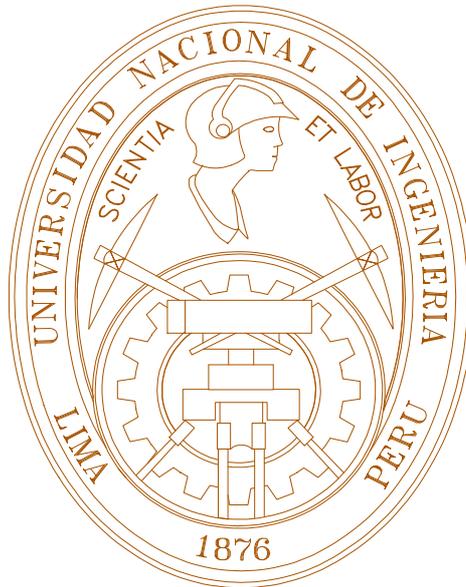


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) A LOS HORNOS CONVERTIDORES
PEIRCE SMITH DE LA FUNDICIÓN DE COBRE DE
SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

CARLOS ROBERTO CÓRDOVA MORALES

PROMOCIÓN 2002-II

Lima – Perú

2005

Dedico este trabajo a mis
padres Julia y Roberto por
su apoyo de siempre.

Muchas gracias.

CONTENIDO

PRÓLOGO	1
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. OBJETIVO	6
1.3. ALCANCE	6
CAPITULO II. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	7
2.1. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	7
2.1.1. LA PRIMERA GENERACIÓN	8
2.1.2. LA SEGUNDA GENERACIÓN	9
2.1.3. LA TERCERA GENERACIÓN.....	10
2.2. MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL	15
2.2.1. CONFIABILIDAD OPERACIONAL	15
2.2.1.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES	16
2.2.1.2. PROCESO DE MEJORAMIENTO	18
2.2.1.3. TÉCNICAS DEL PROCESO	19
2.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	19
2.3.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA	20
2.3.2. FILOSOFÍA	23
2.3.3. ANÁLISIS	24
2.3.4. PRINCIPIOS	24
2.3.5. PROCESO DE IMPLANTACIÓN	25
2.3.5.1. CONFORMACIÓN DEL EQUIPO NATURAL DE TRABAJO ..	26

2.3.5.2. SELECCIÓN DEL SISTEMA Y CONTEXTO OPERACIONAL	31
2.3.5.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS - FMEA ...	35
2.3.5.4. SELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.	47
2.3.6. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DEL FMEA	51
2.3.6.1. NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO RPN	51
CAPITULO III.- PRESENTACIÓN Y ANALISIS ACTUAL	57
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA FUNDICIÓN DE COBRE	57
3.2. ANTECEDENTES	61
3.3. SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA	61
3.3.1. PRINCIPALES CÓDIGOS DE PARADA	64
3.3.1.1. SCP-CORTES AMBIENTALES	64
3.3.1.2. MPRM-REPARACIONES MAYORES	65
3.3.1.3. FCPZ-FALLAS EN CARRO DE PUNZAR	66
3.3.1.4. TATM-TAPAS DE TOBERAS	69
3.3.2. PROPUESTA	70
3.3.2.1. SCPE – CORTES SCP	70
3.3.2.2. MPRM – REPARACIÓN MAYOR, PARADA DE EQUIPO	70
3.3.2.3. FCPZ – FALLA CARRO DE PUNZAR	70
3.3.2.4. TATM – TAPAS DE TOBERAS	71
CAPITULO IV.- PROCESO DE IMPLANTACIÓN DEL RCM	75
4.1. CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO	75
4.2. CONTEXTO OPERACIONAL	76
4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	76
4.2.1.1. SOPLADO A ESCORIA	78
4.2.1.2. SOPLADO A COBRE	78
4.2.1.3. MATERIALES EN PROCESO	79
4.2.2. OBJETIVO DEL SISTEMA	83
4.2.3. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA	83
4.2.3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE SÍLICA	86
4.2.3.2. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE	86

4.2.3.3. SUBSISTEMA DE PUNZADO	87
4.2.3.4. SUBSISTEMA MOTRIZ	88
4.2.3.5. SUBSISTEMA DE ROLADO	88
4.2.3.6. SUBSISTEMA DE ESTRUCTURAS	89
4.2.3.7. SUBSISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES	89
4.2.4. EQUIPOS DEL SISTEMA	90
4.2.5. LÍMITES DEL SISTEMA	90
4.2.6. JERARQUIZACIÓN DE SUBSISTEMAS Y EQUIPOS	91
4.2.6.1. ELABORACIÓN DE TABLA DE CRITERIOS	91
4.2.6.2. JERARQUIZACIÓN DE SUBSISTEMAS	91
4.2.6.3. JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES	92
4.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS	92
4.4. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS	93
4.5. PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO	93
CAPITULO V.- SUSTENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	176
5.1. INTRODUCCIÓN	176
5.2. SUSTENTO DEL ANÁLISIS	177
5.3. RESULTADOS IMPLANTACIÓN PROYECTO RCM-SPCC N°1	178
5.3.1. ANÁLISIS DE FALLAS EN HORNOS CONVERTIDORES PS - 2003	178
5.3.1.1. ANÁLISIS DE FALLAS EN GRÚAS PUENTE DE HORNOS CPS - 2003	182
5.3.2. ANÁLISIS DE FALLAS EN HORNOS CONVERTIDORES PS - 2004	185
5.3.1.2. ANÁLISIS DE FALLAS EN GRÚAS PUENTE DE HORNOS CPS - 2004	189
5.3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO	193
CONCLUSIONES	195
BIBLIOGRAFÍA	198
GLOSARIO DE TÉRMINOS	200
ANEXO	202

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: Escala del Nivel de Severidad (NS)	54
TABLA 2.2: Escala del Nivel de Ocurrencia (NO)	55
TABLA 2.3: Escala del Nivel de Detectabilidad (ND)	56
TABLA 3.1: Disponibilidad de Hornos Convertidores PS – 2003	62
TABLA 3.2: Disponibilidad de Hornos Convertidores PS – 2004	62
TABLA 3.3: Tiempos de parada en Hornos Convertidores PS – 2004	63
TABLA 3.4: Tiempos Totales en Carros de Punzar – 2004	67
TABLA 3.5: Resumen de tiempos en Carros de Punzar – 2004	67
TABLA 3.6: Pronóstico de tiempos de falla en Carros de Punzar - 2003/2004.	72
TABLA 3.7: Pronóstico de tiempos de falla en Tapas de Toberas - 2003/2004.	72
TABLA 3.8. Pronóstico de tiempos en Hornos Convertidores PS 2004 – 2005.	73
TABLA 3.9. Pronóstico de Disponibilidad de Hornos Convertidores PS - 2005.	74
TABLA 3.10. Pronóstico de ahorros – Análisis económico 2005	74
TABLA 4.1: Conformación del Equipo de Trabajo	94
TABLA 4.2: Descripción del proceso, objetivos y clasificación del Sistema	95
TABLA 4.3: Equipos y Componentes del Sistema	96

TABLA 4.4: Tabla de Criterios para Jerarquización de Sistemas	99
TABLA 4.5: Jerarquización de Subsistemas y Matriz de Criticidad	100
TABLA 4.6: Jerarquización de Equipos del Sistema	101
TABLA 4.7: Matriz de Criticidad de Equipos del Sistema	104
TABLA 4.8: Funciones y Fallas Funcionales	105
TABLA 4.9: Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA	106
TABLA 4.10: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores PS, según el Árbol Lógico de Decisión	127
TABLA 4.11: Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores PS	145
TABLA 4.12: Programa de Mantenimiento Hornos Convertidores PS (Formato Sistema de Información MIMS)	162
TABLA 5.1: Tiempos Totales en Hornos Convertidores PS – 2003	179
TABLA 5.2: Resumen de Tiempos en Hornos Convertidores PS – 2003	180
TABLA 5.3: Tiempos de parada en Hornos Convertidores PS – 2003	180
TABLA 5.4. Tiempos Totales en Grúas Puente de CPS – 2003	183
TABLA 5.5. Tiempos de parada en Grúas Puente de Hornos CPS – 2003	183
TABLA 5.6. Tiempos Totales en Hornos Convertidores PS – 2004	186
TABLA 5.7. Cuadro Comparativo en Hornos Convertidores PS 2003 – 2004 ..	187
TABLA 5.8. Disponibilidad de Hornos Convertidores PS 2003 – 2004	187
TABLA 5.9. Tiempos Totales en Grúas Puente de Hornos CPS – 2004	190
TABLA 5.10. Cuadro Comparativo en Grúas Puente de CPS 2003 – 2004	191
TABLA 5.11. Disponibilidad de Grúas Puente de Hornos CPS 2003 – 2004 ...	191
TABLA 5.12. Costos por pérdida de producción – Enero 2004	194
TABLA 5.13. Pérdida de producción por falla de Grúa Puente – Enero 2004 ..	194

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1: Nuevas expectativas del Mantenimiento	13
GRÁFICO 2.2: Nuevas Investigaciones del Mantenimiento	13
GRÁFICO 2.3: Cambios en las Técnicas de Mantenimiento	13
GRÁFICO 2.4: Diez Mejoras Prácticas del Mantenimiento Clase Mundial	17
GRÁFICO 2.5: Aspectos de la Confiabilidad Operacional	17
GRÁFICO 2.6: Técnicas de Gestión de la Confiabilidad Operacional	21
GRÁFICO 2.7: Componentes de un Programa RCM	21
GRÁFICO 2.8: Las cinco preguntas claves del RCM	27
GRÁFICO 2.9: Proceso de implantación del RCM	27
GRÁFICO 2.10: Integrantes del equipo natural de trabajo	30
GRÁFICO 2.11: Matriz General de Criticidad	36
GRÁFICO 2.12: Desarrollo del Contexto Operacional	36
GRÁFICO 2.13: Arbol de categorías de consecuencias de modos de fallas	46
GRÁFICO 2.14: Árbol lógico de decisión	48
GRÁFICO 2.15: Evaluación del Numero de Prioridad de Riesgo	52
GRÁFICO 2.16: Número de Prioridad de Riesgo	52

GRÁFICO 3.1: Mapa geográfico de operaciones de la Fundición de Ilo	58
GRÁFICO 3.2: Mapa geográfico de operaciones de Southern Peru	58
GRÁFICO 3.3: Fundición de Ilo	59
GRÁFICO 3.4: Vista de Planta de la Fundición de Ilo	59
GRÁFICO 3.5: Distribución de paradas en Hornos Convertidores PS – 2004 ..	63
GRÁFICO 3.6: Diagrama de Pareto – Paradas en Hornos CPS – 2004	63
GRÁFICO 3.7: Distribución de paradas en Carros de Punzar – 2004	68
GRÁFICO 3.8: Diagrama de Pareto – Paradas en Carros de Punzar – 2004 ...	68
GRÁFICO 4.1: Diagrama de Flujo de la Fundición de Cobre SPCC	77
GRÁFICO 4.2: Horno Convertidor Peirce Smith – Vista frontal	85
GRÁFICO 4.3: Horno Convertidor Peirce Smith – Vista lateral.....	85
GRÁFICO 5.1: Distribución de paradas en Hornos Convertidores PS – 2003 ..	181
GRÁFICO 5.2: Diagrama de Pareto – Paradas en Hornos CPS – 2003	181
GRÁFICO 5.3: Distribución de paradas en Grúas Puente CPS – 2003	184
GRÁFICO 5.4: Diagrama de Pareto – Paradas en Grúas Puente CPS – 2003 .	184
GRÁFICO 5.5: Distribución de paradas en Hornos Convertidores PS – 2004 ..	186
GRÁFICO 5.6: Diagrama Comparativo I – Hornos Convertidores – 2003-2004	188
GRÁFICO 5.7: Diagrama Comparativo II – Hornos Convertidores – 2003-2004	188
GRÁFICO 5.8: Distribución de paradas en Grúas Puente CPS – 2004	190
GRÁFICO 5.9: Diagrama Comparativo I – Grúas Puente CPS– 2003-2004	192
GRÁFICO 5.10: Diagrama Comparativo II – Grúas Puente CPS – 2003-2004 .	192

APÉNDICE

APÉNDICE A: Jerarquía de disponibilidad - Sistema de Información MIMS

APÉNDICE B: Cálculos de Índices de Gestión de Mantenimiento

APÉNDICE C: Tipos de Mantenimiento de Clase Mundial

APÉNDICE D: Estadística del Precio del Cobre

APÉNDICE E: Estadística de Producción del Cobre

APÉNDICE F: Posiciones de Operación de Hornos Convertidores PS

APÉNDICE G: Procedimiento de Reparación Parcial - Horno Convertidor PS 2004

APÉNDICE H: Procedimiento de Reparación General - Horno Convertidor PS 2004

PRÓLOGO

El presente trabajo contempla el estudio y el uso efectivo de estrategias de mantenimiento propuestos por la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) aplicado a los Hornos Convertidores Peirce Smith de la Fundición de Cobre de Southern Peru.

