizar contraste del sensor midiendo temperatura y comparando salida en mV o por comparación de lecturas con un baño termostatado .Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	
9A19		Medir aislamiento en cables de alimentacion, ideal es que aislamiento este en infinito (OL). Si hay valores bajos programar reparacion o cambio.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Electricista

Intervalo
2 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A4		Medir aislación de los motores de bombas de pistones N° 10 y 11 (Ohms) y obtener los índices de polaridad. Si la aislación es menor de 5 Mohms o el IP es menor a 1, programar cambio/reparación.	
1A20		Monitorear temperatura de contactos incluyendo los del arrancador. Si temperatura es mayor a 80°C programar reparación y limpieza.	
3A5		Medir aislación de los motores de bombas de engranajes N° 5 y 7 (Ohms) y obtener los índices de polaridad. Si la aislación es menor de 5 Mohms o el IP es menor a 1, programar cambio/reparación.	
3A29		Monitorear temperatura de contactos incluyendo los del arrancador. Si temperatura es mayor a 80°C programar reparación y limpieza.	
9A5		Medir aislación de los motores de bombas de engranajes N° 8 (Ohms) y obtener los índices de polaridad. Si la aislación es menor de 5 Mohms o el IP es menor a 1, programar cambio/reparación.	
9A22		Monitorear temperatura de contactos incluyendo los del arrancador. Si temperatura es mayor a 80°C programar reparación y limpieza.	
21A9		Medir aislación de los motores de bombas de engranajes N° 5 y 7 (Ohms) y obtener los índices de polaridad. Si la aislación es menor de 5 Mohms o el IP es menor a 1, programar cambio/reparación.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Electricista

Intervalo
6 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A19		Inspeccion y monitoreo de temperatura de bornes de control de fuerza (cables de alimentacion). En caso de encontrar soldadura o puntos calientes, reajustar.	
3A17		Realizar limpieza y reacondicionamiento de los switches de posición de válvulas.	
3A19		Realizar limpieza y reacondicionamiento de los switches de posición de válvulas.	
3A28		Inspeccion y monitoreo de temperatura de bornes de control de fuerza (cables de alimentacion). En caso de encontrar soldadura o puntos calientes, reajustar.	
9A21		Inspeccion y monitoreo de temperatura de bornes de control de fuerza (cables de alimentacion). En caso de encontrar soldadura o puntos calientes, reajustar.	
9A28		verificar los contactos y ajustes de las borneras.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Inspector

Intervalo
2 Años

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
11A1		Realizar pruebas hidrostáticas al pistón de levante y verificar si hay fugas.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Inspector

Intervalo
2 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de Identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
3A33		Tomar muestra de aceite en el colector de aceite de pads para detectar partículas metálicas de babbit. Medir con ultrasonido la altura del metal babbit.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por

Inspector

Intervalo

2 Semanas

Estado del Equipo

Ref	Placa de Identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A2		Análisis de aceite por partículas metálicas de zapatas de pistones y otros. Ajustar la frecuencia luego de estabilizar la operación	
1A11		Monitoreo de vibraciones en los rodamientos del motor. En caso de tener más de 5 mm/seg de vibración o 7 mm/seg ² de envolvente, programar reparación o cambio de motor (y bomba).	
3A24		Análisis vibracional del motor comprobando el buen funcionamiento del acople.	
9A11		Monitoreo de vibraciones en los rodamientos del motor. En caso de tener más de 5 mm/seg de vibración o 7 mm/seg ² de envolvente, programar reparación o cambio de motor (y bomba).	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Inspector

Intervalo
6 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A5		Recalibrar válvulas de alivio de bombas de pistones N° 10 y 11. Simular prueba de apertura/cierre en el sitio extrangulando válvula de aislamiento.	
3A6		Recalibrar válvulas de alivio de bombas de engranajes N° 5 y 7. Simular prueba de apertura/cierre en banco de trabajo.	
20A12		Análisis de aceite de acumuladores. Si no está en condiciones, drenar aceite de acumuladores y reponer con aceite limpio.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
1 Año

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
3A22		Realizar contraste del transmisor midiendo temperatura y comparando salida en mV o por comparación de lecturas con un baño termostático. Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
3 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
<i>3A21</i>		Realizar contraste del transmisor midiendo presión y comparando salida en mA o por comparación de lecturas con un manómetro calibrado. Si se encuentra fuera del 5% del rango proceder a calibrar.	
<i>6A2</i>		Realizar contraste del transmisor midiendo presión y comparando salida en mA o por comparación de lecturas con un manómetro calibrado. Si se encuentra fuera del 5% del rango proceder a calibrar.	
<i>21B1</i>		Contrastar PIT 710A y 710B. Realizar contraste del transmisor midiendo presión y comparando salida en mA o por comparación de lecturas con un manómetro calibrado. Si se encuentra fuera del 5% del rango proceder a calibrar.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
6 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de Identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
3A20		Realizar contraste del transmisor midiendo flujo y comparando salida en mA.Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	
3B3		Realizar contraste del transmisor midiendo flujo y comparando salida en mA.Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	
3C3		Realizar contraste del transmisor midiendo flujo y comparando salida en mA.Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	
9A16		Realizar contraste del transmisor midiendo flujo y comparando salida en mA.Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrar.	
20A2		Actuar válvula pilotada FV714 y FV713 desde el PLC evitando la descarga de acumuladores en una parada.	
20A3		Accionar manualmente la electroválvula FY 714 y 713 y comprobar la apertura y cierre de FV 714 y 713.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Mecánico

Intervalo
1 Año

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
4A2		Limpieza y recalibrado de válvulas de alivio de todo el sistema de lubricación.	
8A3		Marcar la posición de la perilla, hacer medio giro y volver a la posición marcada.	

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Mecánico

Intervalo
2 Semanas

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
21A8		Análisis vibracional del motor comprobando el buen funcionamiento del acople.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Mecánico

Intervalo
3 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A12		Lubricación de los rodamientos del motor, según especificaciones de equipo.	
3A13		Lubricación de los rodamientos del motor, según especificaciones de equipo.	
9A4		Medir presión a la salida de la bomba de empuje N°8. Si es menor a 500 psi??, programar el cambio para reparación	
9A12		Lubricación de los rodamientos del motor, según especificaciones de equipo.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Mecánico

Intervalo
6 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
20A9		Comprobar la presión de nitrógeno sin la presión de aceite (drenando cada acumulador). Si es menor a 800??? psi, recargar nitrógeno y reestablecer el sistema.	
21A1		Estrangular válvula de alivio y medir la presión que entrega la bomba N°12. Si no alcanza ... psi cambiar a bomba de respaldo N°13 y reparar.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operador

Intervalo
2 Semanas

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
3A4		Monitoreo de tendencias de presión. Si la presión es menor de 970 psi, evaluar y programar la intervención de bomba de engranajes.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operador

Intervalo
3 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A9		Inspeccionar visualmente las mangueras externas con sistema sin presión. En caso de hallar inicios de agrietamiento, endurecimiento, cambio de color programar	
1A10		Inspeccionar los conectores de mangueras externas con sistema sin presión. Si se encuentran pequeñas fugas, programar reparación de la conexión.	
3A10		Inspeccionar visualmente las mangueras externas con sistema sin presión. En caso de hallar inicios de agrietamiento, endurecimiento, cambio de color programar el cambio	
3A11		Inspeccionar los conectores de mangueras externas con sistema sin presión. Si se encuentran pequeñas fugas, programar reparación de la conexión.	
9A9		Inspeccionar visualmente las mangueras externas con sistema sin presión. En caso de hallar inicios de agrietamiento, endurecimiento, cambio de color programar el cambio	
9A10		Inspeccionar los conectores de mangueras externas con sistema sin presión. Si se encuentran pequeñas fugas, programar reparación de la conexión.	
21A7		Inspeccionar visualmente las mangueras externas con sistema sin presión. En caso de hallar inicios de agrietamiento, endurecimiento, cambio de color programar el cambio si es necesario.	

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operador

Intervalo
6 Meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
3A16		Realizar pruebas de apertura y cierre de la valvula con sistema detenido.	
3A18		Realizar pruebas de apertura y cierre de la valvula con sistema detenido.	
9A15		Realizar pruebas de apertura y cierre de la valvula con sistema detenido.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operador

Intervalo
en línea

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
9A26		Observar diferencial de presión en filtro de alta. Si es mayor a 20 (alarma). Reportar y programar el reemplazar el elemento filtrante obstruido.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

*A realizar por
Operador*

*Intervalo
en línea*

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
387		Observar diferencial de presión en filtro de alta. Si es mayor a 20 (alarma). Reportar y programar el reemplazar el elemento filtrante obstruido.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operador

Intervalo
Semanal

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
1A3		Observar la máxima presión de entrega de bombas de pistones N° 10 y N° 11 y evaluar eficiencia. Si la presión es menor de 2500???psi reportar y solicitar la reparación. Ajustar valor en operación.	
3A1		Monitoreo de tendencias de presión y flujo. Si la presión es menor de 950 psi y el flujo menor de 17 gpm, realizar análisis de aceite. Partículas en aceite no mayor de 15 ppm (Fe).	
3A12		Monitoreo de vibraciones en los rodamientos del motor. En caso de tener más de 5 mm/seg de vibración o 7 mm/seg ² de envoltorio, programar reparación o cambio de motor (y bomba).	
9A1		Monitoreo de tendencias de flujo en bomba N°8. Si el flujo es menor de 2,33 gpm, realizar análisis de aceite. Partículas en aceite no mayor de 15 ppm (Fe).	
21A6		Inspeccionar las líneas de aceite hacia acumuladores. Si se detectan pérdidas incipientes, intervenir para reparar.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 1

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Sup. Oper.

Intervalo
2 Semanas

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
3C1		Monitoreo de tendencias de flujos a cada pad. Programar cambio de divisor si hay diferencias.	

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Inspector

Intervalo
1 mes

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13B5		Analisis de dureza de agua. Si la salida de aceite del intercambiador supera los 42 °C bajo condiciones normales de operacion, programar inspeccion interna del intercambiador. Si dureza de agua es mayor a 200ppm programar cambio de agua.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Inspector

Intervalo
2 semanas

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
14A7		Realizar analisis de aceite, en caso de encontrar concentraciones de silice mayores de 30 ppm y aluminio mayores a 5 ppm inspeccionar el sello de grasa. Repara sello de grasa.	

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrument Tech

Intervalo
6 Months

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
<i>13A1</i>		Se realiza contraste en campo simulando mA y visualizando la carrera de la valvula. Si hay variacion en la carrera calibrar.	

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
1 mes

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13A6		Monitorear el aislamiento de la resistencia. Desenergizar y limpiar si es necesario.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
1 mes

Estado del Equipo

Ref	Placa de Identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
14A6		Inspeccionar funcionamiento de valvula de by pass de filtros de 12 y 180 micras. Pruebas de apertura/cierre.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
2 años

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13C7		Reemplazo de switch de nivel de tanque de aceite, verificar lecturas con visor de nivel de campo.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
2 meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13B1		Se realiza medicion de temperatura en contacto de salida de PLC con un pirometro.	
13C6		Realizar pruebas de funcionamiento. En caso de encontrar mal accionamiento limpiar y acondicionar, verificar lecturas con visor de nivel de campo.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Instrumentista

Intervalo
6 meses

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13C2		Realizar contraste de transmisor midiendo flujo y comparando salida en mA. Si se encuentra fuera de rango proceder a calibrarlos.	
15B1		Realizar contraste en campo de transmisor de humedad relativa con higrometro portatil.	

Yanacocho

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

*A realizar por
mecanico*

*Intervalo
1 mes*

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
14A8		Reajustar sellos de grasa mediante calibrador de laines. Si la luz es mayor a 7 centecimas proceder a la calibracion.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operador

Intervalo
1 mes

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13A4		Se realiza contraste en campo con un pirometro. Si hay diferencia mayor a 5°C comunicar a mantenimiento para calibracion.	

Yanacochoa

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
operador

Intervalo
1 semana

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
14A1		Monitoreo de tendencias de presión diferencial en pantalla e inspección visual en campo. Si diferencial de presión baja a cero, el operador debe lanzar el filtro de respaldo y mantenimiento debe cambiar el elemento filtrante roto.	
14A3		Inspeccionar la presión diferencial del filtro, si la diferencial se mantiene con valores cercanos a cero, cambiar a filtro de respaldo y solicitar a mantenimiento inspección de elemento filtrante.	
14A4		Monitoreo de tendencias de presión diferencial en pantalla e inspección visual en campo. Si diferencial de presión baja a cero, el operador debe lanzar el filtro de respaldo y mantenimiento debe cambiar el elemento filtrante defectuoso.	
14A5		Verificar que la presión diferencial de filtros no se mantenga cercana a cero. Caso contrario, lanzar filtro de respaldo y solicitar inspección de línea de filtración a mantenimiento.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

*A realizar por
operador*

*Intervalo
2 semanas*

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13B7		Inspeccion visual. Si hay fugas comunicar a mantenimiento la reparacion. Se cambia a intercambiador de respaldo.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

*A realizar por
operador*

*Intervalo
diario*

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
13C1		En caso de que la presión diferencial sea mayor a 30 psi (207 kpa) se activa alarma en pantalla, cambiar hacia línea de filtración de respaldo y solicitar a Mantenimiento el cambio de elemento filtrante saturado.	
14A9		Verificar que el sistema de engrase automático este operativo. Además observar oscilación de manómetro de presión de línea de engrase. En caso que sistema de engrase falle, avisar a mantenimiento.	

Yanacocha

Sistema de Lubricación - SAG 2

Paquete de Trabajo R

A realizar por
Operator

Intervalo
1 semana

Estado del Equipo

Ref	Placa de identificación del	Descripción de Tareas	Tiempo
14A2		Monitoreo de tendencias de presión diferencial en pantalla e inspección visual en campo. Si la presión diferencial aumenta por encima de 30 psi, el operador debe lanzar el filtro de respaldo (circuito de 180 micras) y solicitar a mantenimiento el cambio del elemento filtrante saturado.	

Motor molino SAG Gold mill

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
1A3	Incrementar los seting de air gap. Hacer cumplir los procedimientos operacionales asociados a la sobrecarga.		Operating Procedure
1A4	Cumplir los procedimientos propuestos por el fabricante para la operación. No superar el número de horas trabajadas en un solo sentido.	Operador	Operating Procedure
1A5	Diseñar procedimiento de mantenimiento para trabajos en el estator y rotor. Capacitar al personal		Procedimiento Manten
1A6	Verificar la utilización del procedimiento existente para la utilización del Megómetro (Megger). Diferenciar las tensiones a aplicar al rotor y al estator	Inspector IM	Procedimiento Manten
1A8	Diseñar un procedimiento de montaje de soportes de bobina de estator. Capacitar al personal involucrado y verificar el cumplimiento.		Procedimiento Manten
1A9	Marcar la posición de las cuñas al momento de verificar el ajuste correcto inicial. Con un marcador indeleble en cada cuña de fijación.	Electricista	Redesign
1A11	Diseñar un procedimiento de montaje de terminaciones eléctricas en media tensión. Solicitar procedimiento de trabajo a personal externo.		Procedimiento Manten
1A12	Capacitación de los procedimientos de operación, comentar las consecuencias de la posible falla.		Training
1A13	Generar un procedimiento de medición donde se establezcan las especificaciones para la toma termográfica	Inspector IM	Procedimiento Manten
1A14	Diseñar un procedimiento de torque e instalación de los pernos de anclaje. Capacitar en las tablas de torque por medida.		Procedimiento Manten
1A15	Diseñar un procedimiento de marcas de la posición final de las tuercas de los pernos de anclaje estator.	Mecánico	Procedimiento Manten
1A16	Implementar procedimiento de marcas en los pernos de anclaje de los polos	Mecánico	Procedimiento Manten
1A17	Diseñar un procedimeinto de torque e instalación de los pernos de anclaje. Capacitar en las tablas de torque por medida.		Procedimiento Manten
1A18	Marcar la posición de las cuñas al momento de verificar el ajuste correcto inicial. Con un marcador indeleble en cada cuña de fijación.	Electricista	Procedimiento Manten
1A19	Diseñar un procedimiento de torque e instalación de los pernos de anclaje. Capacitar en las tablas de torque por medida.		Procedimiento Manten

Motor molino SAG Gold mill**Modificaciones RCM2**

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
1A20	Mantener un sello de teflón en almacén central, hasta que el sensor de desgaste de teflón avise reemplazo. Adicionalmente diseñar un procedimiento de reemplazo de teflón.		Procedimiento Manten
1A21	Implementar, revisar procedimiento de montaje de sello de teflón. Verificar en las primera paradas la condición del sello de teflón.		Procedimiento Manten
1A22	Instalar dispositivos de protección catódica o anódica.	Inspector IM	Redesign
1A25	Implementar Control estadísticos de procesos en los consumos de corriente del rotor y el estator.	Electricista	Operating Procedure
1A26	Implementar procedimiento de trabajo para las inspecciones de todos los pernos, giros controlados, autorizaciones, bloqueos, recursos, herramientas.	Mecánico	Procedimiento Manten
1A27	Verificar certificaciones de herramientas de torque y existencia de procedimientos de ajuste de pernos y verificaciones. Referencia: Normas MIL americanas.		Procedimiento Manten
1A28	Implementar marcas de referencia de ajuste correcto de los pernos de las escobillas.	Electricista	Procedimiento Manten
1A29	Implementar procedimientos de montaje de porta-escobillas, y verificar su cumplimiento. Poner marcas de referencia del correcto ajuste en los pernos del porta-escobillas.		Procedimiento Manten
1A30	Implementar procedimiento de montaje de pernos de unión de pista en el rotor. Verificar cumplimiento.		Procedimiento Manten
1A31	Implementar marcas de referencia de ajuste correcto de los pernos de la pista	Electricista	Procedimiento Manten
1A32	Implementar procedimiento de montaje de escobillas. Verificar su cumplimiento. Capacitar.		Procedimiento Manten
1A34	Implementar procedimiento de aplicación de aislamiento del soporte del porta-escobilla		Procedimiento Manten
1A35	Implementar marcas de referencia de ajuste correcto de los pernos del soporte del porta-escobilla.	Electricista	Procedimiento Manten
1A36	Implementar procedimiento de montaje de pernos de porta-escobilla. Verificar su cumplimiento. Capacitar.		Procedimiento Manten
1A37	Implementar procedimiento de montaje de las barras de conexión entre polos. Capacitar al personal.		Procedimiento Manten

Motor molino SAG Gold mill**Modificaciones RCM2**

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
1A39	Implementar el procedimiento para la utilización del Megómetro (Megger). Diferenciar las tensiones a aplicar al rotor y al estator.	Inspector IM	Procedimiento Manten
1A40	Verificar certificaciones de QA/QC del aislamiento, y procedimientos usados. Implementar procedimientos de mantenimiento para evitar daño en el aislamiento.		Procedimiento Manten
1A41	Implementar el procedimiento para la utilización del Megómetro (Megger). Diferenciar las tensiones a aplicar al rotor y al estator. Capacitación		Procedimiento Manten
1A42	Verificar la correcta instalación del seguro del porta-escobilla.		Procedimiento Manten
1A43	Implementar un procedimiento de instalación del seguro del porta-escobilla. Capacitar.		Procedimiento Manten
1A45	Implementar un procedimiento de instalación de pernos de cable de alimentación del cable de alimentación. Primera verificación de condición por termografía luego del montaje. Capacitar.		Procedimiento Manten
1A46	Implementar procedimiento de ajuste de pernos del desconectador y bloqueo eléctrico.	Electricista	Procedimiento Manten
1A47	Implementar procedimiento de ajuste de pernos del desconectador del estator y bloqueo eléctrico.		Procedimiento Manten
1A48	Implementar procedimiento de ajuste de pernos del desconectador del rotor y bloqueo eléctrico.	Electricista	
1A49	Implementar procedimiento de ajuste de pernos del desconectador del rotor y bloqueo eléctrico.		Procedimiento Manten
1A51	Implementar procedimiento de montaje de cables de alimentación de polos.		Procedimiento Manten
1A52	Verificar el aterramiento de estructuras y bandejas.	Electricista	Procedimiento Manten
1A53	Mantener un solenoide de desconectador del estator en stock.		Procedimiento Manten
1A54	Implementar procedimiento de limpieza de solenoide del desconectador. Capacitar	Electricista	Procedimiento Manten
1A59	Implementar procedimientos para montaje y ensamble de conexionado de cable de control de switch de estatus del desconectador.		Procedimiento Manten
1A60	Implementar procedimiento reemplazo de sensor de air-gap. Mantener sensores en stock.		Procedimiento Manten

Motor molino SAG Gold mill

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
1A61	Implementar procedimiento reemplazo de transmisor de air-gap. Mantener transmisores en stock.		Procedimiento Manten
1A62	Mantener cables de sensor de air-gap en stock.		Procedimiento Manten
1A64	Restringir el ingreso a personas no autorizadas al cubiculo del desconectador.		Procedimiento Manten
1B2	Implementar procedimiento de operación. Capacitar al personal. Verificar cumplimiento.		Operating Procedure
1B3	Implementar procedimiento para preparación de los trabajos de soldadura y verificación de conexiones correctas.		Procedimiento Manten
1C2	Implementar procedimiento de operación. Capacitar al personal. Verificar cumplimiento.		
2A1	Implementar procedimiento de montaje de cables de sensor de air-gap		Procedimiento Manten
2A2	Implementar procedimiento de montaje de cables de sensor de air-gap		Procedimiento Manten
2A3	Implementar procedimiento de montaje de cables de sensor de air-gap		Procedimiento Manten
2A4	Implementar procedimiento de montaje de cables de sensor de air-gap		Procedimiento Manten
2A10	Implementar procedimiento de conexión de los cables de sensor de air-gap en la caja de conexiones		Procedimiento Manten
2A12	Implementar procedimiento de montaje de sellos de caja de conexiones de cables de sensores de air-gap. Capacitar.		Procedimiento Manten
2A14	Diseñar procedimiento de limpieza de sensores de medición de entre-hierros (air gap) del molino.	Electricista	Procedimiento Manten
2A15	Diseñar un procedimiento de montaje de sensor de medición de entre-hierros (air gap)		Procedimiento Manten
2A17	Mantener en bodega 3 sensores de medición de entre-hierros (air gap)		Procedimiento Manten
3A1	Diseñar un procedimiento de registro y de medición de altura de los lifter	Inspector IM	Procedimiento Manten
3A3	Capacitar al personal en Lisfter y definición de liner.	Inspector IM	Training

Motor molino SAG Gold mill**Modificaciones RCM2**

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
3A5	Diseñar un procedimiento de medición de liners.	Inspector IM	
3A10	Diseñar un procedimiento de inspección y medición de la parrilla del molino.	Inspector IM	Procedimiento Manten
3A12	Entrenamiento de operadores en la dosificación de bolas. Diseño de procedimiento.		Operating Procedure
3A15	Confirmar la medida con el guidores de carga altos y bajos de trommel	Mecánico	Operating Procedure
3A17	Solicitar procedimiento a la empresa externa responsable del montaje de los liners. Adicionalmente certificación de calibración de equipos.		Procedimiento Manten
3A23	Diseñar un mapa de distribución de liners. Recopilar la información técnica de cada uno de los lines. Definición de pernos, torques, metalúrgicas, mecánicas, medidas entre otras.		
3A24	Diseñar un mapa de desgastes internos del molino y determinar la vida de los liners por desgaste. Asociar este dato a la adquisición de elementos de desgaste (liners, sellos, cuñas, entre otros) en logística y almacén.	Inspector IM	Procedimiento Manten
3A25	Diseñar un procedimiento y control del montaje del sello final chute entrada molino.		Procedimiento Manten
3A26	Diseñar un procedimiento de limpieza de la parrilla de la tapa de descarga.	Mecánico	Procedimiento Manten
3A28	Diseñar un procedimiento de selección de parrillas de la tapa de descarga.		Operating Procedure
4A2	Diseñar procedimiento de torque y montaje del trommel.		Procedimiento Manten
4A4	Diseñar procedimiento de montaje de paneles del trommel.		Procedimiento Manten
4A5	D9isear procedimiento de instalación de guias de trommel que involucre el torque y los tipos de pernos asociados.		Procedimiento Manten
4A7	Diseñar un procedimiento de inspección de pernos sueltos en Trommel, trunnion, liners) Puede ser marcas o UT	Mecánico	Procedimiento Manten
4A9	Utilizar el procedimiento Metso - 689375B de ajuste de pernos en el Molino.		
5A1	Diseñar un instructivo de trabajo para la limpieza de la ventana de inspección de escobillas de rotor.	Operador	Procedimiento Manten

Motor molino SAG Gold mill

Modificaciones RCM2

Ref	Modificación Propuesta	Especialidad	Tipo Modif.
5A4	Implementar instructivo de recomendaciones de instalación de la ventana de inspección de escobillas de rotor.		
5A5	Incorporar a los procedimientos de mantenimiento eléctricos y mecánicos de trabajos en el interior de la cámara de estator, la revisión del estado de la puerta de inspección del estator.		Procedimiento Manten
6A1	Mantener 3 resistencias de calentadores de cámara de estator. 3Kwatts a 480 v (ac) TAG : 2100-ML-12001-HE-7/8/9/10		Procedimiento Manten
6A2	Diseño de procedimiento de montaje de resistencia de calentadores de cámara de estator		Procedimiento Manten
6A3	Determinar torque y diseñar un procedimiento adecuado de instalación de calentadores de cámara de estator	Electricista	Procedimiento Manten
6A5	Diseñar un procedimiento de conexonado de cables		Procedimiento Manten
7A1	Mantener en logística un mínimo de 3 RTD TAG: TE-2112301 (desde A hasta F)		
7A3	Diseñar un procedimiento de montaje e instalación de los RTD		Procedimiento Manten
7A4	Verificar el estado de canalización y la distribución y marcas de los cables.		Procedimiento Manten
7A5	Diseñar un procedimiento de mantenimiento de cajas de conexión.	Electricista	Procedimiento Manten
7A6	Diseñar un procedimiento de conexonado de cables de control y fuerza.		Procedimiento Manten
8A1	Diseñar procedimiento de montaje de liners. Capacitar al personal en el uso de herramientas especiales.		Procedimiento Manten
9A1	Cubrir con toldo de goma la plancha lisa (Riel de desplazamiento del estator)		Redesign
10A1	Implementar procedimiento de montaje del backing rubber. Capacitar.		Procedimiento Manten
10A2	Implementar procedimiento de monitoreo del estado del backing rubber.	Mecánico	Procedimiento Manten
11A1	Implementar procedimiento de montaje de separador de caucho entre liners. Capacitar.		Procedimiento Manten

Tabla 5.2 Tareas de mantenimiento del sistema motriz y el sistema de proceso (2 y 3)

5.3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES

El resultado de las estrategias de mantenimiento que se refiere a mantenimiento basado en el tiempo y en la condición se implementara con la ayuda del sistema ERP Ellipse para lo cual se requiere hacer trabajos adicionales de jerarquizacion, creación de componentes y otros

Como resultado del análisis se recomienda utilizar el conocimiento existente del fabricante para facilitar la mantenibilidad de los sistemas, diseñando los siguientes procedimientos:

- Montaje de Rotor y Estator
- Montaje de la estructura del molino y la aplicación de torques.
- Montaje de terminaciones eléctricas en media tensión.
- Montaje del sello de teflón y su manipulación.
- Montaje de porta-escobillas y sus componentes asociados.
- Montaje de polos y sus componentes asociados.
- Montaje de las barras de conexión entre polos.
- Montaje de Liners y goma de amortiguación.
- De medición de aislamiento de rotor y estator.
- De reemplazo de sensor de air-gap.
- De montaje del Trommel.
- De calentadores de cámara de estator.
- De montaje y manipulación de los RTD.

- Identificación con código de colores por Liners y un mapa general de su disposición.
- Carga de agua de blanda, a los intercambiadores.
- Procedimiento de montaje Liners y cuña

CONCLUSIONES

1. Se han identificado las estrategias óptimas de mantenimiento, procedimientos operacionales y propuesta de modificación. Podemos decir, entonces, que el resultado es un plan de mantenimiento menos costoso, más armonioso y eficaz.
2. Este estudio servirá a las distintas etapas del ciclo de vida del activo; aunque, en la etapa de la puesta en servicio, deberá ser aprovechado el conocimiento del fabricante para la generación de instructivos y procedimientos, que coadyuvarán a disminuir los tiempos de detención ante problemas con el equipo.
3. El enfoque del personal de mantenimiento ha cambiado drásticamente desde reparar y mantener las máquinas operativas hasta mantener la función de las máquinas, equilibrando el costo de estos y propiciando un ambiente de trabajo seguro.