A inicios del año 2004, la Gerencia de Mantenimiento Ilo y Operaciones Fundición, aprobaron la puesta en marcha del Proyecto Mantenimiento Clase Mundial RCM-SPCC N°1: "Implantación del RCM a las Grúas Puente de Hornos CPS". Asimismo, a finales del mismo año, debido a los resultados obtenidos del primer proyecto, se aprobó el estudio e implantación del segundo Proyecto Mantenimiento Clase Mundial RCM aplicado a los Hornos Convertidores PS.

Este trabajo está dividido en cinco capítulos:

- Introducción
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
- Presentación y Análisis Actual
- Proceso de Implantación
- Sustento del Programa de Mantenimiento

El primer capítulo se divide en dos secciones: la primera, está relacionada a los antecedentes de la Fundición de Cobre. En la segunda, se refiere al objetivo general del trabajo de investigación, el método utilizado y los alcances del trabajo

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM abarca dos partes importantes: El desarrollo de las estrategias de mantenimiento en la historia y el marco conceptual de la filosofía propuesta. La primera parte hace una referencia retrospectiva de las estrategias de mantenimiento a lo largo de los años, así como en la actualidad. El marco conceptual centra la atención en la definición de la filosofía del RCM y al proceso lógico de implantación y los criterios para seleccionar las estrategias efectivas de mantenimiento.

El siguiente capítulo consta de tres secciones: En la primera se mencionan todos los aspectos generales de la Fundición de Cobre. En la segunda, se describe los antecedentes de la implantación de la filosofía, aplicados a otros equipos de la Fundición; y por último, se realiza un análisis de la situación actual de operación de los Hornos Convertidores, así como la propuesta de incremento de disponibilidad operacional y el pronóstico de ahorro para el año 2005.

En el cuarto capítulo, se describe el proceso de implantación del RCM y se divide en cinco secciones: En la primera sección, se define el grupo de trabajo y estudio de la implantación; la segunda sección estudia la descripción del proceso, el objetivo principal, clasificación del sistema, límites de operación y jerarquización de los equipos de los hornos Convertidores PS; a continuación se realiza el proceso de Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA, luego se evalúa y se seleccionan las tareas a ser usadas, dando finalmente el Plan General de Mantenimiento.

En el último capítulo, Sustento del programa de Mantenimiento, se describe los resultados del proyecto de la primera implantación realizada en la empresa, ahorros obtenidos, optimización del programa de mantenimiento y mejoras generales.

Agradezco a las todas las personas que me brindaron su apoyo durante la realización del presente trabajo; a los colegas en la compañía Southern Peru, por sus enseñanzas y las horas prestadas durante el programa anual de becarios en la ciudad de Ilo; a las personas de la Universidad de Ingeniería, quienes me dieron los criterios necesarios para mi vida profesional y personal; y a mi familia, por todo el sacrificio realizado en los años de formación universitaria, inclusive, hasta estos días.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

Southern Peru, la primera empresa productora de cobre del Perú, inició sus operaciones en el año 1960 con el Proyecto Toquepala, en el cual la fundición de Ilo estaba constituida por dos Hornos Reverberos, cuatro Hornos Convertidores Peirce Smith y una Rueda de Moldeo.

En el año 1976, se inició la ampliación de la Fundición, con el proyecto Cuajone, en el cual se adicionó dos Hornos Reverberos de mayor capacidad, donde se dejó fuera de operación al Horno Reverbero 2, además, se agregaron tres Hornos Convertidores Peirce Smith de mayor capacidad y una Rueda de moldeo adicional.

En 1995, de acuerdo al proyecto de modernización, se instaló un Horno Convertidor Modificado el Teniente CMT, una Planta de Ácido Sulfúrico y una Planta de Oxígeno, donde el Horno Reverbero 1 se dejó fuera de operación.

En Julio del 2004, se han iniciado los trabajos de la Modernización de la Fundición de Cobre, para cumplir el compromiso del PAMA (Programa de Adecuación Medio Ambiental), incrementar la productividad mediante el uso de tecnologías modernas y mantener la rentabilidad de la compañía.

Se han desarrollado diversos estudios y se ha concluido mediante simulaciones realizadas por la Dirección de Proyectos, se debe incrementar la disponibilidad de los Hornos Convertidores PS para asegurar el cumplimiento de las metas de producción, debido a la nueva distribución de la planta adoptada por la tecnología Fluor-Xtrata de Australia el cual cuenta con un nuevo Horno ISA que alimentará de mata a los Hornos Convertidores PS.

La implantación usa efectivamente las estrategias de mantenimiento, que incrementará la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos pertenecientes a los Hornos Convertidores PS, atacando los respectivos modos de falla, que reducen el tiempo de operación, para finalmente incrementar la disponibilidad requerida para la modernización de la fundición, que se concluirá en el año 2007.

Hasta el momento no se han encontrado tesis o investigaciones que apliquen la filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para reducir los tiempos de fallas, mejorar las estrategias de mantenimiento, y por tanto producir ahorros en la operación de los equipos. Es importante anotar que hay abundantes publicaciones sobre implantaciones de este tipo de filosofías en otros tipos de procesos de diversas empresas internacionales; lo que de alguna manera, puede servir como soporte a ésta investigación.

1.2. **OBJETIVO.**

El objetivo principal de la tesis es demostrar que la implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad como filosofía de mantenimiento incrementará el índice de disponibilidad de los Hornos Convertidores PS de la Fundición de Cobre de Southern Peru.

1.3. **ALCANCES.**

El presente trabajo contempla el estudio de todos los subsistemas y equipos involucrados de los Hornos Convertidores PS, estudiando con mayor detalle a los equipos que presentan un mayor riesgo en la operación de los hornos.

La metodología del RCM se expone completamente para la realización del proyecto, cabe señalar que la herramienta de evaluación es el Análisis de Modo y Efecto de Fallas FMEA, el cual nos permite establecer todos los modos de falla en el sistema o equipo estudiado.

La propuesta realizada para el año 2005 se realiza en base a que esta metodología trata de eliminar completamente todos los modos de fallas existentes en el subsistema o equipo estudiado.

El proceso de análisis y documentación de la implantación del RCM se realizó a finales del año 2005, realizando reuniones entre las personas involucrados en las operaciones de la fundición, completando todos los requisitos exigidos por la metodología.

La justificación del trabajo realizado se basa en los resultados obtenidos por el primer proyecto de implantación del RCM a otro equipo crítico de la fundición.

Se realiza una comparación de los logros a obtener y los resultados reales, los cuales brindaron finalmente una satisfacción económica y laboral para la empresa.

CAPITULO 2

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

2.1. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Durante los últimos 20 años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al importante aumento en número y variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos y nuevos métodos de mantenimiento, y además de una óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

El mantenimiento responde a las expectativas de cambio, que incluyen una toma de conciencia para evaluar hasta que punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente; relación entre mantenimiento y la calidad del producto y de poder alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener costos bajos.

Estos cambios están llevando a un cambio de aptitudes y habilidades en todas las ramas de la industria, ya que el personal de mantenimiento se ve obligado a pensar de una manera completamente nueva, pues deben actuar como ingenieros y como gerentes.

Frente a estos cambios los gerentes están buscando un nuevo enfoque para el mantenimiento, que eviten arranques fallidos y proyectos sin concluir; ***buscan un cambio en la estructura estratégica que resuma los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga a las necesidades de la compañía.***

Desde la década del '30 se puede ver la evolución del cambio del mantenimiento a través de tres generaciones:

2.1.1. La primera generación.

La primera generación que se extiende hasta la segunda guerra mundial. Debido a que la industria, en estos tiempos, no estaba altamente mecanizada, no era de mayor importancia el tiempo de parada de la máquina.

La prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para los gerentes, ya que también, la mayor parte de los equipos eran simples y sobredimensionados, originado el concepto del ***mantenimiento correctivo o reactivo.***

Estas bondades hacían los equipos confiables y fáciles de reparar, dando como resultado la ausencia de un mantenimiento sistemático, sino más bien, una rutina de limpieza y lubricación.

Sus principales características son:

- Equipos robustos, sobredimensionados, simples.
- Los modos de falla estaban concentrados en el desgaste de la pieza.
- No existía alta mecanización de la industria.
- Poca importancia a los tiempos de parada de los equipos.

- La prevención de fallas no era de alta prioridad gerencial. La política de mantenimiento mayormente aplicada era la del mantenimiento reactivo.
- No había necesidad de un mantenimiento sistemático.
- Bajos volúmenes de producción.

2.1.2. LA SEGUNDA GENERACIÓN.

Debido a la segunda guerra mundial, los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que disminuía el número de trabajadores industriales, dando como resultado el aumento de la mecanización. En la década de los ´50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de maquinas, y la industria comenzaba a depender de ellas.

Debido a lo anterior, se centró la atención en el tiempo de parada de la máquina, esto llevó a la idea de que las fallas de los equipos deberían ser prevenidas, llegando al concepto del ***mantenimiento preventivo***.

Posteriormente en la década de los ´60, consistió principalmente en las reparaciones mayores a intervalos regulares de tiempo, entonces los costos de mantenimiento comenzó a elevarse rápidamente en relación con otros costos operacionales. Esto llevó al crecimiento de los sistemas de ***planeamiento y control de mantenimiento***, ayudaron a tener al mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la gestión del mantenimiento.

Por último, el elevado incremento del costo de capital, llevó a buscar la manera de maximizar la vida útil de estos activos y/o bienes.

Sus principales características son:

- Se comienza a dar importancia a la productividad.
- Incremento de la mecanización en las industrias y complejidad de los equipos.
- Mayor importancia a los tiempos de parada de equipos.
- Inicio del concepto de mantenimiento preventivo. Para los años 60 consistía principalmente en las reparaciones mayores (OverHaul) a una frecuencia fija.
- Crecimiento rápido de los costos de mantenimiento, respecto a otros.
- Implantación y crecimiento de sistemas de planificación y control de mantenimiento.
- Maximizar vida útil de los sistemas, equipos y dispositivos.
- Altos niveles de inventario de repuestos.
- Computadores centrales, lentos, programas que no permitían la interacción con el usuario.

2.1.3. LA TERCERA GENERACIÓN.

Desde mediados de la década de los setenta, el proceso de cambio de la industria ha ido en aumento. Los cambios han sido clasificados en: ***nuevas expectativas, nuevas investigaciones, y nuevas técnicas.***

El *tiempo de parada de máquina* siempre ha afectado la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales, e interferir con la atención al cliente.

En la década de los sesenta y setenta esto ya era una preocupación en las áreas de minería, manufacturas y transporte. En la manufactura los efectos del tiempo de parada de maquina fueron agravados por la tendencia mundial hacia sistemas “just-in-time”, donde los reducidos inventarios de material en proceso hacen que una pequeña falla en un equipo probablemente hiciera parar toda la planta.

Actualmente el crecimiento de la mecanización y la automatización han tornado a la **confiabilidad** y a la **disponibilidad** en factores clave en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones y el manejo de las organizaciones.

NUEVAS EXPECTATIVAS.

Una mayor automatización también significa que más y más fallas afectan nuestra capacidad de mantener **parámetros de calidad** satisfactorios.

Cada vez aparecen más fallas que origina serias consecuencias *al medio ambiente* o a *la seguridad*, al tiempo que se elevan las exigencias de éstos temas.

Se ha llegado hasta el punto en que las organizaciones deben adecuarse a las expectativas de seguridad y cuidado ambiental de la sociedad, GRÁFICO 2.1, o simplemente dejar de operar. Nuestra dependencia de la integridad de nuestros activos físicos cobra ahora una nueva magnitud que va más allá del costo, que es cuestión de supervivencia de la organización.

Al mismo tiempo, crece el costo de tenerlos y operarlos, para eso, deben operar eficientemente. Por último, el costo de mantenimiento, esta ascendiendo, en términos absolutos.

NUEVAS INVESTIGACIONES.

Nuevas investigaciones están cambiando las creencias referidas a la relación entre edad y las fallas. En particular, parece haber cada vez menos conexión entre la edad de la mayoría de los activos y la probabilidad de que éstos fallen.

El GRÁFICO2.2. muestra como al principio, la idea de que a medida los activos envejecían eran más propensos a fallar. Una creciente conciencia de la “mortalidad infantil” llevó a la Segunda Generación a creer en la curva de la “bañera”.

Sin embargo, las investigaciones actuales revelan, no uno, sino **seis** patrones de falla que realmente ocurren en la práctica, los cuales tienen un profundo efecto sobre el mantenimiento.

NUEVAS TÉCNICAS.

Han surgido nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento, los cuales han sido desarrollados en los últimos quince años, y emergen aun más cada año. El GRÁFICO2.3. muestra como ha crecido el énfasis en los clásicos sistemas administrativos y de reparaciones mayores para incluir a nuevos desarrollos en diferentes áreas.

Uno de los mayores desafíos del personal de mantenimiento es no solo aprender estas técnicas, sino decidir cuales valen la pena y cuales no para sus propias organizaciones.

GRAFICO 2.1 Nuevas expectativas de Mantenimiento

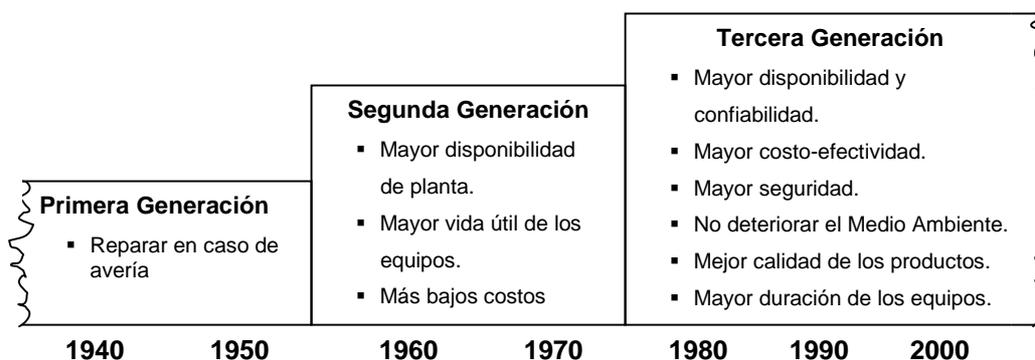


GRAFICO 2.2. Nuevas investigaciones de Mantenimiento

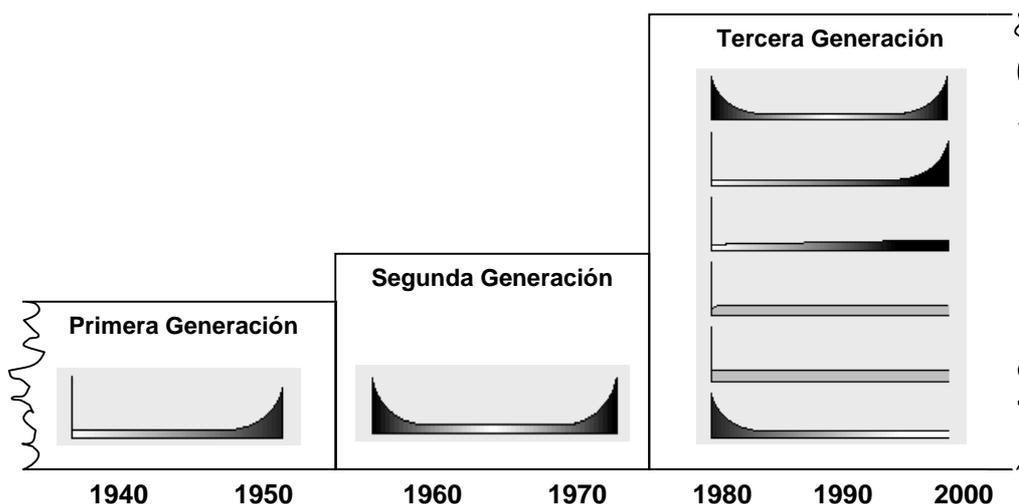
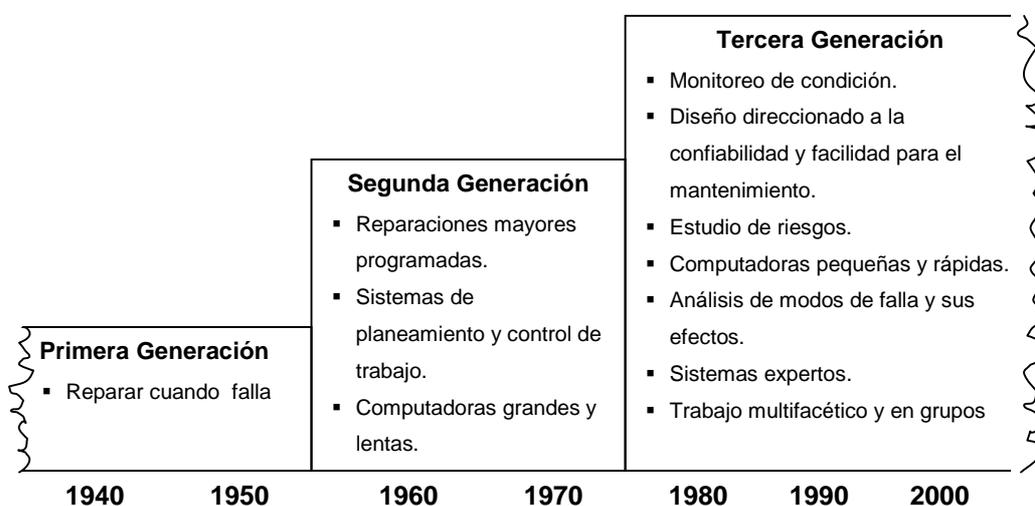


GRAFICO 2.3. Cambios en las técnicas de Mantenimiento



Sus principales características son:

- Alto grado de mecanización y automatización.
- Demanda por alto valor en la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas, equipos y dispositivos.
- Importancia a la productividad y estándar de calidad.
- Extensión al máximo de la vida útil de los equipos y dispositivos.
- Altos volúmenes de producción.
- Alto nivel de competencia del personal de mantenimiento.
- Nuevas técnicas e investigación cuestionan lo establecido.
- Desarrollo acelerado de la tecnología de información, computadoras más rápidas, programas amigables e integración de redes
- Desarrollo del mantenimiento predictivo.
- En los últimos años de los 70. la aplicación de nuevas filosofías: Mantenimiento Productivo Total TPM y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM

Todos estos factores han involucrado para definir el nuevo concepto del mantenimiento desarrollado en los últimos años, denominado Mantenimiento Clase Mundial.

2.2. MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL.

La Gestión de Activos de Clase Mundial es el conjunto de mejoras prácticas que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales, para crear un todo de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas, tal como se muestra en el GRÁFICO 2.4

Sus principales características son:

- Establece criterios para el cumplimiento de las funciones por parte de la gente, los procesos y tecnología.
- Promueve constantemente, la revisión, y/o actualización de las mejores practicas en el ámbito mundial.
- Enfatiza en el desarrollo de estrategias orientadas a la integración de los diferentes entes que participan en la cadena de valor de los procesos.
- Considera fundamental la **tecnología de información** como habilitador esencial para la integración de los procesos.
- Asigna un peso específico a la planificación disciplinada, como función del proceso gerencial.
- Fomenta la identificación de oportunidades de mejora, generando cambios de paradigmas en el negocio.
- Orienta y gerencia el cambio planificado, como objetivo estratégico a través del desarrollo y educación permanente de la gente.

2.2.1. CONFIABILIDAD OPERACIONAL CO

La confiabilidad operacional CO, puede definirse como la capacidad de una instalación (infraestructura, personas, tecnología) para cumplir su función, haga lo que se espera de ella; y en caso de que falle, lo haga del modo menos dañino posible.

Las empresas que insisten en confinar la Confiabilidad Operacional al departamento de Mantenimiento simplemente están dejando de lado una serie de aspectos que podrían mejorar su productividad. Por otra parte quienes aceptan ésta como un tema colectivo y mejoran de una manera continua tienen una serie de ventajas competitivas sobre los anteriores.

2.2.1.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES

La Gestión del CO se basa en cuatro parámetros fundamentales:

La Confiabilidad Humana; que involucra "la parte blanda" de la empresa, es decir, la estructura organizacional de todo el personal, tipo de gerencia, cultura de la empresa, sistemas administrativos.

La Confiabilidad de Procesos; que engloba todo lo concerniente a procedimientos, procesos y operaciones.

La Confiabilidad de Equipos; que se orienta hacia la confiabilidad desde su diseño, es decir, involucra el tipo de diseño, cambios de tipo de material, la forma y procedimientos del ensamblaje. El objetivo fundamental de incluir los aspectos de confiabilidad desde el diseño, está relacionado con el aumento del tiempo promedio entre fallas MTBF.

La Confiabilidad de los Procesos de Mantenimiento; que se enfoca hacia el mantenimiento de los activos, las habilidades básicas que puede desarrollar el personal, la efectividad y calidad del mantenimiento, con el objetivo de optimizar (disminuir) el tiempo promedio para reparar MTTR

GRÁFICO 2.4. Diez Mejores Prácticas del Mantenimiento Clase Mundial

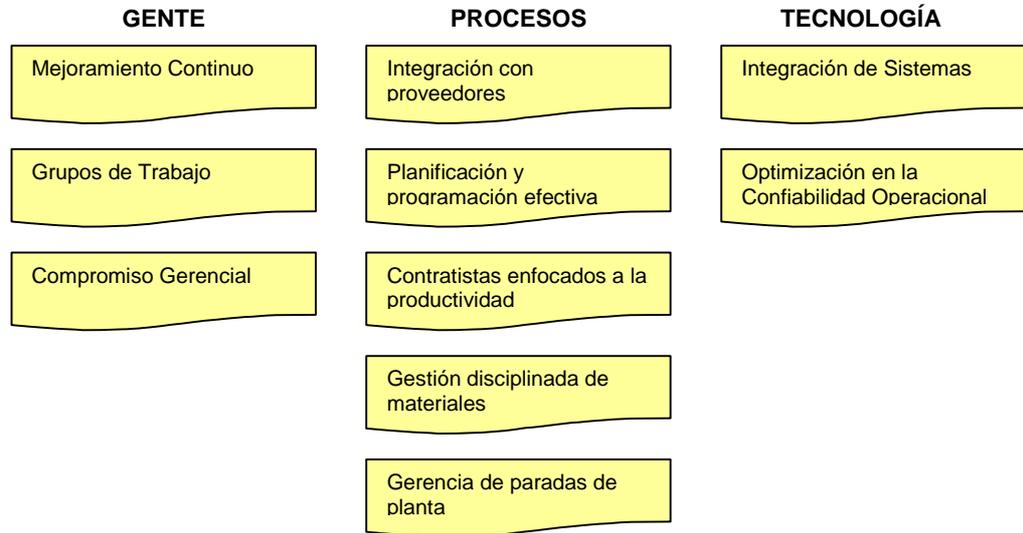
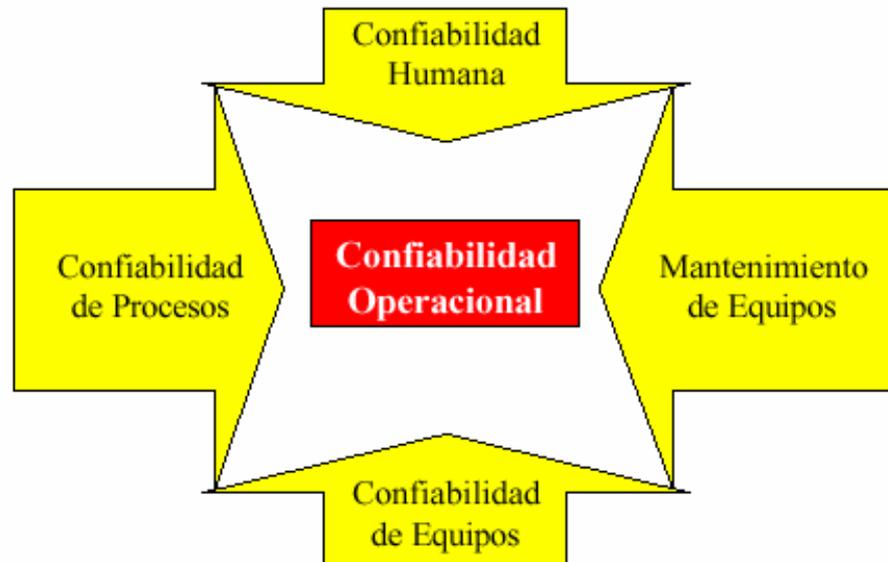


GRÁFICO 2.5. Aspectos de la Confiabilidad Operacional



Es importante, puntualizar que en un programa de optimización del CO de un sistema, es necesario el análisis sistemático de los cuatro parámetros operacionales: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos. Ver GRÁFICO2.5.

La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de los cuatro parámetros presentados, afectará el comportamiento global de la Confiabilidad Operacional de un determinado sistema.

2.2.1.2. PROCESO DE MEJORAMIENTO

El mejoramiento es una ruta flexible, donde las compañías buscan la excelencia empresarial y la gerencia de sus activos físicos. Es un proceso de mejoramiento continuo basado en hechos, alcanzado por una armonía de implantación de herramientas y técnicas basadas en riesgo. Las compañías que integran herramientas, técnicas y desarrollo organizativo se benefician al obtener ahorros sustanciales cada año.

A continuación se mencionan las principales aplicaciones del proceso de Mejoramiento del CO:

- Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos estáticos y dinámicos.
- Solución de los problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costos y la efectividad de las operaciones.
- Determinación de las tareas que permiten minimizar riesgos en los procesos, equipos e instalaciones, y medio ambiente.