4. El costo del proyecto es insignificante en relación a los beneficios obtenidos y consta de dos componentes esenciales: el entrenamiento y las horas hombre (HH) del propio personal: Para el análisis del sistema de lubricación se ha utilizado 360 HH y para el sistema motriz y de procesos se ha utilizado 288 HH, lo que hace un total de 648 HH, a un ritmo de 4,7 a 5 Modos de falla por hora. Considerando la complejidad del molino SAG este es un buen resultado. Se espera mejorar esta ratio para los próximos análisis. De esta manera hemos vencido ciertos paradigmas y hemos desvirtuado frases como: “ El desarrollo del RCM toma mucho tiempo”

5. Gracias a la sinergia presente en el equipo de trabajo, se ha conseguido un mejor entendimiento de los procesos de molienda y mayor compromiso – tanto del personal de mantenimiento como del de operaciones - para cumplir los procedimientos.

BIBLIOGRAFÍA

Reliability centred maintenance RCM II, Publicado por Aladon LLC
John Moubray. Publicado 2000

Reliability and risk assesment
Andrew JD & Moss. Publicado en 1993

SAE JA1011 "Evaluation criteria for RCM process"
Society of automotive Engineers – SAE. Publicado 1999

UP TIME - Organización y liderazgo en el mantenimiento
John Dixon Cambell, Productivity press, INC. Publicado 2001

Programa tecnológico en procesamiento de minerales
Juan Carlos Salas M. Chile. Publicado 2003

Manual de fabricante del molino SAG 32x34
Metso, Serie 68937. Año 2007

Manual de fabricante del gearless SAG 32x34
ABB. Año 2007

APÉNDICE

APENDICE A: Diagrama del flujo del proceso de molienda

APENDICE B: Esquema de ensamblaje del molino SAG

APENDICE C: Diagrama del sistema de lubricación

APENDICE D: Diagrama del ring motor

APENDICE E: Plan de mantenimiento del fabricante del Molino (METSO)

APENDICE F: Plan de mantenimiento del fabricante gearless drive (ABB)

APENDICE G: Esquema del bearing PAD

APENDICE H: Vista general de los liners de desgaste

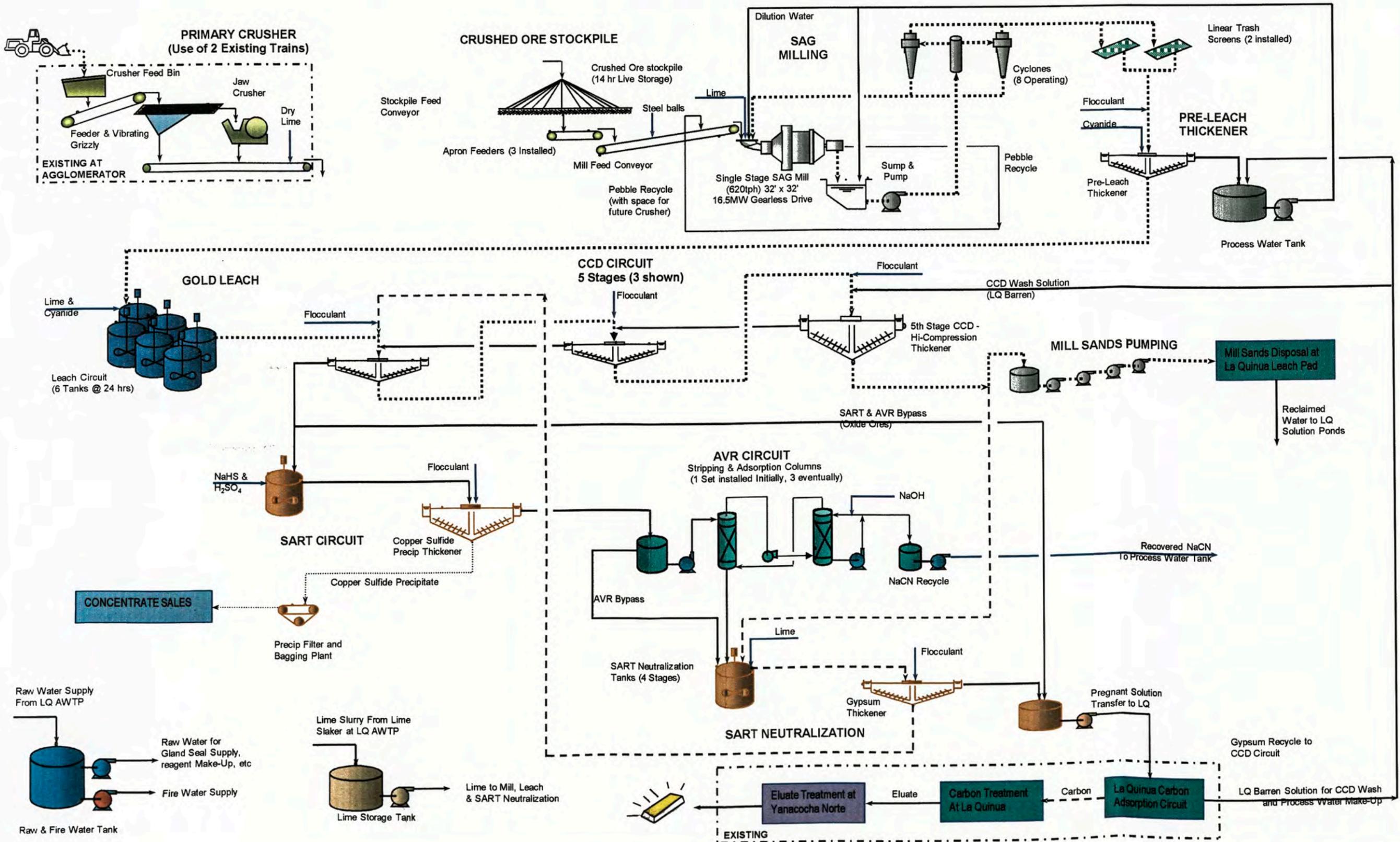
APENDICE I: Evaluation criteria for RCM process SAE JA1011

APENDICE J: Terminología para tareas de mantenimiento MRQ

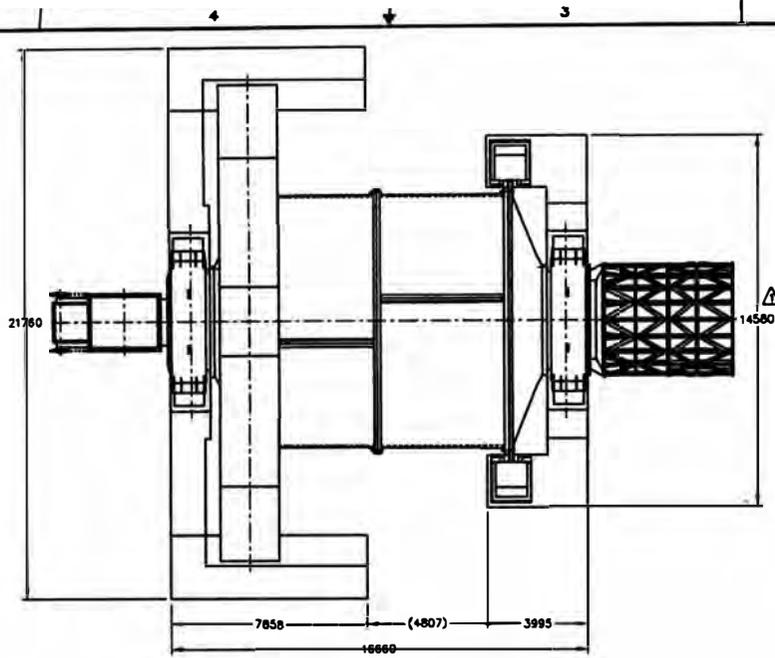
APENDICE K: Árbol de decisión Aladon

APENDICE A: Diagrama del flujo del proceso de molienda

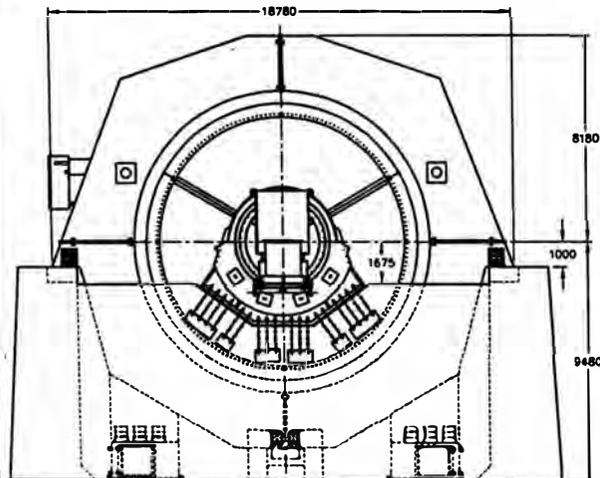
YANACOCHA GOLD MILL PICTORIAL FLOWSHEET



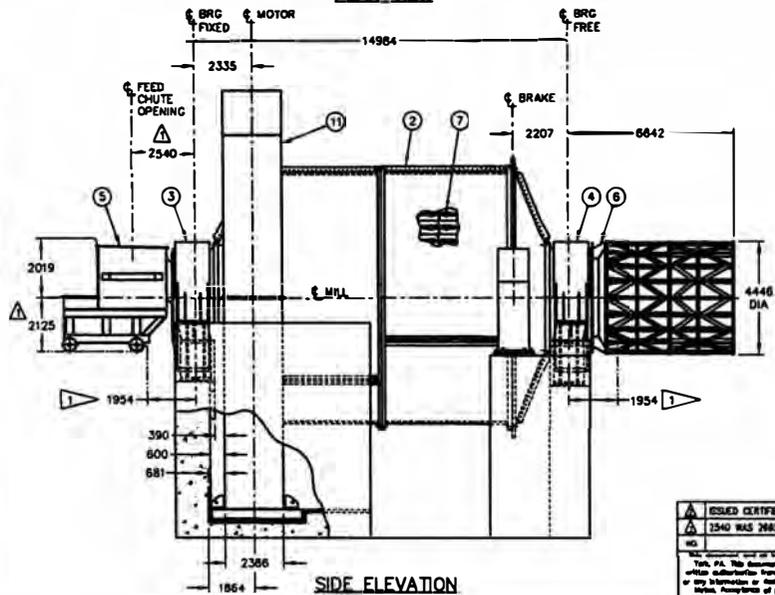
APENDICE B: Esquema de ensamblaje del molino SAG



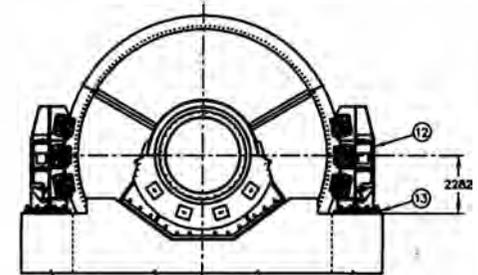
PLAN VIEW



FEED END ELEVATION



SIDE ELEVATION



DISCHARGE END ELEVATION
TRUMMEL OMITTED

ITEM NO.	QTY. REQD	DWG. NO. PART NO.	DESCRIPTION	NOTES
1	1	A105-055104	FOUNDATION PLAN	
2	1	A105-055088	SHELL/HEAD/TRUNNION ASSEMBLY	
3	1	S05-055875	TRUNNION BEARING ASSEMBLY, FIXED	150° PAD
4	1	S05-055877	TRUNNION BEARING ASSEMBLY, FREE	150° PAD
5	1	A105-055829	FEED CHUTE ASSEMBLY	
6	1	A105-055763	DISCHARGE END ASSEMBLY	
7	1	A105-055930	LINING ASSEMBLY	
8	1	A105-055931	JACKING CRADLE ASSEMBLY	NOT SHOWN
9	1	A105-055932	HYDRAULIC JACKING SYSTEM	NOT SHOWN
10	1	D05-055745	TRUNNION BEARING LUBE SYSTEM	NOT SHOWN
11	REF	41A81316	MILL MOTOR	ALSTOM
12	1	A05-055711	BRAKE, DISC	2 BRAKE ASSY'S
13	2	A202-088797	BASEPLATE, BRAKE	

OPERATIONAL DATA:

- MOTOR: 16500 kW @ 10.73 RPM (78% C.S.)
- SPEED RANGE: 0-10.73 RPM (78% C.S.) CONSTANT TORQUE
10.73 RPM (78% C.S.)-11.70 RPM (85% C.S.) CONSTANT POWER

NOTE:

△ REQUIRED CLEARANCE FOR BEARING REMOVAL

DESIGNED BY: DMC	CHECKED BY: DMC
DRAWN BY: KSO	CHECKED BY: KSO

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF METSO MINERALS, INC. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PROJECT AND SITE SPECIFICALLY IDENTIFIED HEREON. IT IS NOT TO BE REPRODUCED, COPIED, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF METSO MINERALS, INC.