- Establecer el alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

2.2.1.3. TÉCNICAS DEL PROCESO

El mejoramiento de la CO integra la siguiente serie de técnicas, GRÁFICO2.6:

- **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM**
- Análisis Causa Raíz. RCA
- Análisis de Criticidad. CA
- Inspección Basada en Riesgo. RBI
- Análisis Costo Riesgo Beneficio, y; CBA
- Optimización del Mantenimiento preventivo PMO

2.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es el proceso que es usado para determinar la actividad más efectiva de mantenimiento. Identifica acciones que reducen la probabilidad de falla y por consiguiente el mejor efecto de costo. Busca la óptima mezcla de las acciones basadas en la condición, otras acciones basadas en el tiempo o ciclos, tal como se muestra en el GRÁFICO2.7.

El RCM es un proceso que utiliza información del rendimiento de operación de los sistemas y usa ésta información para mejorar el diseño y futuros trabajos de mantenimiento.

Estas estrategias de mantenimiento, mejor que ser aplicadas independientemente, son integradas para tomar ventaja de sus fortalezas para optimizar la operación y eficiencia del equipo, minimizando los costos del ciclo de vida.

El RCM se puede definir como: *La filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos, analizando los efectos que originarán los modos de falla en éstos activos, a la seguridad, al medio ambiente y a las operaciones.*

2.3.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se originó al final de la década de los años sesenta y a comienzos de los setenta, en un esfuerzo conjunto del gobierno y la industria aeronáutica norteamericana. Las principales aplicaciones del RCM fueron documentadas en una publicación de Nowlan Heap, *Reliability Centered Maintenance*¹

El trabajo demostró que no existe una correlación entre la edad y el ratio de falla y que la premisa básica del mantenimiento basado en el tiempo era falsa para la mayoría de los equipos. Estudios adicionales realizados por el Departamento de Defensa y varias oficinas nucleares confirmaron el trabajo de Nowlan y Heap.

¹ F. Stanley Nowlan y Howard F. Heap. *"Reliability Centered Maintenance"*. Prensa de United Airlines, publicado por la oficina del Asistente del Secretario de Defensa, USA 1978.

GRÁFICO 2.6. Técnicas de Gestión de la Confiabilidad Operacional



GRÁFICO 2.7. Componentes de un Programa RCM



Desde 1960 hasta 1980, el mantenimiento preventivo PM fue la técnica más avanzada usado por las organizaciones dedicadas al mantenimiento. El PM asume que las probabilidades de falla pueden determinarse estadísticamente para las máquinas y componentes individuales y los repuestos o ajustes pueden reemplazarse o puede realizarse para evitar la falla a tiempo. Por ejemplo, una práctica común en el pasado era reemplazar o renovar los rodamientos después de que algún número de horas de operación basados en la asunción que la tasa de falla de los rodamientos se incrementa con el tiempo de servicio. Esto ha sido demostrado ser ineficaz.

De acuerdo a los estudios, se ha descubierto que en varios casos la vida de los rodamientos excede su vida de diseño, por ejemplo, SKF propuso cambios desde el método clásico de evaluación de vida de rodamientos, propuesto por Lundberg y Palmaren² a uno donde “los rodamientos muestran una vida mínima a la fatiga, cuando ciertas condiciones de operación como: lubricación adecuada, montaje, operación y protección contra polvo y humedad, son archivadas”³

A este proceso se le conoce como Exploración de vida, y fue usado por la fuerza armada de los Estados Unidos de América en 1970, para extender el tiempo entre las reparaciones mayores y reemplazar las tareas basadas en el tiempo con tareas basadas en la condición. Se deduce entonces que todos los mantenimientos basados en intervalos deben ser reemplazados por los mantenimientos basados en la condición.

² G. Lundberg y A. Palmaren, *“Dynamic Capacity of Roller Bearings”*, Acra Polytech, Mechanical Engineering Series 1, R.S.A.E.E. No 3, 7, 1947.

³ Tedric A. Harris, *“Roller Bearing Analysis”*, Segunda Edición, John Wiley and Sons, New York, 1984

El desarrollo de nuevas tecnologías durante la década de los '90, incrementó el énfasis al monitoreo en la condición, llamado comúnmente Mantenimiento Predictivo e Inspección.

A todo esto, el RCM provee la estructura para desarrollar la mejor estrategia de mantenimiento a aplicar al trabajo seleccionado.

2.3.2. FILOSOFÍA.

La filosofía del RCM emplea las técnicas del Mantenimiento Preventivo PM, Mantenimiento Predictivo e inspección PT&I, Reactivo y Mantenimiento Proactivo de una manera integrada con la finalidad de incrementar la probabilidad de que el equipo funcione de una manera requerida sobre su vida de diseño con el mínimo mantenimiento realizado. La finalidad principal es de mantener su función de diseño, con la requerida confiabilidad y disponibilidad a bajos costos. En varios países desarrollados, rigurosos análisis del RCM han sido usados extensivamente por las industrias de la aviación, aeroespacial, de defensa y nucleares donde las fallas funcionales tienen el potencial de un resultado en cuantiosas pérdidas de vida, implicancias de seguridad nacional y de impacto extremo al medio ambiente.

El riguroso análisis del RCM esta basado en un detallado Análisis de Modos y Efectos de Falla FMEA e incluye las probabilidades de falla y cálculos de la confiabilidad del sistema. Éste análisis es usado para determinar las apropiadas tareas de mantenimiento y direccionarlas a cada uno de los modos de falla identificados y a sus consecuencias.

Mientras que este proceso es el apropiado para estas industrias, no es necesariamente el más práctico para usar en otros sistemas. Para

estos sistemas un proceso de análisis intuitivo del RCM sería el más apropiado.

2.3.3. ANÁLISIS.

El análisis del RCM considera las siguientes preguntas, según se muestra en el GRÁFICO 2.8:

- ¿Cuáles son las funciones en su actual contexto operativo?
- ¿En qué forma no puede cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional (modos de falla)?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de la falla)?
- ¿En qué forma es importante cada falla (consecuencias de la falla)?

2.3.4. PRINCIPIOS.

El RCM está orientado a la función; busca preservar la función del sistema o equipo, no solo a su operación.

El RCM está enfocado a los sistemas; está más interesado con las funciones de los sistemas que con las funciones de los componentes individuales.

El RCM está centrado en la confiabilidad; Maneja las estadísticas de falla, la relación entre la edad de operación y las fallas son importante.

El RCM no solo se concierne a una simple falla, busca saber la probabilidad de falla a edades específicas.

El RCM está orientado por la seguridad y la economía; la seguridad debe ser cubierta a cualquier costo.

El RCM define la falla como una condición insatisfactoria; por lo tanto, la falla debe ser una pérdida de la función (paro de la operación) o una pérdida de calidad (continuidad de la operación).

El RCM usa un árbol lógico para decisión de tareas de mantenimiento; esto provee un alcance consistente al mantenimiento de todos los equipos.

Las tareas del RCM deben ser aplicables, donde las tareas deben ser dirigidas a los modos de falla, considerando sus características; y deben ser efectivas, donde las tareas reducen la probabilidad de falla y efectivos.

El RCM es un sistema viviente; obtiene información de los resultados y se retroalimenta para mejorar los futuros mantenimientos. Esta retroalimentación es una parte importante del mantenimiento proactivo.

2.3.5. PROCESO DE IMPLANTACIÓN.

El proceso dependerá básicamente del desempeño del equipo natural de trabajo, el cual se encargará de responder a las siete preguntas básicas del RCM, siguiendo los siguientes pasos:

- Conformación del equipo natural de trabajo.
- Selección del sistema y definición del contexto operacional
- Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA:
 - Definición de funciones.
 - Determinar las fallas funcionales.
 - Identificar los modos de fallas.
 - Determinar los efectos y consecuencias de las fallas.
- Aplicación de la hoja de decisión, plan de mantenimiento.

2.3.5.1. CONFORMACIÓN DEL EQUIPO NATURAL DE TRABAJO.

Se define al equipo natural de trabajo, como un conjunto de personas de diferentes funciones de la organización que trabajan juntas por un periodo de tiempo, analizando los problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

Cada miembro está comprometido con los acuerdos del equipo, se requiere que la misión y la visión sean compartidas por todos. Sacarle provecho a los desacuerdos y conflictos para integrar los aportes de los miembros, a fin de lograr soluciones efectivas.

Cada miembro del equipo, teniendo los roles y responsabilidades claros, se apropia de los compromisos del equipo como si fueran las suyas individuales.

En este sentido, el liderazgo, la gerencia y el coaching son habilidades de todos los miembros. Además, tiene que haber un compromiso compartido, lo cual, requiere habilidad para distinguir entre “puntos de vista”, “interpretaciones” y “los hechos”, para así coordinar y divulgar el propio punto de vista y ayudar a otros a considerarlo y considerar el punto de vista de otro.

GRÁFICO 2.8. Las cinco preguntas claves del RCM

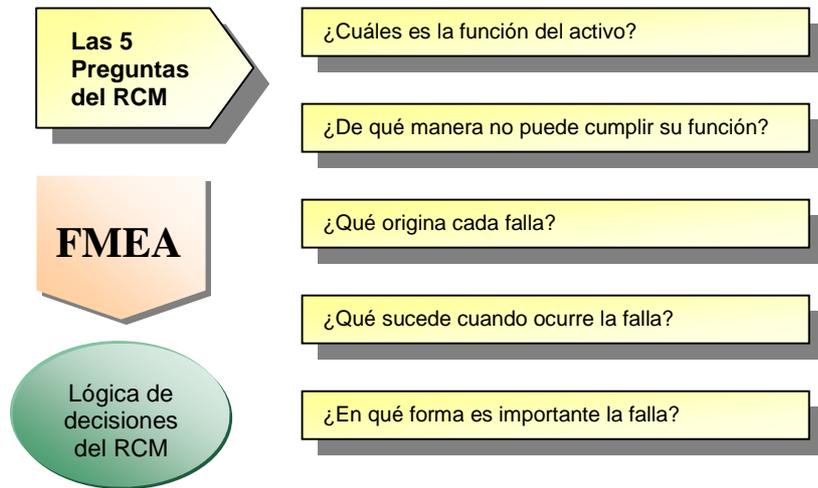
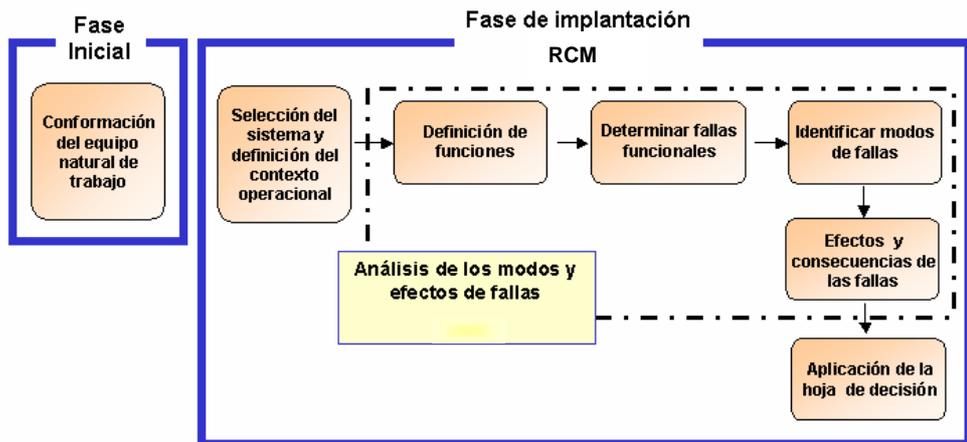


GRÁFICO 2.9. Proceso de Implantación del RCM



Cada integrante del grupo natural tiene sus roles claramente, siendo el principal el del facilitador. Los roles de los demás miembros, en general, son de aportar ideas y experiencias, ayudar al facilitador en la implantación y ser los custodios del proceso en estudio.

ROL DEL FACILITADOR.

La función básica del facilitador consiste en guiar y conducir el proceso de implantación del RCM. En otras palabras el facilitador es el encargado de asegurar que el proceso de implantación del RCM se realice de forma ordenada y efectiva.

Las principales actividades que debe realizar el facilitador son las siguientes:

- Guiar al equipo de trabajo en la realización del FMEA, y en la selección de las actividades de mantenimiento.
- Ayudar a decidir a que nivel debe ser realizado el análisis de los modos y efectos de fallas.
- Ayudar a identificar los activos que deben ser analizados bajo la metodología (activos críticos)
- Asegurar que las reuniones de trabajo sean conducidas de forma profesional y se lleven a cabo con fluidez y normalidad.
- Asegurar un verdadero consenso entre operaciones y mantenimiento.
- Motivar al equipo de trabajo.
- Asegurar que toda la documentación a registrar durante el proceso de implantación sea llevada correctamente.

Las áreas de conocimiento del facilitador deben ser referidas a la gestión de activos de clase mundial, así como saber técnicas de evaluación y decisiones, entre estos tenemos:

- Amplia capacidad de análisis.
- Alto desarrollo de cualidades: liderazgo, credibilidad, seguridad y confianza.
- Habilidades para conducir reuniones de trabajo, facilidad para comunicarse.
- Teoría básica del RCM.
- Técnicas para realizar un FMEA.
- Técnica de evaluación y selección de actividades de mantenimiento: árbol lógico de decisión.
- Técnicas de análisis estadístico: confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.
- Herramientas computacionales.

GRÁFICO 2.10. Integrantes del Equipo Natural de Trabajo.



2.3.5.2. SELECCIÓN DEL SISTEMA Y CONTEXTO OPERACIONAL.

La selección del sistema es muy importante para la implantación, debido a que no a todos los sistemas se le da el mismo enfoque y relevancia. Para esto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Sistemas con un alto contenido de tareas del PM y/o costos.
- Sistemas con un alto número de acciones de Mantenimiento Reactivo durante los últimos dos años de operación.
- Sistemas con alta contribución a paradas de plantas en los últimos dos años.
- Sistemas con altos riesgos con respecto a aspectos de seguridad y ambiente.
- Equipos genéricos con un alto costo global de mantenimiento.
- Sistemas donde no existe confianza en el mantenimiento existente.

Una vez que se ha seleccionado el sistema y se conoce, en forma general, la importancia de las áreas de la organización, es necesario que los grupos de trabajo RCM, respondan las siguientes preguntas:

- ¿Cuál debería ser nuestro nivel de detalle que se requiere para realizar el análisis de los modos y efectos de fallas del sistema seleccionado?
- ¿Debería ser analizada todo el sistema, y si no es necesario analizar todo, que debería hacerse para seleccionar parte del sistema y con que prioridad deben analizarse cada una de las partes del sistema elegido?

Para responder éstas preguntas se debe tener presente lo siguiente:

NIVEL DE DETALLE.

Respondiendo la primera pregunta, para entender lo que significa el nivel de detalle, es necesario que los grupos de trabajo definan los distintos niveles de ensamblaje que presenta una determinada organización.

Este nivel de ensamblaje se refiere específicamente al grado de división existente en la organización: corporación, filiales, departamentos, plantas, sistemas, equipos, componentes son los ejemplos de división de una organización determinada.

Parte, representa el más bajo nivel de detalle al cual un equipo puede ser desensamblado sin ser dañado o destruido. Por ejemplo: engranajes, ejes, resistencias, chips.

Equipo, constituido por un grupo o colección de partes ubicadas dentro de un paquete identificable, el cual cumple al menos una función de relevancia. Por ejemplo: motores eléctricos, bombas, compresores.

Sistemas, constituido por un grupo lógico de equipo los cuales cumplen serie de funciones requeridas para una planta. La mayoría de los sistemas están agrupados en función de los procesos más importantes de una planta. Por ejemplo: generación de vapor, tratamiento de aguas, compresión. Generación de aire, protección de fuego, etc.

Planta, constituido por un grupo lógico de sistemas que funcionan en conjunto para proveer un output (electricidad, por ejemplo) o un producto (gasolina, azufre, etc) por procesamiento y manipulación de varios inputs como materiales o recursos (agua, petróleo, gas, carbón, etc.)

Este análisis puede variar para ciertos sistemas, y se debe usar el nivel más apropiado para cada organización. Se debe tener en cuenta que un análisis realizado a un alto nivel de detalle (partes), puede llegar a ser sumamente complicado e irrealizable, o por el contrario, un análisis realizado bajo el nivel de detalle (planta), podría ser muy superficial y poco eficiente para la gestión de mantenimiento en la organización.

JERARQUIZACIÓN DE SISTEMAS.

El método de evaluación de la criticidad, realizado en el trabajo de investigación, es una metodología basada en el **Concepto de Riesgo**, que permite establecer la determinación de la jerarquía de sistemas, instalaciones y equipos, en función en su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos) que permite subdividirlos para que puedan ser manejados de manera controlada y auditable para la toma de decisiones.

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

- Impacto a la Seguridad, Ambiente e Higiene.
- Impacto Operacional.
- Costos operacionales y de mantenimiento.
- Flexibilidad Operacional.
- Frecuencia de falla.

El siguiente paso será identificar las prioridades en los sistemas o equipos, administrar los recursos escasos, crear valores para la decisión y determinar el impacto en el negocio. Se creará un tabla de criterios con las prioridades mencionadas, el cual solo fijará las necesidades del sistema estudiado, siendo en algunos casos adaptable a otros sistemas de una misma organización. Al crear la tabla de criticidad, los factores son evaluados en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, seguridad y ambiente). Una vez que se evaluaron en consenso cada uno de los factores, se obtiene el valor global de la criticidad. Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en un matriz de criticidad, GRÁFICO 2.11, que permiten jerarquizar los sistemas en tres áreas:

- Área de sistemas No críticos **NC**.
- Área de sistemas de media criticidad **MC**.
- Área de sistemas críticos **C**.

CONTEXTO OPERACIONAL.

El contexto operacional es el conjunto de definiciones que resumen un sistema a estudiar, indicando el propósito de funcionamiento, la descripción del proceso operativo, descripción de los equipos involucrados, información general del personal, tanto de operaciones, como de mantenimiento, así como la respectiva división de procesos del sistema. Esto puede resumirse en el GRÁFICO2.12.

En el contexto operacional requiere información como:

- Perfil de operación.
- Ambiente de operación
- Alarmas, monitoreo de primera línea.
- Políticas de repuestos, recursos y logística.
- Calidad / disponibilidad de los insumos requeridos.
- P&ID's del sistema.
- Esquemáticos del sistema y/o diagramas de bloque.
- Manuales de diseño y operación de los Sistemas.

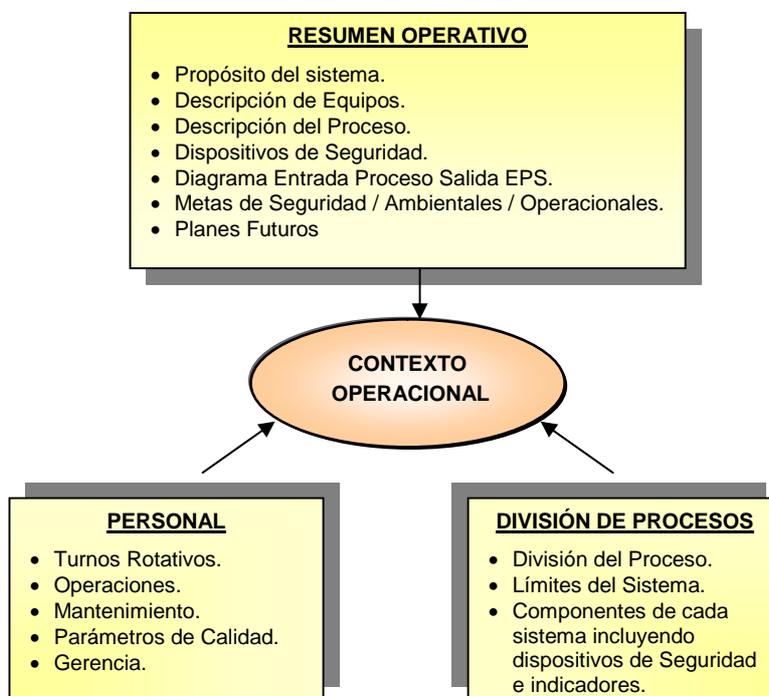
2.3.5.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS FMEA.

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA constituye la herramienta principal del RCM para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El FMEA es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Hay que tener presente que el FMEA, constituye la parte más importante del proceso de implantación del RCM, hacia los distintos activos en su contexto operacional, y que se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.

GRAFICO 2.11. Matriz General de Criticidad

F R E C U E N C I A	4	SC	SC	C	C	C
	3	SC	SC	SC	C	C
	2	NC	NC	SC	SC	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIAS				

GRAFICO 2.12. Desarrollo del Contexto Operacional



DEFINICIÓN DE FUNCIONES.

En la primera parte del FMEA, el grupo de trabajo debe comprender que el objetivo básico del mantenimiento es preservar los activos en un estado que estos puedan cumplir con sus funciones básicas, en otras palabras, que los requerimientos de mantenimiento puedan ser determinados si sus funciones están definidas y comprendidas. El RCM define el término **función**, como *el propósito o la misión de un activo en un contexto operacional específico* (cada activo puede tener más de una función en el contexto operacional). Para decir cuando un activo trabaja apropiadamente, se debe definir adecuadamente la función o las funciones a cada activo en su contexto operacional.

La función primaria de un activo es cumplir eficientemente una función o varias funciones específicas. Este tipo de funciones primarias, son de especial interés para el desarrollo para el RCM, está usualmente definida por el propio nombre del activo. Además se debe aclarar que éstas funciones podrán ser definidas a partir de la descripción de sus salidas. La descripción de cualquier función siempre contendrá claramente definidos los estándares a los cuales el activo será operado y mantenido. Estos estándares serán fijados por las especificaciones de las salidas.

Las funciones secundarias son menos obvias que las funciones primarias, pero las consecuencias que podrían generar sus fallas pueden ser mas serias que las consecuencias originadas por las fallas de una función primaria, hecho por el cual e justifica el invertir gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su análisis con el fin de preservar el buen funcionamiento de este tipo de funciones.

Las funciones secundarias tienen características como la de soporte, por ejemplo la función primaria de una pared de un edificio será de proteger a las personas y equipos de las condiciones climatológicas, pero al mismo tiempo debe soportar el techo y aguantar el peso de las distintas estructuras que lo conforman (funciones secundarias); apariencia, por ejemplo, la función primaria de una pintura es proteger de la corrosión a los equipos industriales, por otra parte, una pintura brillante puede ser usada para mejorar la visibilidad del mismo por razones de seguridad; higiene y seguridad, es decir, que los activos deben ser capaces de operar en forma segura y limpia, especialmente en industria medicamentos y alimentos.

En la actualidad, los activos a mantener tienden a ser más complejos, lo que hace que el número de caminos por los cuales pueden fallar estos activos se incremente de forma exponencial, trayendo consigo un crecimiento en la variedad y severidad de las consecuencias de fallas. Para tratar de eliminar, o reducir al menos, éstas consecuencias de fallas, se ha incrementado el uso de *equipos de protección con funciones de protección* en los activos a mantener.

Las funciones de protección solo reaccionan cuando algo mal está ocurriendo, haciendo en la mayoría de los casos que el activo deje de cumplir con sus funciones principales. En la mayoría de los casos, el propósito de los equipos de protección será básicamente proteger en primer lugar el recurso humano de los posibles efectos de las fallas y en segundo lugar, a los activos. Algunas veces las funciones de estos equipos son evidentes y en otros casos sus funciones son ocultas.

Se debe tener presente que se debe hacer referencia a como deben ser descritas las funciones de estos equipos, por ejemplo la función de protección de una válvula de seguridad: Ser capaz de aliviar la presión en la caldera, si la presión excede los 250 psi

El estándar de ejecución es el parámetro que permite especificar, cuantificar y evaluar de forma clara la misión de un activo con respecto a la función que según la confiabilidad de diseño o la capacidad de diseño es capaz el activo de cumplir, o con respecto a la función que se espera que el activo cumpla dentro de un contexto operacional específico. El proceso de identificación de estándares de ejecución de cada activo no es tarea fácil, ya que cada tipo de función tiene básicamente dos estándares de ejecución asociados al activo:

- El estándar de ejecución deseado (se refiere al parámetro funcional que se desea o espera conseguir del activo en el contexto operacional).
- El estándar de ejecución asociado a la confiabilidad o capacidad inherente (se refiere al parámetro funcional que es capaz de realizar un activo según su confiabilidad o capacidad de diseño).

El mantenimiento solo puede lograr mejorar el funcionamiento de un activo cuando el estándar de ejecución esperado de una determinada función de dicho activo, esta dentro de los límites de la capacidad de diseño o de la confiabilidad de diseño del mismo.

Se debe tener en cuenta que si el estándar de ejecución esperado de un activo con respecto a una función específica, está dentro de los límites del estándar asociado a su confiabilidad o capacidad de diseño, entonces el mantenimiento puede ayudar a que el activo consiga el estándar de operación deseado dentro del contexto operacional en el cual se desempeña.

La mayoría de los activos son diseñados y construidos bajo adecuadas condiciones y especificaciones, por lo cual es posible desarrollar programas de mantenimiento que aseguren que los activos cumplan con los estándares de ejecución requeridos. En otras palabras estos activos **son mantenibles**.

Por el contrario, si el estándar de operación deseado para el desempeño de un activo, excede los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad de diseño, entonces el mantenimiento no podrá ayudar a conseguir el estándar de ejecución deseado. En otras palabras estos activos **no son mantenibles**.