FABRICATION AND CASTING DIMENSIONS - ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS - ALL TOLERANCES ARE NON-CUMULATIVE -

FABRICATION AND CASTING DIMENSIONS	MACHINING DIMENSIONS
ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS	ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS
$X = \pm 0.3$	$X = \pm 0.13$
$XX = \pm 0.15$	$XX = \pm 0.07$
$XXX = \pm 0.25$	$XXX = \pm 0.13$
ANGULAR = ± 0.5 DEGREES	ANGULAR = ± 0.2 DEGREES
CHAMFER = ± 0.4 DEGREES	CHAMFER = ± 0.2 DEGREES
DO NOT SCALE	DO NOT SCALE

Metso Minerals Industries, Inc.
240 Arch St., P.O. Box 15312
York, PA 17405-7312 USA

TAC NO. 2100-ML-12001

YANACOCHA GOLD PROJECT

32' X 34' (32' EGL) SAG MILL
PROJECT #53235200
PURCHASE ORDER:
#53235200-47-6024-01
METSO S/N 68937

CERTIFIED CORRECT
By: RJH Date: 7-14-05

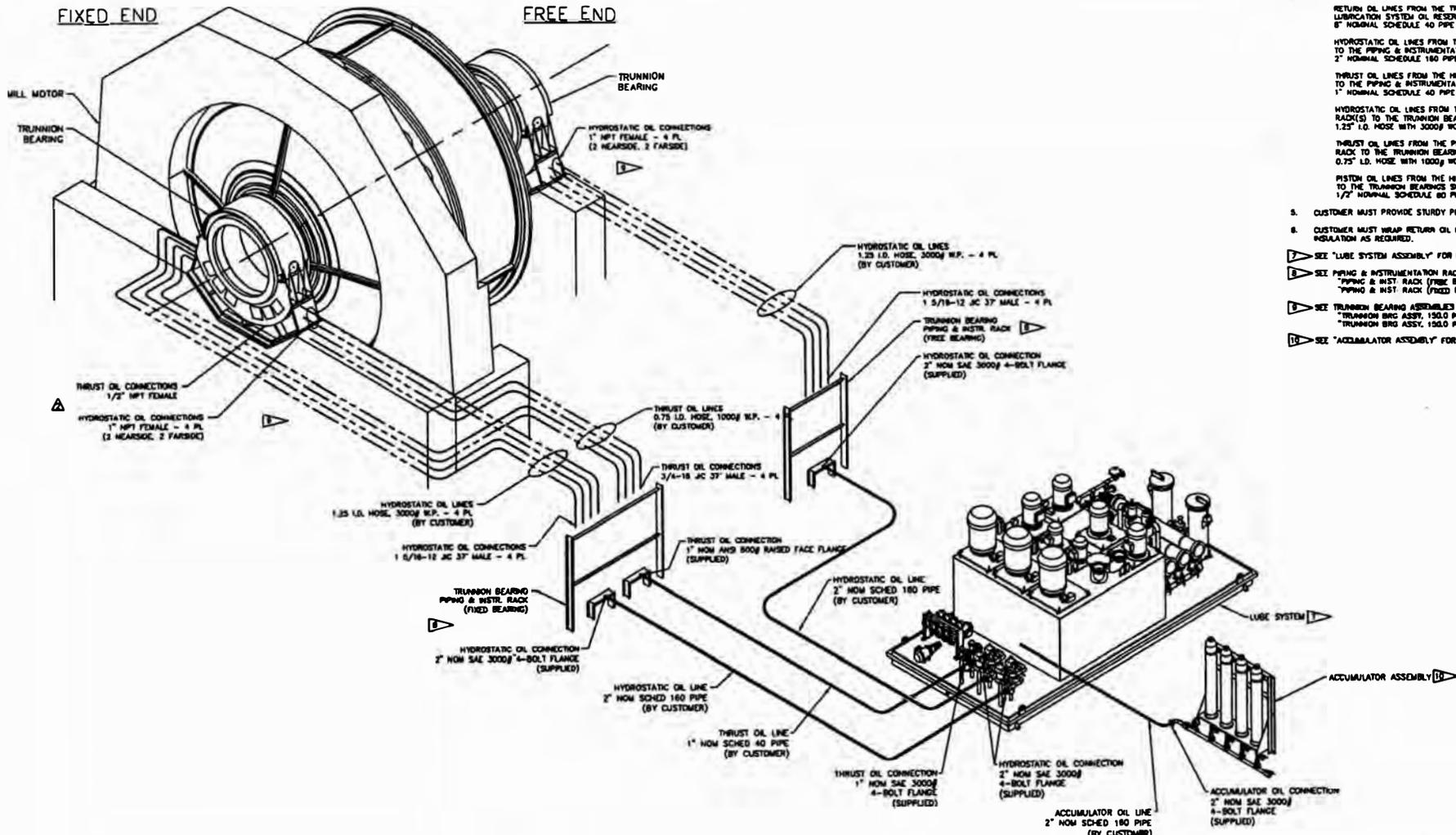
MILL ASSEMBLY
32" DIA X 34" LG SAG MILL

DR. KSO	BY: RJH	DATE: 7/14/05	SCALE: 1:1	SHEET: 1 OF 1
CHK: KSO	BY: RJH	DATE: 7/14/05	SCALE: 1:1	SHEET: 1 OF 1
APP: KSO	BY: RJH	DATE: 7/14/05	SCALE: 1:1	SHEET: 1 OF 1

APENDICE C: Diagrama del sistema de lubricación

FIELD PIPING-INSTALLATION NOTES:

1. FIELD PIPING SHOWN IS FOR REFERENCE ONLY. ACTUAL ROUTING IS DETERMINED BY FINAL LOCATION OF LUBRICATION SYSTEM.
2. SPECIAL CARE MUST BE GIVEN TO ALL RETURN LINES. A MINIMUM SLOPE AS SHOWN IS REQUIRED. AVOID UNNECESSARY BENDS. DIRECT ROUTING WILL GIVE BEST RESULTS.
3. IF ANY INDIVIDUAL FIELD PIPING RUN EXCEEDS 100 FEET, CONSULT METSO FOR POSSIBLE INCREASE OF LUBRICATION SYSTEM OIL RESERVOIR.
4. ALL FIELD PIPING AND FITTINGS BY CUSTOMER.
 - RETURN OIL LINES FROM THE TRUNNION BEARINGS TO THE LUBRICATION SYSTEM OIL RESERVOIR SHOULD BE 8" NOMINAL SCHEDULE 40 PIPE AND FITTINGS.
 - HYDROSTATIC OIL LINES FROM THE HIGH PRESSURE ASSEMBLY TO THE PIPING & INSTRUMENTATION RACK(S) SHOULD BE 2" NOMINAL SCHEDULE 160 PIPE AND FITTINGS.
 - THRUST OIL LINES FROM THE HIGH PRESSURE ASSEMBLY TO THE PIPING & INSTRUMENTATION RACK SHOULD BE 1" NOMINAL SCHEDULE 40 PIPE AND FITTINGS.
 - HYDROSTATIC OIL LINES FROM THE PIPING & INSTRUMENTATION RACK(S) TO THE TRUNNION BEARINGS SHOULD BE MINIMUM 1.25" I.D. HOSE WITH 3000# WORKING PRESSURE.
 - THRUST OIL LINES FROM THE PIPING & INSTRUMENTATION RACK TO THE TRUNNION BEARINGS SHOULD BE MINIMUM 0.75" I.D. HOSE WITH 1000# WORKING PRESSURE.
 - PISTON OIL LINES FROM THE HIGH PRESSURE ASSEMBLY TO THE TRUNNION BEARINGS SHOULD BE MINIMUM 1/2" NOMINAL SCHEDULE 80 PIPE AND FITTINGS.
5. CUSTOMER MUST PROVIDE STURDY PIPING SUPPORT AS REQUIRED.
6. CUSTOMER MUST WRAP RETURN OIL LINES WITH HEAT TRACING AND INSULATION AS REQUIRED.
 - SEE "LUBE SYSTEM ASSEMBLY" FOR DETAILS, DWG 005-050743.
 - SEE PIPING & INSTRUMENTATION RACKS FOR DETAILS:
 - "PIPING & INSTR. RACK (FREE BEG)", DWG 003-056194.
 - "PIPING & INSTR. RACK (FIXED BEG)", DWG 003-056195.
 - SEE TRUNNION BEARING ASSEMBLIES FOR DETAILS:
 - "TRUNNION BEG ASSY, 1500 PAD TYPE, FREE", DWG 303-050677.
 - "TRUNNION BEG ASSY, 1500 PAD TYPE, FIXED", DWG 303-050873.
 - SEE "ACCUMULATOR ASSEMBLY" FOR DETAILS, DWG 005-050819.



HYDROSTATIC OIL AND THRUST OIL LINES

REVISION CONNECTION FITTING REVISION BEARING NUMBERS IN NOTES B AND C BY DATE OR		DWG 005-050743 DWG 003-056194 DWG 003-056195						
This document and all information and data therein are the property of Metso Minerals, Inc. and shall remain the property of Metso Minerals, Inc. until they are specifically transferred to another party or until they are otherwise disposed of. It is the responsibility of the user of this document to ensure that it is properly controlled and that it is not distributed outside of the authorized area. All rights reserved. © 1998 Metso Minerals, Inc. All rights reserved.								
PERMISSIBLE TOLERANCES FOR NON-LASER DIMENSIONING - ALL DIMENSIONS ARE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">FABRICATION AND CHECKING DIMENSIONS</th> <th style="font-size: x-small;">MACHINING DIMENSIONS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;"> ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.030" 0.031 - 0.099" 0.100 - 0.249" 0.250 - 0.499" 0.500 - 1.999" 2.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 49.999" 50.000 - 99.999" 100.000 - 499.999" 500.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED </td> <td style="font-size: x-small;"> ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.004" 0.005 - 0.009" 0.010 - 0.019" 0.020 - 0.049" 0.050 - 0.099" 0.100 - 0.499" 0.500 - 0.999" 1.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 99.999" 100.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED </td> </tr> </tbody> </table>	FABRICATION AND CHECKING DIMENSIONS	MACHINING DIMENSIONS	ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.030" 0.031 - 0.099" 0.100 - 0.249" 0.250 - 0.499" 0.500 - 1.999" 2.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 49.999" 50.000 - 99.999" 100.000 - 499.999" 500.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.004" 0.005 - 0.009" 0.010 - 0.019" 0.020 - 0.049" 0.050 - 0.099" 0.100 - 0.499" 0.500 - 0.999" 1.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 99.999" 100.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">FINISHES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;"> ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED </td> </tr> </tbody> </table>	FINISHES	ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	
FABRICATION AND CHECKING DIMENSIONS	MACHINING DIMENSIONS							
ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.030" 0.031 - 0.099" 0.100 - 0.249" 0.250 - 0.499" 0.500 - 1.999" 2.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 49.999" 50.000 - 99.999" 100.000 - 499.999" 500.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.004" 0.005 - 0.009" 0.010 - 0.019" 0.020 - 0.049" 0.050 - 0.099" 0.100 - 0.499" 0.500 - 0.999" 1.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 99.999" 100.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED							
FINISHES								
ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-weight: bold; font-size: small;">YANACOCHE GOLD PROJECT</td> <td rowspan="2" style="font-size: x-small;"> ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED </td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;"> 37' x 54' (32' [CL]) SAG MILL PROJECT #63285200 PURCHASE ORDER #63285200-47-0024-01 ORDER 9/21/98 </td> </tr> </table>	YANACOCHE GOLD PROJECT	ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	37' x 54' (32' [CL]) SAG MILL PROJECT #63285200 PURCHASE ORDER #63285200-47-0024-01 ORDER 9/21/98	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;"> FABRICATION AND CHECKING DIMENSIONS ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.030" 0.031 - 0.099" 0.100 - 0.249" 0.250 - 0.499" 0.500 - 1.999" 2.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 49.999" 50.000 - 99.999" 100.000 - 499.999" 500.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED </td> <td style="font-size: small;"> MACHINING DIMENSIONS ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.004" 0.005 - 0.009" 0.010 - 0.019" 0.020 - 0.049" 0.050 - 0.099" 0.100 - 0.499" 0.500 - 0.999" 1.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 99.999" 100.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: small;">DO NOT SCALE</td> </tr> </table>	FABRICATION AND CHECKING DIMENSIONS ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.030" 0.031 - 0.099" 0.100 - 0.249" 0.250 - 0.499" 0.500 - 1.999" 2.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 49.999" 50.000 - 99.999" 100.000 - 499.999" 500.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	MACHINING DIMENSIONS ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.004" 0.005 - 0.009" 0.010 - 0.019" 0.020 - 0.049" 0.050 - 0.099" 0.100 - 0.499" 0.500 - 0.999" 1.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 99.999" 100.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	DO NOT SCALE	
YANACOCHE GOLD PROJECT	ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED							
37' x 54' (32' [CL]) SAG MILL PROJECT #63285200 PURCHASE ORDER #63285200-47-0024-01 ORDER 9/21/98								
FABRICATION AND CHECKING DIMENSIONS ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.030" 0.031 - 0.099" 0.100 - 0.249" 0.250 - 0.499" 0.500 - 1.999" 2.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 49.999" 50.000 - 99.999" 100.000 - 499.999" 500.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	MACHINING DIMENSIONS ALL DIMENSIONS IN DECIMALS 0.001 - 0.004" 0.005 - 0.009" 0.010 - 0.019" 0.020 - 0.049" 0.050 - 0.099" 0.100 - 0.499" 0.500 - 0.999" 1.000 - 4.999" 5.000 - 9.999" 10.000 - 99.999" 100.000 - 999.999" 1000.000 - 9999.999" ALL DIMENSIONS TO BE TAKEN FROM DIMENSION LINE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED							
DO NOT SCALE								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-weight: bold; font-size: small;">LUBRICATION SYSTEM FIELD CONNECTION DIAGRAM</td> <td style="text-align: right; font-size: small;"> DWG 005-050743 DWG 003-056194 DWG 003-056195 </td> </tr> </table>		LUBRICATION SYSTEM FIELD CONNECTION DIAGRAM	DWG 005-050743 DWG 003-056194 DWG 003-056195	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-weight: bold; font-size: small;">Metso Minerals Industries, Inc.</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;"> 240 Arch St., P.O. Box 15312 York, PA 17405-7312 USA </td> </tr> </table>	Metso Minerals Industries, Inc.	240 Arch St., P.O. Box 15312 York, PA 17405-7312 USA		
LUBRICATION SYSTEM FIELD CONNECTION DIAGRAM	DWG 005-050743 DWG 003-056194 DWG 003-056195							
Metso Minerals Industries, Inc.								
240 Arch St., P.O. Box 15312 York, PA 17405-7312 USA								

APENDICE D: Diagrama del ring motor

System overview

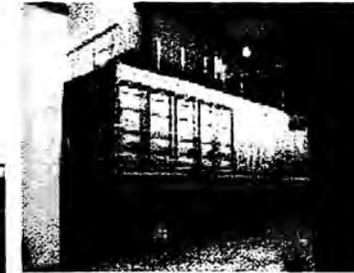
Harmonic filter & power factor compensation