FALLAS FUNCIONALES.

La Falla Funcional es la ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente.

El cumplimiento de forma no satisfactoria de una determinada función por parte de un activo en su contexto operacional, puede definirse como falla funcional.

El nivel de insatisfacción producido por causa de una falla funcional, dependerá básicamente de las consecuencias que pueda generar la aparición de la misma del contexto operacional.

Para poder identificar en forma clara cuando ocurre la falla funcional, es preciso que defina el estándar de ejecución, dentro del contexto operacional donde el mismo se va a desempeñar.

Además, se debe tener en cuenta que cada estándar de ejecución esperado de cada activo asociado a una función específica puede tener más de una falla funcional. Las diferentes fallas funcionales pueden incidir sobre una función de forma parcial o total. La pérdida total de una función ocurre cuando un activo se detiene por completo de forma inesperada, la pérdida parcial de una función ocurre cuando el activo no puede alcanzar el estándar de ejecución esperado.

La pérdida parcial de la función ocurre cuando el activo opera de forma ineficiente o cuando el mismo opera por fuera de los límites específicos tolerados, casi siempre esto ocurre por distintos modos de falla (causa raíz de la falla) que producen consecuencias diferentes.

MODOS DE FALLA.

Los modos de falla son las causas físicas que originan las fallas funcionales, los cuales, deben estar orientados a atacarlas. Esta afirmación, constituye una de las mayores diferencias entre el RCM y la forma tradicional de gestionar el mantenimiento, es decir, que para el RCM, las actividades de mantenimiento generadas a partir del análisis realizado por el grupo de trabajo, atacaran específicamente a cada uno de los modos de fallas asociados a cada falla funcional.

La identificación correcta por parte del grupo de trabajo de los modos de fallas será el factor básico para la selección adecuada de las actividades de mantenimiento.

Con respecto a los modos de falla, el grupo de trabajo debe estar claro en lo referente a los siguientes aspectos:

- Niveles de falla.
- Causas raíces de las fallas funcionales
- Modos de falla con sus respectivos niveles de ocurrencia que deben ser registrados.

Muchas veces el nivel al cual se identifica el modo de falla no corresponderá al nivel de detalle seleccionado para analizar el activo y sus funciones, por lo cual, para poder desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento de un determinado grupo de activos en un contexto operacional, es necesario identificar el nivel al cual se producirán los distintos modos de fallas asociados de un activo en su actual contexto operacional.

Siempre, el nivel de detalle al cual se pueden identificar los modos de falla, será siempre mayor, que el nivel de detalle al cual se identifican las funciones y las fallas funcionales de un determinado activo.

Una forma práctica de reconocer la causa raíz o las causas raíces de un modo de falla es preguntándose: **¿qué causó la ocurrencia de la falla funcional?**, a partir de las respuestas, se obtendrá la descripción de la causa raíz o causas raíces asociadas a la falla funcional del activo en estudio.

Para que se pueda describir y registrar los modos de fallas, es necesario, identificar todas las probables razones por las cuales un activo podría fallar o dejar de cumplir el estándar de ejecución deseado, y no los posibles efectos que provocarían la ocurrencia de estos modos de fallas. Algunas de estas categorías pueden ser: suciedad, lubricación inadecuada, ensamblaje no adecuado, operación incorrecta, etc.

El registro de los modos de falla deberá excluir aquellos cuya posibilidad de ocurrencia sea sumamente baja. Se deberá tener en cuenta en:

- Modos de falla asociados a un activo, ocurridos anteriormente en un contexto operacional similar.
- Modos de falla asociados a un activo, que sin a ver ocurrido, tienen la posibilidad de falla razonable.
- Modos de falla asociados a un activo, cuyos efectos sean severos para la seguridad humana, al ambiente o a las operaciones.

En el proceso de análisis, se deberá buscar información relacionada a la ocurrencia de los modos de fallas a partir de los operadores y mantenedores, fabricantes y vendedores de equipos, registros técnicos existentes de cada activo, base de datos existentes en la organización, etc.

EFFECTOS O CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS.

Los efectos de las fallas son las consecuencias que sucederán en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado. La identificación de los efectos de falla deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas. Para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de falla, se tendrá que preguntar: ***¿Cómo se evidencia que un modo de falla ha ocurrido?***

Los posibles efectos que provocará cada modo de falla deberán ser analizados por el grupo de trabajo, los cuales se encargarán de decidir si la ocurrencia de cada modo de falla será evidente o no para el personal que labora dentro del contexto operacional donde probablemente se producirán los modos de falla.

La descripción del efecto deberá incluir toda la evidencia de haber afectado a la seguridad humana, a la seguridad, a la producción o a las operaciones. Deberán ser descritos en forma clara y específica que traerá consigo la ocurrencia del modo de falla.

Según el RCM, la naturaleza y la severidad de las consecuencias de los modos de fallas, deben ser aspectos que gobiernen la selección de las actividades de mantenimiento a ejecutar sobre los activos a mantener en el contexto operacional claramente definido.

El impacto que cualquier modo de falla puede tener sobre la organización, dependerá del contexto operacional donde trabaje el activo, del estándar de ejecución deseado, asociado a una función y de las consecuencias físicas que puedan provocar la ocurrencia de cada modo de falla.

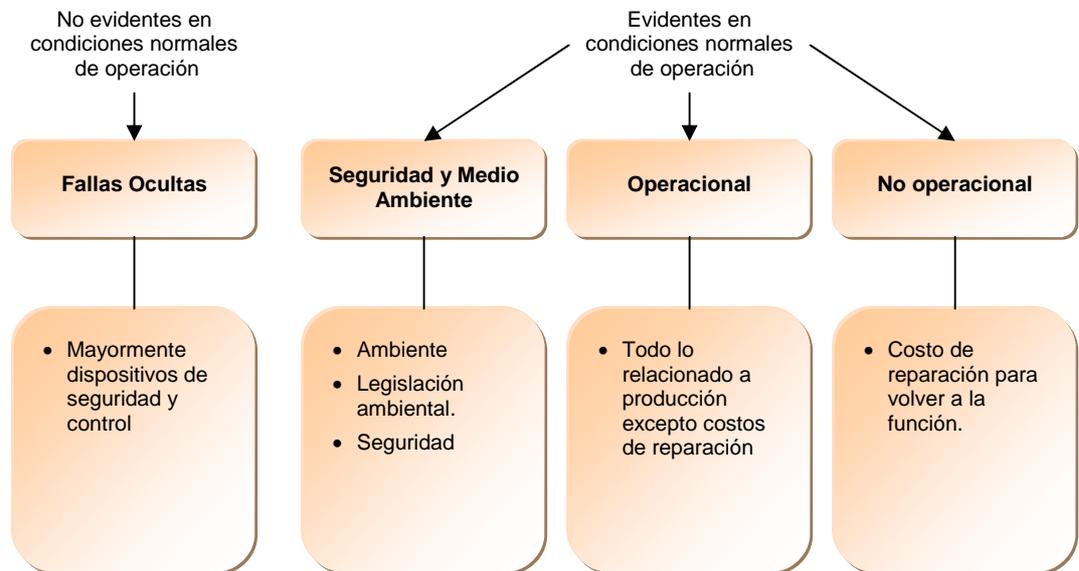
La combinación de los tres factores, hace que cada modo de falla tenga una forma característica de impactar a la seguridad, al ambiente o a las operaciones, GRÁFICO 2.13.

Modos de fallas con consecuencias ocultas; éstas se generan a partir de las funciones no evidentes que presentan algunos activos en el contexto operacional (especialmente los equipos de seguridad, protección y control). La aparición de estos modos de fallas no será evidente dentro del desarrollo normal de las operaciones de un sistema. En la actualidad estos modos de fallas afectan las plantas y equipos modernos, debido al incremento de sistemas de seguridad y protección, como consecuencia de las nuevas exigencias internacionales en áreas como la seguridad, el ambiente y las operaciones (calidad del producto).

Modos de fallas con consecuencias sobre la seguridad y el ambiente; las consecuencias surgen a partir de las funciones evidentes de los activos, cuyas fallas funcionales afectarán: en primer lugar, a la seguridad (muertes, heridas o condiciones inseguras) y en segundo lugar, al ambiente (incumplimiento de estándares ambientales)

Modos de fallas con consecuencias operacionales; surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales afectarán de forma importante a la producción o a las operaciones (calidad del producto, cantidad del producto, calidad del servicio prestado).

GRÁFICO 2.13. Árbol categorías de consecuencias de los modos de fallas



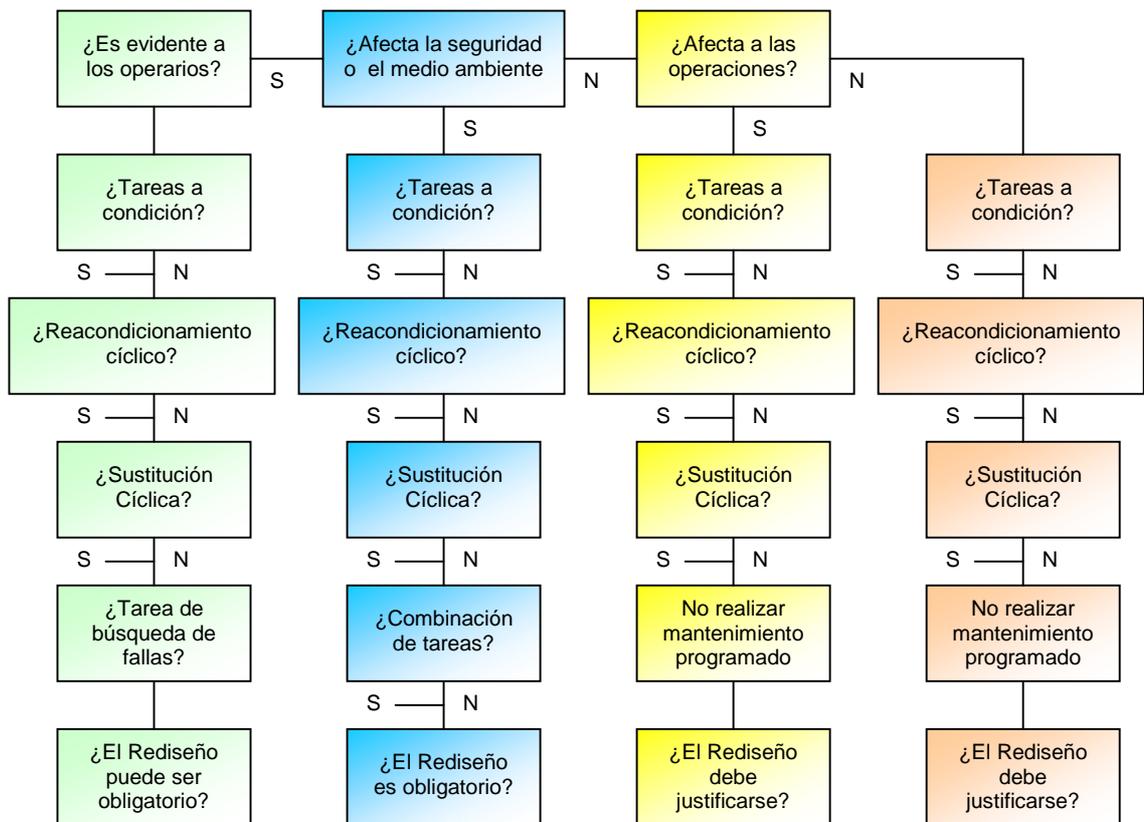
Modos de fallas con consecuencias no operacionales; éstas consecuencias, surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales no afectarán de forma importante a la seguridad, al ambiente o a las operaciones. Este tipo de modo de falla, solo originará consecuencias económicas (costo de reparación).

Si el grupo de trabaja, identifica y describe claramente los cuatro tipos de consecuencias que los modos de falla de los activos pueden generar que las implicaciones sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones de cada modo de falla, serán tomadas en cuenta.

2.3.5.4. SELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.

Una vez finalizado el FMEA, se deberá seleccionar el tipo de mantenimiento que ayude a prevenir la aparición de cada modo de falla previamente identificado, a partir del árbol lógico de decisión, GRÁFICO2.14, que es una herramienta diseñada por el RCM, que permite seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento mas adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla y disminuir sus posibles efectos. Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del RCM, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de falla.

GRÁFICO 2.14. Árbol Lógico de Decisión



El RCM clasifica las actividades de mantenimiento a ejecutar en dos grandes grupos, las actividades preventivas y las actividades correctivas, estas últimas, se ejecutarán solo en caso de no encontrar una actividad efectiva de mantenimiento.

TAREAS EN BASE A CONDICIÓN

La actividad preventiva y programada en base a condición (predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallas no ocurren instantáneamente, si no que desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo. Si la evidencia de este tipo de modos de fallas puede ser detectada bajo condiciones normales de operación, es posible que se puedan tomar acciones programadas en base a la condición del activo, que ayuden a prevenir estos modos de fallas y/o eliminar sus consecuencias.