MV switches

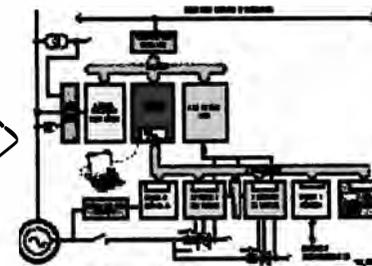


Converter transformer

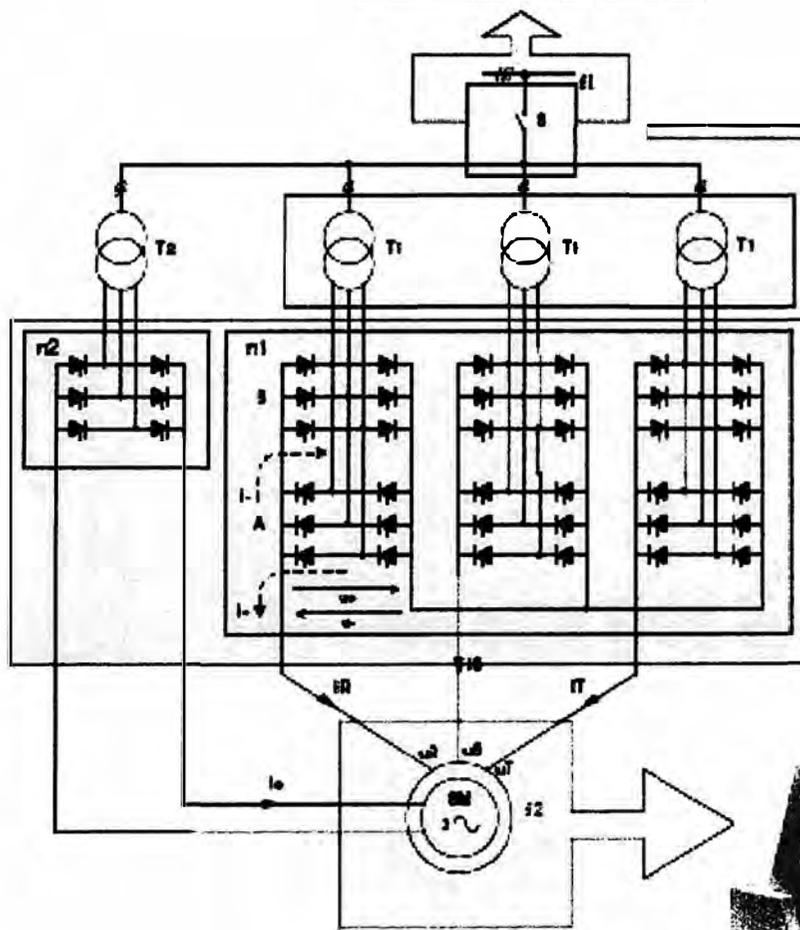


Auxiliaries & E-house

Cycloconverter & excitation



Controller
(drive control,
system control)



Ringmotor

**APENDICE E: Plan de mantenimiento del
fabricante del Molino (METSO)**

**Datos complementarios para el
Mantenimiento de Molino SAG 32' x 32'**

1. Revisión de los pernos del casco del molino:

Esta se debe de realizar después de unas tres semanas aproximadamente de funcionamiento a plena carga. Se debe realizar una segunda verificación completa del apriete después de aproximadamente 6 meses de funcionamiento y a partir de ese momento se deben verificar los pernos aleatoriamente cada seis meses (algunos pernos en cada brida). Si se perdió una precarga excesiva (menor a 65%) en esos pocos pernos, entonces deberán volver a apretarse todos los pernos.

También se debe de revisar el ajuste de los pernos del trommel y todo perno que soporte carga de gran magnitud.

2. Cojinetes de los muñones:

- Control de temperaturas, verificar el buen suministro de aceite a los trunnions mediante el uso de las ventanillas de inspección ubicada a los lados laterales de los trunnions.
- Tener cuidado de que no ingrese suciedad al hacer la inspección.

2.1 Inspecciones periódicas:

2.1.1 . Inspección de sellos:

El sello tiene la función de aislar el interior del trunion con el exterior por medio de la grasa, esta no va a permitir que ingrese suciedad al interior del trunnion, si esto sucediera los pads del molino se verán gravemente afectados.

- Inspección por lo menos una vez al mes.
- Inspeccionar si tiene suministro de grasa en el barril.
- Comprobar el correcto contacto del sello sobre el trunnion aprox 0.003" entre el sello y el trunnion.

2.1.2. Inspección de la superficie de los muñones:

- Inspección por lo menos una vez al mes.
- Los trunnion deben de estar totalmente lubricados en la superficie cuando se inspecciona por medio de estas puertas laterales.
- La inspección se hará por medio de las ventanillas de inspección instaladas a los costados de los trunnions.

3. Sistema de lubricación:

- Realizar una inspección de aceite periódica, el grado de limpieza recomendado por Metso es : ISO 17/15/12
- Realizar la correcta lubricación de los motores y bombas del sistema de lubricación.
- Realizar un monitoreo de las corrientes, potencia, presiones, temperaturas etc de los motores del sistema de lubricación y registrar datos.
- El intercambiador de calor deberá de ser inspeccionado por lo menos una vez al año, el suministro de agua al sistema deberá de ser inspeccionado de manera periódica.
- Cambio de filtros, en caso el filtro marque cambio en la mirilla o un diferenciales de presión o en caso el análisis de aceite indique cambio.
- Limpieza del tanque de lubricación una vez al año.

4. Mantenimiento de Revestimiento del molino, chutes de carga y chutes de descarga:

Realizar inspecciones de manera que se tenga una data del rendimiento y desgaste de los liners del molino, revestimientos interiores y trommel.

Recomendación:

Se debe de limpiar toda la carga del molino antes de realizar el cambio.

II. Programa de Inspección de Molino:



Proyecto de Yanacocha, Molino SAG de 32' x 32' EGL. No. de Serie: 68937
Programa de inspección para mantenimiento del molino

Componente del sistema del molino	Inspección de mantenimiento	Consulte la sección del manual	Intervalo de inspección	Condición del molino para el procedimiento de inspección (detenido o en operación)
Cojinetes de los muñones	Sellos – condiciones generales	Sección 17	Semanal	Molino en funcionamiento o detenido
	Verificaciones operacionales del detector de temperatura	Sección 17	Mensual	Molino en funcionamiento
	Verificación del desgaste de la superficie de los cojinetes de las almohadillas	Sección 17	Una vez al año	Molino detenido
Sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones	Nivel de aceite en el depósito del sistema de lubricación	Sección 18	Semanal	Molino en funcionamiento
	Verificaciones operacionales de la instrumentación	Sección 18	Semanal	Molino en funcionamiento
Casco del molino	Verificaciones del desgaste y de las condiciones de los revestimientos	Sección 5	Mensual	Molino detenido



Proyecto de Yanacocha, Molino SAG de 32' x 32' EGL. No. de Serie: 68937
Programa de inspección para mantenimiento del molino

Componente del sistema del molino	Inspección de mantenimiento	Consulte la sección del manual	Intervalo de inspección	Condición del molino para el procedimiento de inspección (detenido o en operación)
Dispositivo del extremo de carga	Inspeccione el conjunto del extremo de carga para determinar su sellado correcto	Sección 21	Semanal	Molino en funcionamiento
	Inspeccione los revestimientos de los alimentadores con canaleta y el revestimiento del muñón para determinar su desgaste	Sección 21	Mensual	Molino detenido
Extremo de descarga	Inspeccione si hay desgaste en el revestimiento del muñón de descarga	Sección 21	Mensual	Molino detenido
	Inspección de la criba para determinar su desgaste	Sección 21	Mensual	Molino detenido
	Inspeccione el conjunto del extremo de descarga para determinar la correcta estanqueidad de los sujetadores	Sección 21	Mensual	Molino detenido

III. Programa de mantenimiento Preventivo:

Proyecto de Yanacocha. Molino SAG de 32' x 32' EGL, No. de Serie: 68937
 Programa de mantenimiento preventivo del molino



Componente del sistema del molino	Procedimiento de mantenimiento	Consulte el siguiente número de sección del manual	Intervalo de mantenimiento	Condición del molino para el procedimiento de mantenimiento (detenido o en funcionamiento)
Cojinetes de los muñones	Engrase de los sellos	Sección 17	Mensual	Molino en funcionamiento
	Reemplazo de los sellos	Sección 17	Según resulte necesario, cuando estén gastados	Molino detenido
	Reemplazo de los cojinetes de las almohadillas	Sección 17	Según resulte necesario, cuando el buje está gastado más allá de los parámetros, o si está dañado	Molino detenido
	Limpieza del acjamiento del cojinete	Sección 17	Por lo menos una vez al año	Molino detenido
Sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones	Reemplazo del filtro de aceite	Sección 18	Según resulta necesario, cuando la caída de presión a través de los filtros indica un filtro sucio	Molino en funcionamiento o detenido; el filtro sucio puede aislarse para su recambio.
	Lubricación de los motores de la bombas de aceite	Sección 18	Cada 4 meses o según sea requerido	Molino en funcionamiento o detenido
	Limpieza del depósito, enjuague de la línea y reemplazo del aceite	Sección 18	Por lo menos una vez al año	Molino detenido

Proyecto de Yanacocha. Molino SAG de 32' x 32' EGL, No. de Serie: 68937
 Programa de mantenimiento preventivo del molino



Componente del sistema del molino	Procedimiento de mantenimiento	Consulte el siguiente número de sección del manual	Intervalo de mantenimiento	Condición del molino para el procedimiento de mantenimiento (detenido o en funcionamiento)
Conjunto de revestimiento del molino	Apriete de los pernos del revestimiento	Sección 19	Según resulte necesario	Molino detenido
	Reemplazo del revestimiento	Sección 19	Según resulte necesario, cuando los revestimientos están gastados o dañados	Molino detenido
Sistema de frenos del molino	Ajuste de los frenos calibradores	Sección 6	Según resulte necesario	Molino detenido
	Reemplazo de las almohadillas de los frenos	Sección 6	Según resulte necesario, cuando estén gastados	Molino detenido
Dispositivo de carga	Reemplazo del revestimiento del alimentador con canaleta	Sección 21	Según resulte necesario, cuando estén gastados	Molino detenido
	Reemplazo del revestimiento del muñón	Sección 21	Según resulte necesario, cuando estén gastados	Molino detenido
Dispositivo de descarga	Reemplazo del respaldo de caucho del revestimiento del muñón de descarga	Sección 21	Según resulte necesario, cuando estén gastados	Molino detenido
	Reemplazo del panel de pantalla de la criba	Sección 21	Según resulte necesario, cuando estén gastados	Molino detenido

**APENDICE F: Plan de mantenimiento del
fabricante gearless drive (ABB)**

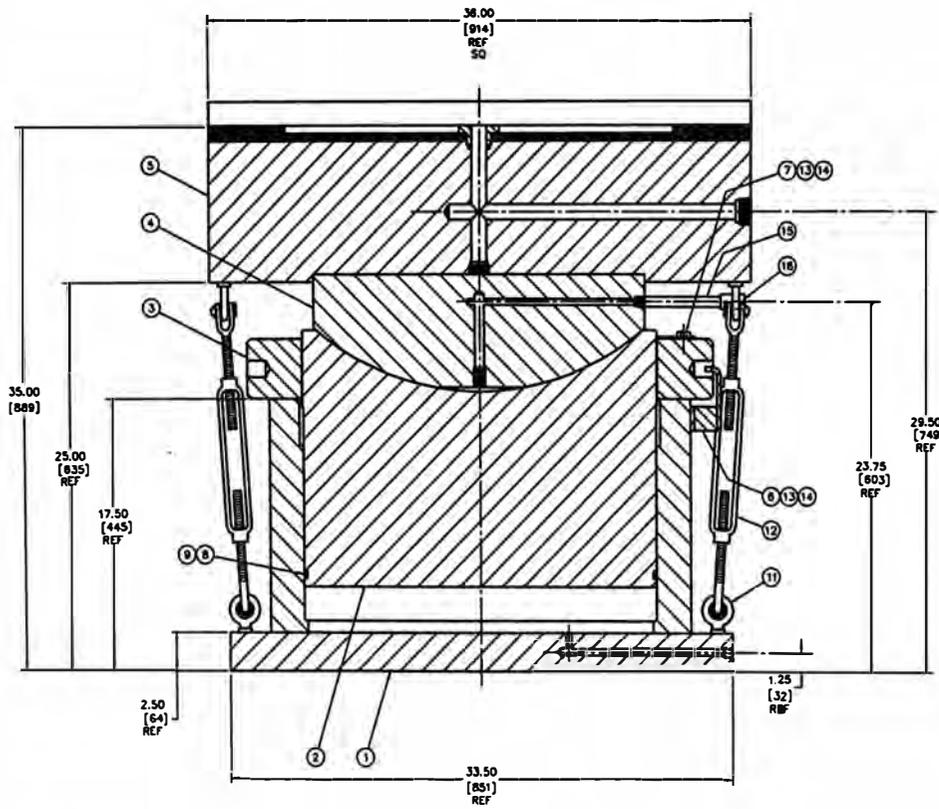
Item-No.	Service task	Service task can be done by qualified customer personnel	Status must be periodically checked by ABB	Recommended maximum service period					on condition that	recommended for actual service	last service date / service engineer	Time estimation [hours]	service checklist or description	comments	rev.
				Every month	Every 3 months	Every 6 months	Every year	Every 3 years							
											360	648	7.2		
A	Ringmotor														
1	General														
1.1	Visual check (inside)								Mill motor stop		2		Pls refer to ringmotor service manual		
1.2	Cleaning inside								Mill motor stop		8		dto.		
1.3	Cleaning outside								Mill motor stop		4		dto.		
2	Motor fixation														
2.1	Check hold down & stator quadrant bolts								Mill motor stop		8		dto.		
3	Rotor poles														
3.1	check poles and connections								Mill motor stop		8		dto.		
3.2	check pole fixing bolts								Mill motor stop		12		dto.		
4	Stator core														
4.1	check pressfinger								Mill motor stop		4		dto.		
4.2	check holding plates and keybars								Mill motor stop		8		dto.		
4.3	check stator core pressure bolts								Mill motor stop		20		dto.		
4.4	check compression between core segments								Mill motor stop		8		dto.		
5	Sealing														
5.1	check wear of outer and inner lip sealing								Mill motor stop		4		dto.	Check through the access openings	
5.2	Check teflon seal								Mill motor stop		4		dto.	Check through the access openings	
5.3	Check spring & holding plate segments								Mill motor stop		4		dto.	Check through the access openings	
6	Brushes														
6.1	Cleaning brushgear								Mill motor stop		4		dto.		
6.2	Check brush wear								Mill motor stop		4		dto.		
7	Slip rings														
7.1	Check contact surfaces								Mill motor stop		4		dto.	During brushes replacement	
7.2	Check no. of brushes related to excitation current								Mill motor stop				dto.	During brushes replacement	
7.3	Check joints								Mill motor stop		4		dto.	During brushes replacement	
7.4	Rotor insulation test								Mill motor stop		2		dto.	During brushes replacement	
8	Stator winding														
8.1	Winding diagnostics (WMDIPRO)								Mill motor stop		20		dto.	Motor in maint. Position	
8.2	Check wedges								Mill motor stop		12		dto.	Motor in maint. position or through access openings	
8.3	Stator winding insulation								Mill motor stop		2		dto.		
9	Cooling system														
9.1	Visual check								Mill motor stop		2		dto.		
9.2	Cleaning								Mill motor stop		2		dto.		
9.3	Air filter								Mill running		1		dto.		
9.4	Elastic connection to frame								Mill running		1		dto.		
9.5	Fan power consumption								Mill running		1		dto.		
9.6	Water leakage sensor								Mill motor stop		4		dto.		
10	Air gap														
10.1	Check magnetic center with feeler gauge								Mill motor stop		4		dto.		
10.2	Trend log								Mill running		2		dto.		
10.3	Verification of measurement								Mill running		4		dto.		
10.4	Axial centering								Mill motor stop		2		dto.		
11	All measured temperatures														
11.1	Trend log								Mill running		2				
11.2	Verification of measurement								Mill running		4				
12	Knife switch (stator & rotor)														
12.1	Visual check								Mill motor stop		1				
12.2	Check switch blades								Mill motor stop		1				
13	Spare parts														
13.1	check availability of recommended spares								Mill running		2				
13.2	check aux. supplies/material with limited lifetime								Mill running		1				
											178				

Item-No.	Service task	Service task can be done by qualified customer personnel	Status must be periodically checked by ABB	Recommended maximum service period						on condition that	recommended for actual service	last service date / service engineer	Time estimation (hours)	service checklist or description	comments	rev.
				Every month	Every 3 months	Every 6 months	Every year	Every 2 years	Every 3 years							
C Cyclo Transformer and Excitation Transformer																
1	Visual check								Mill stopped			6	ABB service report	pls refer to transformer serv. & maint. manual		
2	Check gaskets								Mill stopped				dto.	dto.		
3	Oil analysis								Mill stopped				dto.	dto.		
4	Buchhol relay test								Mill stopped				dto.	dto.		
D E-House																
MCC																
1.1	Visual check								Mill stopped			3	dto.			
1.2	Check connections								Mill stopped				dto.	pls refer to MCC serv. & maint. manual		
1.3	Check protection s								Mill stopped				dto.	dto.		
UPS																
2.1	Check battery								Mill stopped			2	dto.	pls refer to UPS serv. & maint. manual		
2.2	Check bypass switch								Mill stopped				dto.	dto.		
Air condition																
3.1	Visual check								Mill stopped			2	dto.	pls refer to AC serv. & maint. manual		
3.2	Filter & draining								Mill stopped				dto.	dto.		
3.3	Air duct								Mill stopped				dto.	dto.		
Fire fighting																
4.1	Visual check								Mill stopped			4	dto.	pls refer to Fire Fighting serv. & maint. manual		
4.2	Check & simulate sensors								Mill stopped				dto.	dto.		
4.3	Check battery								Mill stopped				dto.	dto.		
4.4	Check bottle (FM200)								Mill stopped				dto.	dto.		
4.5	Check electromagnetic actuator								Mill stopped				dto.	dto.		
PLC, VMS, Transient recorder																
5.1	read out and analyse fault log								Mill stopped or running			10	dto.			
5.2	read out and analyse trend log								Mill stopped or running				dto.			
	read out and analyse alarm logger								Mill stopped or running				dto.			
E General																
1.1	Check and update documentation								Mill stopped or running			8	dto.			
2.1	check availability of spare parts								Mill stopped or running				dto.			
3.1	Problems review with client								Mill stopped or running				dto.			
											total hours	35				

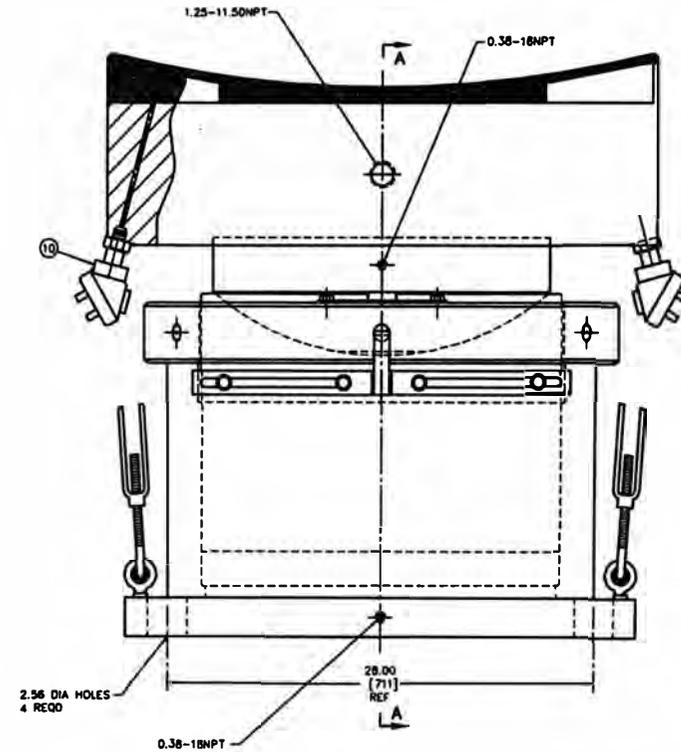
APENDICE G: Esquema del bearing PAD

ITEM NO.	QTY. REQD.	DWG. NO. PART NO.	DESCRIPTION	NOTES
1	1	D05-045777	BASE	1820g
2	1	D02-051683	PISTON	1840g
3	1	D02-075834	NUT	350g
4	1	D02-051749	SPHERICAL BALL	500g
5	1	D05-025834	BEARING PAD	3700g
6	1	C08-028075	CLIP	
7	1	A02-051878	LOCKING PLATE	
8	2	A04-113673	BACK-UP RING	

ITEM NO.	QTY. REQD.	DWG. NO. PART NO.	DESCRIPTION	NOTES
9	1	04-114582	O-RING	
10	2	A04-138481	TEMPERATURE DETECTOR	
11	8	A4-132750	EYE BOLT, 0.82-11UNC	
12	4	A04-132751	TURNBUCKLE	
13	8	04-111015	SCREW, HEX HD, M12x1.75 X 25	
14	8	04-096833	LOCKWASHER, M12	
15	1	04-020583	PIPE, 0.38 X 6.00 LG, SCH 80	ASTM A53
16	1	04-082366	PIPE COUPLING, 0.38	



SECTION A-A



REF MASTER DWG D05-043776

A ADDED CERTIFIED CORRECT BLOCK <small>DWG. NO. REV. DATE</small>	<small>DATE</small> <small>BY</small> <small>DATE</small> <small>CHK.</small>		Metso Minerals Industries, Inc. 240 Arch St., P.O. Box 15312 York, PA 17405-7312 USA
---	--	--	---

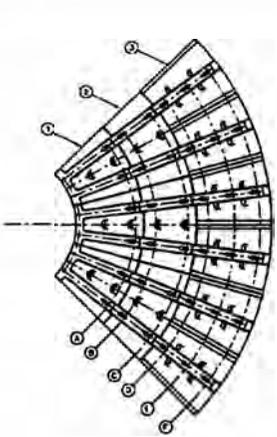
Metso Minerals Industries, Inc.
CERTIFIED CORRECT
 By: R.J.H Date: 8/18/06

YANACOCHA GOLD PROJECT
 32' X 34' (32' EGL) SAG MILL
 PROJECT #53235200
 PURCHASE ORDER:
 #53235200-47-6024-01
 METSO S/N 68937

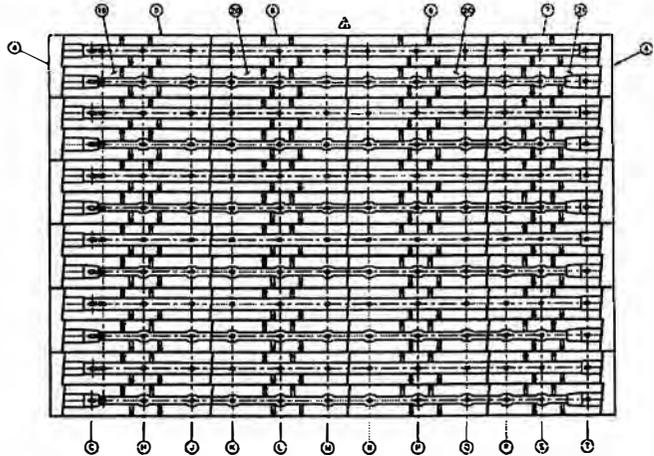
<small>FABRICATION AND CASTING DIMENSIONS</small> ALL DIMENSIONS IN INCHES ± = 0.005" ± = 0.012" ± = 0.020" ANGULAR ± 0.5 DEGREE CHAMFER ± 0.5 DEGREE		<small>MACHINING DIMENSIONS</small> ALL DIMENSIONS IN INCHES ± = 0.005" ± = 0.010" ± = 0.015" ANGULAR ± 0.5 DEGREE CHAMFER ± 0.5 DEGREE MACHINING SURFACE FINISH 250 RMS - UNLESS NOTED	
<small>DO NOT SCALE</small>		BEARING PAD ASSY 150° BEARING FREE (METRIC)	
<small>DWG. NO.</small> <small>REV.</small> <small>DATE</small>	<small>DATE</small> <small>BY</small> <small>DATE</small>	D 05-055878	<small>SHEET</small> 1 of 1

EST WT: 8100 LB

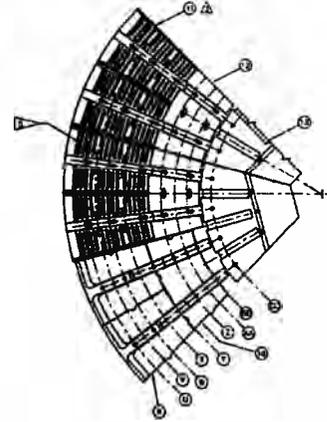
**APENDICE H: Vista general de los liners de
desgaste**



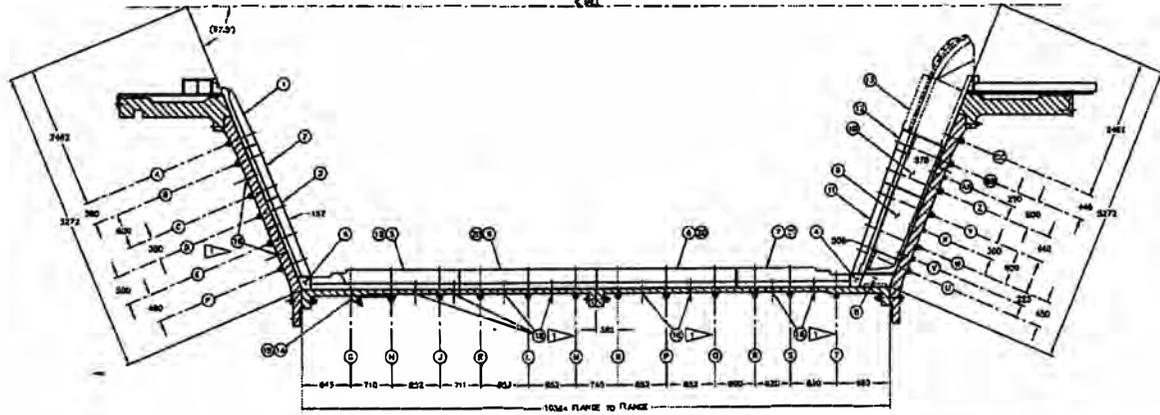
PARTIAL DEVELOPMENT OF FEED HEAD LINING



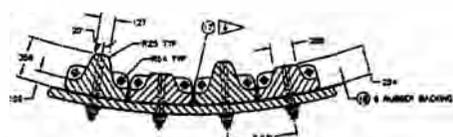
PARTIAL DEVELOPMENT OF MILL SHELL LINERS



PARTIAL DEVELOPMENT OF DISCHARGE HEAD LINING



SECTION THRU SHELL



- 1** LINER KNOB-OUT HOLES (54 DIA)
- 2** LINER BOLTS ARE SAZ GRADE S
- 3** BOLT CIRCLES Y, X, AND AA ARE USED TO HOLD PULP LIFTERS IN POSITION UPON THE DISCHARGE GRATE AND DISCHARGE HEAD LINERS ARE INSTALLED.
- 4** RUBBER PLEER TO BE INSTALLED LOOSE IN LONGITUDINAL JOINTS OF SHELL LINERS.
- 5** OPENINGS IN DISCHARGE GRATE ARE 3/8" DIA. TOTAL OPEN AREA OF GRATES IS 7.38818 SQ IN.
- 6** TOTAL WEIGHT OF MILL LINING IS 552,300 kg

Yanacocha Project **FLUOR**
 Responsibility for purchase of materials and their installation shall rest with the client. The contractor shall not accept the responsibility for the accuracy of quantities, design, details and dimensions. References are defined as:
 A) Plans
 B) Purchase as noted Change as noted and readings
 C - D: As per Change as noted and readings
 E: Information only