El momento en el proceso en el cual es posible detectar que la falla funcional esta ocurriendo o esta a punto de ocurrir es conocido como falla potencial. La falla potencial, es una condición física identificable la cual indica que la falla funcional esta apunto de ocurrir o que ya esta ocurriendo dentro del proceso.

El comportamiento en el tiempo de gran parte de los distintos tipos de modos de falla se puede describir de la siguiente manera: Cuando la falla comienza a ocurrir, incrementa su deterioro hasta el punto en el cual la falla puede ser detectado. Si en este punto la falla no es detectada y corregida, continúa aumentando su deterioro hasta que se alcanza el punto donde se produce la falla funcional.

TAREAS DE REACONDICIONAMIENTO.

Las tareas preventivas de reacondicionamiento se refieren a las actividades periódicas que se llevan a cabo para restaurar un activo, sea un sistema, equipo o parte, a su condición original. Son aquellas actividades de prevención realizadas a un intervalo frecuencial menor al límite de vida operativa del activo, en función del análisis de sus funciones en el tiempo.

En éstas tareas los activos son puestos fuera de servicio, se desmontan, se inspeccionan, se corrigen y reemplazan de ser necesarios, con el fin de prevenir la aparición de posibles modos de fallas. Las tareas de restauración programadas son conocidas como los “**overhauls**” y su aplicación más común es en equipos mayores.

TAREAS DE SUSTITUCIÓN REEMPLAZO PROGRAMADO.

Este tipo de actividad preventiva esta orientada específicamente hacia el reemplazo de componentes o partes usadas de un activo, por unos nuevos, a un intervalo de tiempo menor al de su vida útil. Las actividades de descarte programado le devolverán la condición original al componente, ya que el componente viejo será reemplazado por uno nuevo. La diferencia entre las tareas de descarte programado y las de restauración programada es que las primeras son aplicadas a componentes y/o partes de un activo y no a activos con varios componentes, y a su vez la acción a ejecutar en las tareas de descarte programado es el reemplazo de un componente viejo por uno nuevo. En el caso de las tareas de restauración programada las acciones a ejecutar pueden ser: ajustar, inspeccionar, mejorar, limpiar, restaurar.

ACTIVIDADES CORRECTIVAS.

Cuando las actividades de prevención para un modo de falla, no son técnicamente factibles o no son efectivas, las actividades correctivas, serán las que se apliquen.

- **Rediseño**, en el caso de que no se consigan actividades de prevención, es necesario rediseñar el sistema o equipo analizado.
- **Actividades de mantenimiento no programado**; en el caso de que no haya actividades de prevención económicamente más baratas que los posibles efectos que traerán consigo los modos de fallas como consecuencias operacionales o no operacionales, se podrá tomar la decisión de esperar que ocurra la falla y actuar de forma correctiva.

2.3.6. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DEL FMEA.

Un típico FMEA incorpora algunos métodos para la evaluación del riesgo asociado con los problemas potenciales identificados en el análisis. El método más usado es el *Número de Prioridad de Riesgo NPR*. GRÁFICO 2.15.

2.3.6.1. NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO - NPR.

El NPR se considera como un método de evaluación del riesgo relativo a cada causa potencial. Se define como el producto del número de severidad (NS), el número de ocurrencia (NO) y el número de detectabilidad (ND). GRÁFICO 2.16.

GRÁFICO 2.15. Evaluación del Número de Prioridad de Riesgo

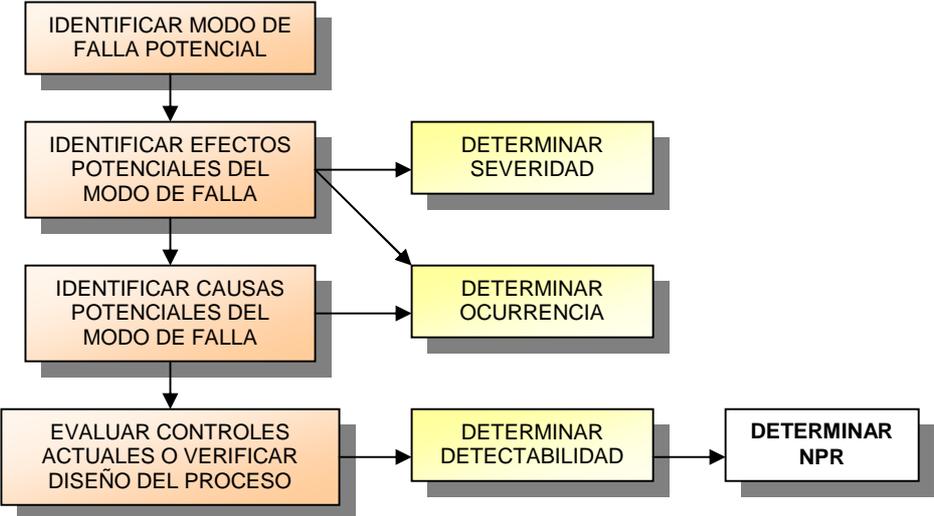


GRÁFICO 2.16. Numero de Prioridad de Riesgo



NÚMERO DE SEVERIDAD (NS)

La severidad es un valor, el cual mide la gravedad del efecto del modo de falla. La severidad es aplicada solamente a los efectos. La severidad es estimada en la escala del 1 al 10. Ver TABLA 2.1.

NÚMERO DE OCURRENCIA (NO)

La ocurrencia es un valor que corresponde a la proporción a la cual una causa de primer nivel y su modo de falla resultante ocurrirán sobre su vida de diseño del sistema, o antes de cualquier adicional control de proceso es aplicado. La ocurrencia es estimada en una escala del 1 al 10. Ver TABLA 2.2.

NÚMERO DE DETECTABILIDAD (ND)

La detectabilidad es un valor que corresponde a la probabilidad que los métodos de detección o los controles actuales detectarán el modo de falla antes de que ocurra la falla o para el proceso. La detectabilidad es estimada en una escala del 1 al 10. Ver TABLA 2.3.

TABLA 2.1 Escala del Nivel de Severidad⁴

DESCRIPCIÓN	EFFECTOS DE LA FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD
Arriesgado sin precaución	Muy alto rango de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura e involucra al incumplimiento de regulaciones sin precaución.	10
Arriesgado con precaución	Muy alto rango de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura e involucra al incumplimiento de regulaciones con precaución.	9
Muy alto	Equipo inoperable, las fallas provocan la pérdida de la función para la que fueron diseñados.	8
Alto	Equipo operable. Fallas que causan un alto grado de insatisfacción al cliente que recibe el servicio	7
Moderado	Equipo operable, pero que afectan el equipo, originando un mal funcionamiento de los equipos disminuyendo la calidad del servicio	6
Bajo	Equipo operable. Fallas que provocan la pérdida de eficiencia y causan que el cliente se queje.	5
Muy bajo	Equipo operable. Fallas que pueden ser mejoradas con pequeñas modificaciones y su impacto sobre la eficiencia de los equipos es pequeño	4
Leve	Equipo operable. Fallas que crean mínimas molestias, que el se podría corregir en el proceso sin necesidad de perder eficiencia	3
Muy leve	Fallas difíciles de reconocer y sus efectos son insignificantes para el proceso	2
Ninguno	Fallas que no son identificables y no afectan la eficiencia del proceso.	1

⁴ McDermonntt, Robin; Mikulak, Raimond y Beauregard, Michel. *"The Basic of FMEA"*, Quality Resources, New York, USA – 1996. Pág 37.

TABLA 2.2 Escala del Nivel de Ocurrencia⁵

DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA FALLA	NIVEL DE OCURRENCIA
Muy alta: Falla que es casi inevitable	Más de una ocurrencia por día, o una probabilidad de más de tres ocurrencias en diez eventos	10
	Una ocurrencia cada tres o cuatro días, o una probabilidad de tres ocurrencias en diez eventos	9
Alta: Continuamente falla	Una ocurrencia por semana o una probabilidad de cinco ocurrencias en cien eventos	8
	Una ocurrencia por mes, o una ocurrencia en cien eventos	7
Moderada: ocasionalmente falla	Una ocurrencia cada tres meses o tres ocurrencias en mil eventos	6
	Una ocurrencia cada seis meses en un año, o una ocurrencia en diez mil eventos	5
	Una ocurrencia por año o seis ocurrencias en cien mil eventos	4
Baja: relativamente falla poco	Una ocurrencia entre uno y tres años o seis ocurrencias en diez millones de eventos	3
	Una ocurrencia entre tres y cinco años o dos ocurrencias en un billón de eventos	2
Remota: no es probable que falle	Una ocurrencia en mas de cinco años, o menos de dos ocurrencias en un billón de eventos	1

⁵ McDermonntt, Robin; Mikulak, Raimond y Beauregard, Michel. *"The Basic of FMEA"*, Quality Resources, New York, USA – 1996. Pág 37.

TABLA 2.3 Escala del Nivel de Detectabilidad⁶

DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD DE DETECTABILIDAD	NIVEL DE DETECTABILIDAD
Absolutamente incierto	El proceso y el producto no es controlado. No se puede detectar la causa potencial y su modo de falla.	10
Muy remoto	Se inspecciona solo el producto final a partir de un nivel aceptable de calidad	9
Remoto	Se inspecciona solo el producto final en base a un modelo previamente probado	8
Muy bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso(no hay ayuda de equipos modernos de control)	7
Bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso, usando pruebas de ensayo y error	6
Moderado	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado al final del proceso en la línea de producción (25 % automatización)	5
Moderadamente alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en dos puntos del proceso en la línea de producción (50 % automatización)	4
Alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en más de dos puntos del proceso en la línea de producción (75 % automatización)	3
Muy alto	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso en la línea de producción (100 % automatización)	2
Casi controlado	EL proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso de la línea de producción (100 % automatización con calibración continua y mantenimiento preventivo de los equipos)	1

⁶ McDermonntt, Robin; Mikulak, Raimond y Beauregard, Michel. *"The Basic of FMEA"*, Quality Resources, New York, USA – 1996. Pág 37.

CAPITULO 3

PRESENTACIÓN Y ANALISIS ACTUAL

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA FUNDICIÓN

La Fundición de cobre de Southern Perú Copper Corporation se encuentra a nivel del mar en la parte oeste del departamento de Moquegua, provincia de Ilo, a 18 Km. al norte de la ciudad de Ilo. Además en el área operativa de Ilo se encuentra la Refinería de Cobre, Mina Coquina y Logística Sur, tal como se muestra en el GRÁFICO 3.1.

La compañía cuenta además de dos importantes áreas operativas llamadas Cuajone y Toquepala que se encuentran ubicadas en los departamentos de Moquegua y Tacna respectivamente. La Fundición de Cobre procesa concentrado de las minas Cuajone y Toquepala que es transportado a través del Ferrocarril Industrial, que une las dos áreas operativas mostradas en el GRÁFICO 3.2.

Las minas de Cuajone y Toquepala proporcionan concentrado con un contenido promedio de cobre de 27 por ciento y con un contenido de humedad de 7.5 por ciento. Otros de los productos que ingresan a la fundición son la sílica, la conchuela y el recirculante.