ITEM NO.	QTY.	DWG. NO.	PART NO.	DESCRIPTION	NOTE
1	13	A103-525382		DEFLECTOR, FEED HEAD	1016 kg
2	13	A103-525383		FEED HEAD LINER, INNER	270 kg
3	24	A103-525384		FEED HEAD LINER, OUTER	200 kg
4	36	A103-525389		CORNER LINER, CYLINDER	300 kg
5	27	A103-525396		CYLINDER LINER, FEED END-LOW	2050 kg
6	36	A103-525398		CYLINDER LINER, CM/FR-LOW	1850 kg
7	27	A103-525400		CYLINDER LINER, DISCH END-LOW	1800 kg
8	24	A103-525401		CORNER BLOCK	1016 kg
9	24	A103-525403		PULP LIFTER, OUTER	1410 kg
10	12	A103-528404		PULP LIFTER, INNER	1940 kg
11	24	A103-525405		DISCHARGE GRATE	1200 kg
12	12	A103-525408		DISCHARGE HEAD LINER	1185 kg
13	1	A100-056360		PULP DISCHARGER ASSEMBLY	
14	54	A205-057138		SUPPORT, LINER BOLT	
15	108	A02-037441		WASHER, RUBBER	
16	508	05-801345		TEX PLUC TEX-4, RUBBER	25 EXTRA
17	2200	04-117013		RUBBER INSERT	QTY IN FT
18	1	A108-058018		LINER BAKING, RUBBER	
19	27	A103-525897		CYLINDER LINER, FEED END-HIGH	2220 kg
20	54	A103-525397		CYLINDER LINER, CENTER-HIGH	2100 kg
21	27	A103-525407		CYLINDER LINER, DISCH END-HIGH	1700 kg

DIAMETER AND TYPE	DWC. NO.	BOLT GRADE	LOCATION	QUANTITY AND WEIGHT											
				4.50	10.00	15.00	14.00	12.00	34	34	34	34	34	34	
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07870	A	A										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07880	B	B										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07880	C	C										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07880	D	D										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07880	E	E										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07880	F	F										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07870	G	G										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07870	H	H										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	J	J										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	K	K										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	L	L										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	M	M										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	N	N										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	P	P										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	O	O										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	R	R										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	S	S										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07848	T	T										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07880	U	U										24		
1.50-LBRK OVM BOLT	03-04123	V	V										24		
1.50-LBRK OVM BOLT	03-07870	W	W										24		
1.50-LBRK OVM BOLT	03-04123	X	X										24		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07870	Y	Y										34		
2.00-LBRK OVM BOLT	03-07828	Z	Z										24		
1.50-LBRK OVM BOLT	03-04123	AA	AA										24		
1.50-LBRK OVM BOLT	03-04123	BB	BB										24		
1.50-LBRK OVM BOLT	03-04123	CC	CC										24		
TOTAL QTY 2.00-LBRK OVM HEAD BOLTS													24	24	
TOTAL QTY 1.50-LBRK OVM HEAD BOLTS													72	72	
TOTAL QTY 1.50-LBRK SO HEAD BOLTS														72	72

EACH 2.00 DIA LINER BOLT REQUIRES THE FOLLOWING:
 (1) 2.00 DIA SEAL WASHER, 04-07599
 (1) 2.00 DIA CUPPED WASHER, 04-07580
 (1) 2.00-LBRK HEX NUT, 04-08462

EACH 1.50 DIA LINER BOLT REQUIRES THE FOLLOWING:
 (1) 1.50 DIA SEAL WASHER, 04-07599
 (1) 1.50 DIA CUPPED WASHER, 04-07590
 (1) 1.50-LBRK HEX NUT, 04-08451

METSO Metso Minerals Industries, Inc.
 340 Park St., P.O. Box 1932
 Sudbury, MA 01769-1932 USA

YANACOCCHA GOLD PROJECT
32' X 36' (32' EQL) SAG MILL
 PROJECT #53235200
 PURCHASE ORDER: #53235200-47-6024-01
 METSO S/N 68937

LINING ASSEMBLY
32' DIA X 36' LG SAG MILL
150' BEARINGS
 AO 05-055930 1 of 1

YANACOCCHA PROJECT
 FLUOR
 53235200-47-6024-01
 SUPPLEMENT 01
 P. 8

APENDICE I: Evaluation criteria for RCM process

SAE JA1011

Submitted for recognition as an American National Standard

Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes

Foreword—Reliability-Centered Maintenance (RCM) was initially developed by the commercial aviation industry to improve the safety and reliability of their equipment. It was first documented in a report written by F.S. Nowlan and H.F. Heap and published by the U.S. Department of Defense in 1978. Since then, RCM has been used to help formulate physical asset management strategies in almost every area of organized human endeavor, and in almost every industrialized country in the world. The process defined by Nowlan and Heap served as the basis of various application documents in which the RCM process has been developed and refined over the ensuing years. Most of these documents retain the key elements of the original process. However the widespread use of the term "RCM" has led to the emergence of a number of processes that differ significantly from the original, but that their proponents also call "RCM." Many of these other processes fail to achieve the goals of Nowlan and Heap, and some are actively counterproductive.

As a result, there has been a growing international demand for a standard that sets out the criteria that any process must comply with in order to be called "RCM." This document meets that need.

The criteria in this SAE Standard are based upon the RCM processes and concepts in three RCM documents: (1) Nowlan and Heap's 1978 book, "Reliability-Centered Maintenance," (2) US naval aviation's MIL-STD-2173(AS) (Reliability-Centered Maintenance Requirements of Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment) and its successor, U.S. Naval Air Systems Command Management Manual 00-25-403 (Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process), and (3) "Reliability-Centered Maintenance (RCM 2)," by John Moubray. These documents are judged to be the most widely-accepted and widely-used RCM documents available.

This document describes the minimum criteria that any process must comply with to be called "RCM." It does not attempt to define a specific RCM process.

This document is intended for anyone who wishes to ascertain whether any process that purports to be RCM is in fact RCM. It is especially useful to people who wish to purchase RCM services (training, analysis, facilitation, consulting, or any combination thereof).

SAE Technical Standards Board Rules provide that: "This report is published by SAE to advance the state of technical and engineering sciences. The use of this report is entirely voluntary, and its applicability and suitability for any particular use, including any patent infringement arising therefrom, is the sole responsibility of the user."

SAE reviews each technical report at least every five years at which time it may be reaffirmed, revised, or cancelled. SAE invites your written comments and suggestions.

QUESTIONS REGARDING THIS DOCUMENT: (724) 772-8512 FAX: (724) 776-0243
TO PLACE A DOCUMENT ORDER: (724) 776-4970 FAX: (724) 776-0790
SAE WEB ADDRESS <http://www.sae.org>

TABLE OF CONTENTS

1.	Scope.....	2
1.1	Purpose	2
2.	References	2
2.1	Related Publications	2
2.1.1	SAE Publications	2
2.1.2	U.S. Department of Commerce Publications	3
2.1.3	U.S. Department of Defense Publications	3
2.1.4	Industrial Press Publication.	3
2.1.5	U.K. Ministry of Defence	3
2.1.6	Other Publications	3
3.	Definitions	4
4.	Acronyms.....	6
5.	Reliability-Centered Maintenance (RCM)	6
5.1	Functions	6
5.2	Functional Failures	6
5.3	Failure Modes	6
5.4	Failure Effects.....	7
5.5	Failure Consequence Categories	7
5.6	Failure Management Policy Selection	7
5.7	Failure Management Policies—Scheduled Tasks	7
5.8	Failure Management Policies—One-Time Changes and Run-to-Failure.....	9
5.9	A Living Program	9
5.10	Mathematical and Statistical Formulae	10
6.	Notes	10
6.1	Keywords	10

1. **Scope**—This SAE Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM) is intended for use by any organization that has or makes use of physical assets or systems that it wishes to manage responsibly.

1.1 **Purpose**—RCM is a specific process used to identify the policies which must be implemented to manage the failure modes which could cause the functional failure of any physical asset in a given operating context. This document is intended to be used to evaluate any process that purports to be an RCM process, in order to determine whether it is a true RCM process. This document supports such an evaluation by specifying the minimum criteria that a process must have in order to be an RCM process.

2. **References**

2.1 **Related Publications**—The following publications are provided for information purposes only and are not a required part of this document.

2.1.1 SAE PUBLICATIONS—Available from SAE, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

SAE JA1012—A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)

SAE JA1011 Issued AUG1999

- 2.1.2 U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE PUBLICATIONS—Available from NTIS, Port Royal Road, Springfield, VA 22161
- Nowlan, F. Stanley, and Howard F. Heap, "Reliability-Centered Maintenance," Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-A066579.
- 2.1.3 U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE PUBLICATIONS—Available from DODSSP, Subscription Services Desk, Building 4/Section D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111-5098
- MIL-STD 2173(AS)—"Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment" (U.S. Naval Air Systems Command)
NAVAIR 00-25-403—"Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process" (U.S. Naval Air System Command)
MIL-P-24534—"Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation" (U.S. Naval Sea Systems Command)
S9081-AB-GIB-010/MAINT—"Reliability-Centered Maintenance Handbook" (U.S. Naval Sea Systems Command)
- 2.1.4 INDUSTRIAL PRESS PUBLICATION—Available from Industrial Press, Inc., 200 Madison Avenue, New York City, New York, 10016 (also available from Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, Great Britain OX2 8DP).
- Moubray, John, "Reliability-Centered Maintenance," 1997
- 2.1.5 U.K. MINISTRY OF DEFENCE PUBLICATION—Available from Reliability-centred Maintenance Implementation Team, Ships Support Agency, Ministry of Defence (Navy), Room 22, Block K, Foxhill, Bath, BA1 5AB United Kingdom.
- NES 45—Naval Engineering Standard 45, "Requirements for the Application of Reliability-Centred Maintenance Techniques to HM Ships, Royal Fleet Auxiliaries and other Naval Auxiliary Vessels" (Restricted-Commercial)
- 2.2 **Other Publications**—The following publications were consulted in the course of developing this SAE Technical Report and are not a required part of this document.
- Anderson, Ronald T. and Neri, Lewis, "Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods," Elsevier Applied Science, London and New York, 1990
Blanchard, B.S., Verma, D., and Peterson, E.L., "Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management," John Wiley and Sons, New York, 1995
"Dependability Management—Part 3-11: Application Guide—Reliability Centred Maintenance," International Electrotechnical Commission, Geneva, Document No. 56/651/FDIS.
Jones, Richard B., "Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach," Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1995
MSG-3, "Maintenance Program Development Document," Air transport Association, Washington DC, Revision 2 1993
"Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis," Department of Defense, Washington, DC, Military Standard MIL-DTD. 1629A, Notice 2, 1984
"Reliability Centered Maintenance for Aircraft, Engines, and Equipment," United States Air Force, MIL-STD-1843 (NOTE: Cancelled without Replacement, August 1995)
Smith, Anthony M., "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill, New York, 1993
Zwengelstein, G., "Reliability Centered Maintenance, A Practical Guide for Implementation," Hermès, Paris, 1996

SAE JA1011 Issued AUG1999

3. Definitions

- 3.1 Age**—A measure of exposure to stress computed from the moment an item or component enters service when new or re-enters service after a task designed to restore its initial capability, and can be measured in terms of calendar time, running time, distance traveled, duty cycles, or units of output or throughput.
- 3.2 Appropriate Task**—A task that is both technically feasible and worth doing (applicable and effective).
- 3.3 Conditional Probability of Failure**—The probability that a failure will occur in a specific period provided that the item concerned has survived to the beginning of that period.
- 3.4 Desired Performance**—The level of performance desired by the owner or user of a physical asset or system.
- 3.5 Environmental Consequences**—A failure mode or multiple failure has environmental consequences if it could breach any corporate, municipal, regional, national, or international environmental standard or regulation which applies to the physical asset or system under consideration.
- 3.6 Evident Failure**—A failure mode whose effects become apparent to the operating crew under normal circumstances if the failure mode occurs on its own.
- 3.7 Evident Function**—A function whose failure on its own becomes apparent to the operating crew under normal circumstances.
- 3.8 Failure Consequences**—The way(s) in which the effects of a failure mode or a multiple failure matter (evidence of failure, impact on safety, the environment, operational capability, direct, and indirect repair costs).
- 3.9 Failure Effect**—What happens when a failure mode occurs.
- 3.10 Failure-Finding Task**—A scheduled task used to determine whether a specific hidden failure has occurred.
- 3.11 Failure Management Policy**—A generic term that encompasses on-condition tasks, scheduled restoration, scheduled discard, failure-finding, run-to-failure, and one-time changes.
- 3.12 Failure Mode**—A single event, which causes a functional failure.
- 3.13 Function**—What the owner or user of a physical asset or system wants it to do.
- 3.14 Functional Failure**—A state in which a physical asset or system is unable to perform a specific function to a desired level of performance.
- 3.15 Hidden Failure**—A failure mode whose effects do not become apparent to the operating crew under normal circumstances if the failure mode occurs on its own.
- 3.16 Hidden Function**—A function whose failure on its own does not become apparent to the operating crew under normal circumstances.
- 3.17 Initial Capability**—The level of performance that a physical asset or system is capable of achieving at the moment it enters service.
- 3.18 Multiple Failure**—An event that occurs if a protected function fails while its protective device or protective system is in a failed state.

SAE JA1011 Issued AUG1999

- 3.19 Non-Operational Consequences**—A category of failure consequences that do not adversely affect safety, the environment, or operations, but only require repair or replacement of any item(s) that may be affected by the failure.
- 3.20 On-Condition Task**—A scheduled task used to detect a potential failure.
- 3.21 One-Time Change**—Any action taken to change the physical configuration of an asset or system (redesign or modification), to change the method used by an operator or maintainer to perform a specific task, to change the operating context of the system, or to change the capability of an operator or maintainer (training)
- 3.22 Operating Context**—The circumstances in which a physical asset or system is expected to operate.
- 3.23 Operational Consequences**—A category of failure consequences that adversely affect the operational capability of a physical asset or system (output, product quality, customer service, military capability, or operating costs in addition to the cost of repair).
- 3.24 Owner**—A person or organization that may either suffer or be held accountable for the consequences of a failure mode by virtue of ownership of the asset or system.
- 3.25 P-F Interval**—The interval between the point at which a potential failure becomes detectable and the point at which it degrades into a functional failure (also known as “failure development period” and “lead time to failure”)
- 3.26 Potential Failure**—An identifiable condition that indicates that a functional failure is either about to occur or is in the process of occurring.
- 3.27 Protective Device or Protective System**—A device or system which is intended to avoid, eliminate, or minimize the consequences of failure of some other system.
- 3.28 Primary Function(s)**—The function(s) which constitute the main reason(s) why a physical asset or system is acquired by its owner or user.
- 3.29 Run-to-Failure**—A failure management policy that permits a specific failure mode to occur without any attempt to anticipate or prevent it.
- 3.30 Safety Consequences**—A failure mode or multiple failure has safety consequences if it could injure or kill a human being.
- 3.31 Scheduled**—Performed at fixed, predetermined intervals, including “continuous monitoring” (where the interval is effectively zero).
- 3.32 Scheduled Discard**—A scheduled task that entails discarding an item at or before a specified age limit regardless of its condition at the time.
- 3.33 Scheduled Restoration**—A scheduled task that restores the capability of an item at or before a specified interval (age limit), regardless of its condition at the time, to a level that provides a tolerable probability of survival to the end of another specified interval.
- 3.34 Secondary Functions**—Functions which a physical asset or system has to fulfill apart from its primary function(s), such as those needed to fulfill regulatory requirements and those which concern issues such as protection, control, containment, comfort, appearance, energy efficiency, and structural integrity.
- 3.35 User**—A person or organization that operates an asset or system and may either suffer or be held accountable for the consequences of a failure mode of that system.