GRÁFICO 3.1. Mapa geográfico de operaciones de la Fundición de Ilo

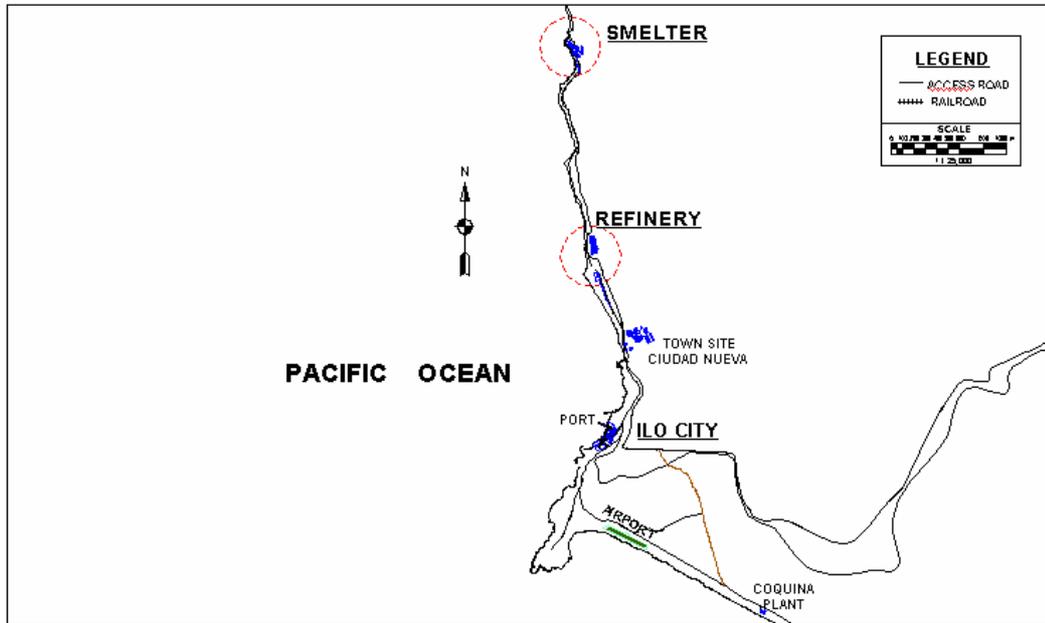


GRÁFICO 3.2. Mapa geográfico de operaciones de Southern Peru

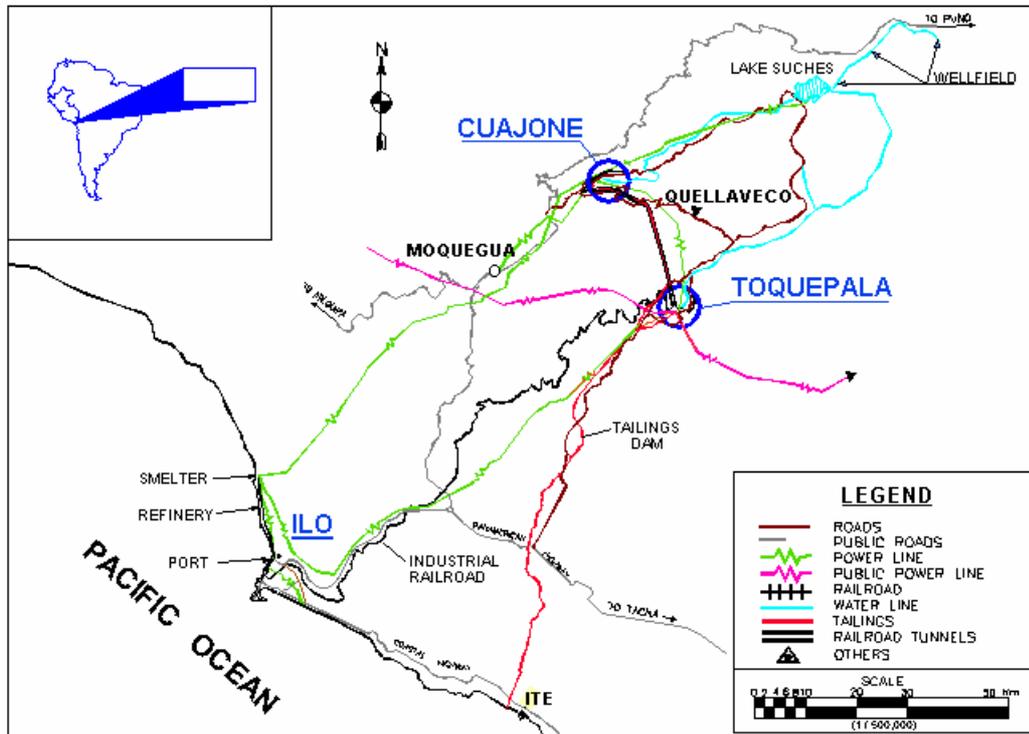
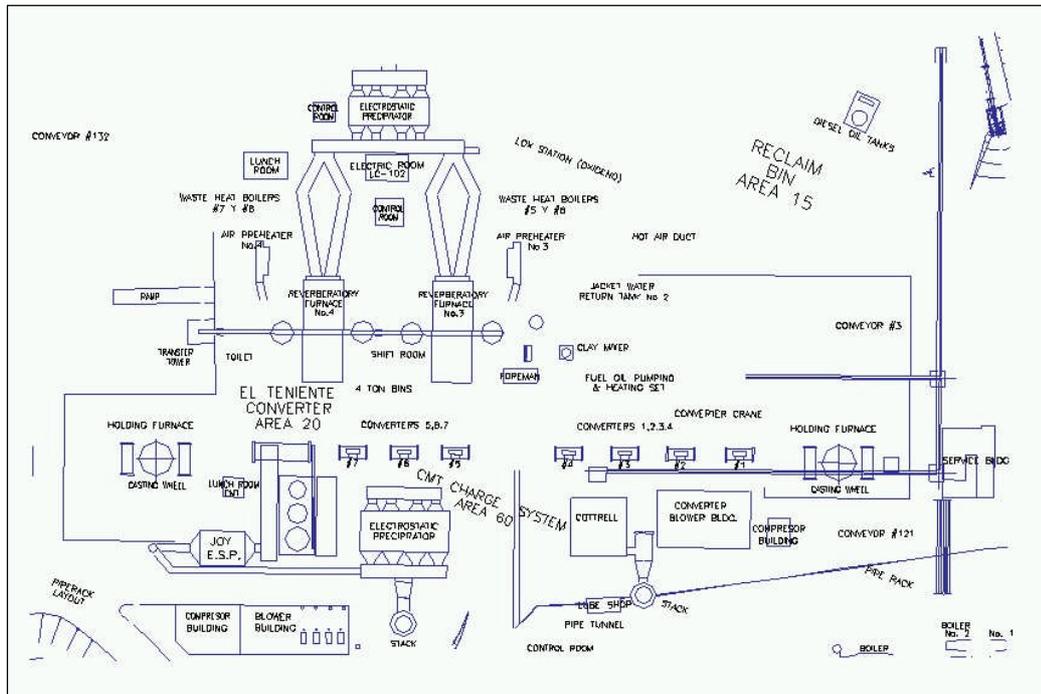


GRÁFICO 3.3. Fundición de Ilo



GRÁFICO 3.4. Vista de Planta de la Fundición de Ilo



El concentrado y la sílica ingresan, mediante un sistema de fajas, a los hornos reverberos, con una capacidad de fusión de 1275 ton / día, aquí el concentrado es fundido hasta formar mata, que contiene 35 – 37 por ciento de concentrado de cobre, la escoria formada es retirada a los botaderos ubicados en la parte noreste de la fundición.

Los gases de combustión originados por los quemadores del horno son evacuados e ingresan a los calderos de calor residual, luego al precipitador electrostático y finalmente son descargados a la atmósfera por la chimenea.

El mate es enviado mediante unas ollas de transporte por medio de las grúas puente, de 60 ton de capacidad, a los hornos convertidores Peirce Smith convencionales y a un horno convertidor modificado CMT, para procesarlo.

El CMT utiliza la mata de los hornos reverberos y se alimenta también de concentrado y sílica y mediante el ingreso de aire, generado por un soplador, ingresa al horno por medio de toberas para hacer al proceso autógeno y generar metal blanco que contiene aprox. 75 por ciento de cobre. La escoria generada es retirada y llevada nuevamente a los hornos reverberos. Los gases generados son enfriados por aspersores de agua, pasan por un precipitador electroestático y finalmente llevado a la planta de ácido sulfúrico.

De igual forma los hornos convertidores convencionales PS utilizan la mata generada por los hornos reverberos y también el metal blanco del CMT, además se alimenta de sílica y recirculante; una vez que se encuentra cargado el convertidor se introduce aire de proceso, generados por sopladores, al baño a través de una línea de toberas. El calor generado oxida el metal blanco hasta la formación del cobre blister o ampolloso, con un contenido de cobre del 99.2 por ciento, éste calor generado por la oxidación del fierro y azufre, es suficiente para hacer también al proceso autógeno.

Los gases generados son llevados a un precipitador electroestático y luego son descargados por dos chimeneas a la atmósfera.

Cuando el cobre blister se encuentra listo en los convertidores, éste es llevado a los hornos de retención, mediante las grúas puente, para ser vaciados a las ruedas de moldeo para su presentación final en ánodos de cobre blister y ser llevados a la planta de refinería.

3.2. ANTECEDENTES.

De acuerdo al proyecto “Implantación del RCM a Grúas Puente de Hornos CPS”, realizado durante el mes de enero del 2004, se propuso mejorar el plan de mantenimiento de las Grúas Puente de Hornos CPS.

Asimismo, se analizó los factores que afectan la disponibilidad de los Hornos Convertidores PS, siendo la principal causa la falta de grúa de convertidores, el cual se podía disminuir por aplicación de nuevas estrategias de mantenimiento propuestas por el estudio del RCM, aumentando de este modo el tiempo de operación de los hornos.

Según los reportes del sistema de información, durante el período del 01 de julio al 30 de octubre del 2003, se muestra el índice de disponibilidad en la TABLA 3.1.

3.3. SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA

En el año 2004, durante el mismo período del primer proyecto, se analizó la variación del índice de disponibilidad y los códigos de parada por falla de los Hornos Convertidores PS mostrados en las TABLAS 3.2 y 3.3 respectivamente.

TABLA 3.1. Disponibilidad de Hornos Convertidores PS – 2003

EQUIPO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. Man. (%)
CVI5	423.73	1,832.52	548.32	15.54	59.33	0.00	70.87	2,950.31	81.25	97.99
CVI6	406.17	1,660.84	549.09	11.72	18.77	261.88	45.10	2,953.56	75.24	90.49
CVI7	347.94	1,231.36	631.16	29.74	48.83	599.04	61.24	2,949.32	64.16	78.03
	1,177.84	4,724.72	1,728.57	56.99	126.93	860.92	177.21	8,853.19	73.55	88.84

EQUIPO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. (%)
CVI1	434.53	1,518.52	655.85	24.58	29.01	231.47	59.27	2,953.24	74.48	91.18
CVI2	561.41	1,590.94	568.75	9.05	15.39	242.32	65.44	2,953.30	73.46	91.27
CVI3	448.64	1,817.25	575.42	9.64	24.99	0.47	76.82	2,953.23	81.37	99.14
CVI4	402.75	1,572.41	556.56	3.15	19.66	350.42	48.42	2,953.37	72.22	87.46
	1,747.33	6,499.12	2,356.58	46.42	89.05	824.69	249.95	11,813.14	75.38	92.26

2,925.17	11,223.84	4,085.15	103.42	215.99	1,685.61	427.16	20,666.33	74.60	90.80
-----------------	------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	---------------	------------------	--------------	--------------

TEXT: TIEMPO EXTERNO

TOPE: TIEMPO NETO OPERADO STBY: TIEMPO EN STAND BY TDOP: TIEMPO DEMORA OPERACIONAL
 TNPR: MANT. NO PROGRAMADO TMPR: MANTO. PROGRAMADO TMDR: MANT. FALTA DE RECURSO

TABLA 3.2. Disponibilidad de Hornos Convertidores PS – 2004

EQUIPO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. (%)
CVI5	383.58	1,196.45	855.58	15.34	54.18	433.25	9.67	2,948.05	70.13	83.47
CVI6	364.17	1,771.71	476.28	8.34	38.93	276.00	15.59	2,951.98	76.43	89.33
CVI7	406.36	1,833.14	607.84	40.50	42.41	0.00	21.85	2,952.10	84.06	98.56
	1,154.11	4,801.30	1,939.70	64.18	135.52	709.25	47.11	8,852.13	76.88	90.46

EQUIPO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. (%)
CVI1	422.73	1,824.86	665.65	6.83	16.92	0.00	17.02	2,954.10	84.60	99.43
CVI2	372.39	1,683.52	515.14	10.25	23.34	339.50	8.92	2,953.00	74.83	87.71
CVI3	411.31	1,622.55	534.02	17.75	20.26	336.00	12.08	2,953.97	73.66	87.93
CVI4	417.90	1,967.94	508.14	13.33	11.24	0.00	35.59	2,954.14	84.33	99.62
	1,624.33	7,098.87	2,222.94	48.16	71.76	675.50	73.61	11,815.21	79.35	93.67

2,778.44	11,897.27	4,162.64	115.24	207.28	1,384.75	120.72	20,666.34	78.29	92.29
-----------------	------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	---------------	------------------	--------------	--------------

TEXT: TIEMPO EXTERNO

TOPE: TIEMPO NETO OPERADO STBY: TIEMPO EN STAND BY TDOP: TIEMPO DEMORA OPERACIONAL
 TNPR: MANT. NO PROGRAMADO TMPR: MANTO. PROGRAMADO TMDR: MANT. FALTA DE RECURSO

TABLA 3.3. Tiempos de parada en Hornos Convertidores PS - 2004

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas	% Acum.
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	11.897,26	74,37%	74.37%
ESGR	ESPERANDO GRUA	4.099,64	25,63%	100.00%
SUBTOTAL		15.996,90	100,00%	
SCPE	CORTES SCP	2,687.46	57.58%	57.58%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1,384.75	29.67%	87.25%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	120.72	2.59%	89.83%
TATM	TAPAS TOBERAS	103.05	2.21%	92.04%
COEN	CORTE DE ENERGIA	84.98	1.82%	93.86%
EMTO	ESPERA MATA	64.00	1.37%	95.23%
OTROS	OTROS	222.48	4.77%	100.00%
SUBTOTAL		4,667.44	100,00%	
TOTAL		20,664.34		

GRÁFICO 3.5. Distribución de paradas en Hornos Convertidores PS - 2004