4. Acronyms

4.1 RCM—Reliability-Centered Maintenance

5. **Reliability-Centered Maintenance (RCM)**—Any RCM process shall ensure that all of the following seven questions are answered satisfactorily and are answered in the sequence shown as follows:

- a. What are the functions and associated desired standards of performance of the asset in its present operating context (functions)?
- b. In what ways can it fail to fulfil its functions (functional failures)?
- c. What causes each functional failure (failure modes)?
- d. What happens when each failure occurs (failure effects)?
- e. In what way does each failure matter (failure consequences)?
- f. What should be done to predict or prevent each failure (proactive tasks and task intervals)?
- g. What should be done if a suitable proactive task cannot be found (default actions)?

To answer each of the previous questions “satisfactorily,” the following information shall be gathered, and the following decisions shall be made. All information and decisions shall be documented in a way which makes the information and the decisions fully available to and acceptable to the owner or user of the asset.

5.1 Functions

- 5.1.1 The operating context of the asset shall be defined.
- 5.1.2 All the functions of the asset/system shall be identified (all primary and secondary functions, including the functions of all protective devices).
- 5.1.3 All function statements shall contain a verb, an object, and a performance standard (quantified in every case where this can be done).
- 5.1.4 Performance standards incorporated in function statements shall be the level of performance desired by the owner or user of the asset/system in its operating context.

5.2 Functional failures—All the failed states associated with each function shall be identified.

5.3 Failure modes

- 5.3.1 All failure modes reasonably likely to cause each functional failure shall be identified.
- 5.3.2 The method used to decide what constitutes a “reasonably likely” failure mode shall be acceptable to the owner or user of the asset.
- 5.3.3 Failure modes shall be identified at a level of causation that makes it possible to identify an appropriate failure management policy.
- 5.3.4 Lists of failure modes shall include failure modes that have happened before, failure modes that are currently being prevented by existing maintenance programs and failure modes that have not yet happened but that are thought to be reasonably likely (credible) in the operating context.
- 5.3.5 Lists of failure modes should include any event or process that is likely to cause a functional failure, including deterioration, design defects, and human error whether caused by operators or maintainers (unless human error is being actively addressed by analytical processes apart from RCM).

5.4 Failure Effects

- 5.4.1 Failure effects shall describe what would happen if no specific task is done to anticipate, prevent, or detect the failure.
- 5.4.2 Failure effects shall include all the information needed to support the evaluation of the consequences of the failure, such as:
- a. What evidence (if any) that the failure has occurred (in the case of hidden functions, what would happen if a multiple failure occurred)
 - b. What it does (if anything) to kill or injure someone, or to have an adverse effect on the environment
 - c. What it does (if anything) to have an adverse effect on production or operations
 - d. What physical damage (if any) is caused by the failure
 - e. What (if anything) must be done to restore the function of the system after the failure

5.5 Failure Consequence Categories

- 5.5.1 The consequences of every failure mode shall be formally categorized as follows:
- 5.5.1.1 The consequence categorization process shall separate hidden failure modes from evident failure modes.
- 5.5.1.2 The consequence categorization process shall clearly distinguish events (failure modes and multiple failures) that have safety and/or environmental consequences from those that only have economic consequences (operational and non-operational consequences).
- 5.5.2 The assessment of failure consequences shall be carried out as if no specific task is currently being done to anticipate, prevent, or detect the failure.

5.6 Failure Management Policy Selection

- 5.6.1 The failure management selection process shall take account of the fact that the conditional probability of some failure modes will increase with age (or exposure to stress), that the conditional probability of others will not change with age, and the conditional probability of yet others will decrease with age.
- 5.6.2 All scheduled tasks shall be technically feasible and worth doing (applicable and effective), and the means by which this requirement will be satisfied are set out in 5.7.
- 5.6.3 If two or more proposed failure management policies are technically feasible and worth doing (applicable and effective), the policy that is most cost-effective shall be selected.
- 5.6.4 The selection of failure management policies shall be carried out as if no specific task is currently being done to anticipate, prevent or detect the failure.

5.7 Failure Management Policies—Scheduled Tasks

- 5.7.1 All scheduled tasks shall comply with the following criteria:
- 5.7.1.1 In the case of an evident failure mode that has safety or environmental consequences, the task shall reduce the probability of the failure mode to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.

SAE JA1011 Issued AUG1999

- 5.7.1.2 In the case of a hidden failure mode where the associated multiple failure has safety or environmental consequences, the task shall reduce the probability of the hidden failure mode to an extent which reduces the probability of the associated multiple failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
- 5.7.1.3 In the case of an evident failure mode that does not have safety or environmental consequences, the direct and indirect costs of doing the task shall be less than the direct and indirect costs of the failure mode when measured over comparable periods of time.
- 5.7.1.4 In the case of a hidden failure mode where the associated multiple failure does not have safety or environmental consequences, the direct and indirect costs of doing the task shall be less than the direct and indirect costs of the multiple failure plus the cost of repairing the hidden failure mode when measured over comparable periods of time.
- 5.7.2 **ON-CONDITION TASKS**—Any on-condition task (or predictive or condition-based or condition monitoring task) that is selected shall satisfy the following additional criteria:
 - 5.7.2.1 There shall exist a clearly defined potential failure.
 - 5.7.2.2 There shall exist an identifiable P-F interval (or failure development period).
 - 5.7.2.3 The task interval shall be less than the shortest likely P-F interval.
 - 5.7.2.4 It shall be physically possible to do the task at intervals less than the P-F interval.
 - 5.7.2.5 The shortest time between the discovery of a potential failure and the occurrence of the functional failure (the P-F interval minus the task interval) shall be long enough for predetermined action to be taken to avoid, eliminate, or minimize the consequences of the failure mode.
- 5.7.3 **SCHEDULED DISCARD TASKS**—Any scheduled discard task that is selected shall satisfy the following additional criteria:
 - 5.7.3.1 There shall be a clearly defined (preferably a demonstrable) age at which there is an increase in the conditional probability of the failure mode under consideration.
 - 5.7.3.2 A sufficiently large proportion of the occurrences of this failure mode shall occur after this age to reduce the probability of premature failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
- 5.7.4 **SCHEDULED RESTORATION TASKS**—Any scheduled restoration task that is selected shall satisfy the following additional criteria:
 - 5.7.4.1 There shall be a clearly defined (preferably a demonstrable) age at which there is an increase in the conditional probability of the failure mode under consideration.
 - 5.7.4.2 A sufficiently large proportion of the occurrences of this failure mode shall occur after this age to reduce the probability of premature failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
 - 5.7.4.3 The task shall restore the resistance to failure (condition) of the component to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.

SAE JA1011 Issued AUG1999

5.7.5 FAILURE-FINDING TASKS—Any failure-finding task that is selected shall satisfy the following additional criteria (failure-finding does not apply to evident failure modes):

5.7.5.1 The basis upon which the task interval is selected shall take into account the need to reduce the probability of the multiple failure of the associated protected system to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.

5.7.5.2 The task shall confirm that all components covered by the failure mode description are functional.

5.7.5.3 The failure-finding task and associated interval selection process should take into account any probability that the task itself might leave the hidden function in a failed state.

5.7.5.4 It shall be physically possible to do the task at the specified intervals.

5.8 Failure Management Policies—One-Time Changes and Run-to-Failure

5.8.1 ONE-TIME CHANGES

5.8.1.1 The RCM process shall endeavor to extract the desired performance of the system as it is currently configured and operated by applying appropriate scheduled tasks.

5.8.1.2 In cases where such tasks cannot be found, one-time changes to the asset or system may be necessary, subject to the following criteria.

5.8.1.2.1 In cases where the failure is hidden, and the associated multiple failure has safety or environmental consequences, a one-time change that reduces the probability of the multiple failure to a level tolerable to the owner or user of the asset is compulsory.

5.8.1.2.2 In cases where the failure mode is evident and has safety or environmental consequences, a one-time change that reduces the probability of the failure mode to a level tolerable to the owner or user of the asset is compulsory.

5.8.1.2.3 In cases where the failure mode is hidden, and the associated multiple failure does not have safety or environmental consequences, any one-time change must be cost-effective in the opinion of the owner or user of the asset.

5.8.1.2.4 In cases where the failure mode is evident and does not have safety or environmental consequences, any one-time change must be cost-effective in the opinion of the owner or user of the asset.

5.8.2 RUN-TO-FAILURE—Any run-to-failure policy that is selected shall satisfy the appropriate criterion as follows:

5.8.2.1 In cases where the failure is hidden and there is no appropriate scheduled task, the associated multiple failure shall not have safety or environmental consequences.

5.8.2.2 In cases where the failure is evident and there is no appropriate scheduled task, the associated failure mode shall not have safety or environmental consequences.

5.9 A Living Program

5.9.1 This document recognizes that (a) much of the data used in the initial analysis are inherently imprecise, and that more precise data will become available in time, (b) the way in which the asset is used, together with associated performance expectations, will also change with time, and (c) maintenance technology continues to evolve. Thus a periodic review is necessary if the RCM-derived asset management program is to ensure that the assets continue to fulfill the current functional expectations of their owners and users.

SAE JA1011 Issued AUG1999

5.9.2 Therefore any RCM process shall provide for a periodic review of both the information used to support the decisions and the decisions themselves. The process used to conduct such a review shall ensure that all seven questions in Section 5 continue to be answered satisfactorily and in a manner consistent with the criteria set out in 5.1 through 5.8.

5.10 Mathematical and Statistical Formulae

5.10.1 Any mathematical and statistical formulae that are used in the application of the process (especially those used to compute the intervals of any tasks) shall be logically robust, and shall be available to and approved by the owner or user of the asset.

6. Notes

6.1 **Key words**—Condition-based maintenance, predictive maintenance, preventive maintenance, proactive maintenance, RCM, reliability centered maintenance, scheduled maintenance

PREPARED BY THE SAE G-11 RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) SUBCOMMITTEE
OF THE SAE G-11 SUPPORTABILITY COMMITTEE

SAE JA1011 Issued AUG1999

Rationale—Not applicable.

Relationship of SAE Standard to ISO Standard—Not applicable.

Application—This SAE Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM) is intended for use by any organization that has or makes use of physical assets or systems that it wishes to manage responsibly.

Reference Section

SAE JA1012—A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)

Nowlan, F. Stanley, and Howard F. Heap, "Reliability-Centered Maintenance," Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-A066579.

MIL-STD 2173(AS)—"Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment" (U.S. Naval Air Systems Command)

NAVAIR 00-25-403—"Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process" (U.S. Naval Air Systems Command)

MIL-P-24534—"Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation" (U.S. Naval Sea Systems Command)

S9081-AB-GIB-010/MAINT—"Reliability-Centered Maintenance Handbook" (U.S. Naval Sea Systems Command)

Moubray, John, "Reliability-Centered Maintenance," 1997

NES 45—Naval Engineering Standard 45, "Requirements for the Application of Reliability-Centred Maintenance Techniques to HM Ships, Royal Fleet Auxiliaries and other Naval Auxiliary Vessels" (Restricted-Commercial)

Anderson, Ronald T. and Neri, Lewis, "Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods," Elsevier Applied Science, London and New York, 1990

Blanchard, B.S., Verma, D., and Peterson, E.L., "Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management," John Wiley and Sons, New York, 1995

"Dependability Management—Part 3-11: Application Guide—Reliability Centred Maintenance," International Electrotechnical Commission, Geneva, Document No. 56/651/FDIS.

Jones, Richard B., "Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach," Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1995

MSG-3, "Maintenance Program Development Document," Air transport Association, Washington DC, Revision 2 1993

"Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis," Department of Defense, Washington, DC, Military Standard MIL-DTD. 1629A, Notice 2, 1984

"Reliability Centered Maintenance for Aircraft, Engines, and Equipment, United States Air Force," MIL-STD-1843 (NOTE: Cancelled without Replacement, August 1995)

SAE JA1011 Issued AUG1999

Smith, Anthony M., "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill, New York, 1993

Zwingelstein, G., "Reliability Centered Maintenance, A Practical Guide for Implementation," Hermés, Paris, 1996

Developed by the SAE G11 Reliability Centered Maintenance (RCM) Subcommittee

Sponsored by the SAE G11 Supportability Committee

**APENDICE J: Terminología para tareas de
mantenimiento MRQ**

Terminología para tareas de mantenimiento

Terminología RCM2	Otras terminologías		
Tarea a condición	Mantenimiento predictivo o basado en condición	Tareas rutinarias o cíclicas (se efectúan a intervalos regulares)	Tareas proactivas (anticipar o prevenir fallas)
Reacondicionamiento cíclico	Mantenimiento preventivo		
Sustitución cíclica			
Búsqueda de falla	Mantenimiento detectivo o chequeo de función	Tareas no rutinarias (no se efectúan a intervalos regulares)	Acciones “a falta de tareas proactivas” (lidiar con el estado de falla)
Ningún mantenimiento programado	Dejar que ocurra la falla		
Rediseño	Modificar		
Mantenimiento correctivo	Reparar		

APENDICE K: Árbol de decisión Aladon

CONSECUENCIAS DEL FALLO OCULTO

CONSECUENCIAS PARA LA SEGURIDAD O EL MEDIO AMBIENTE

CONSECUENCIAS OPERACIONALES

CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES

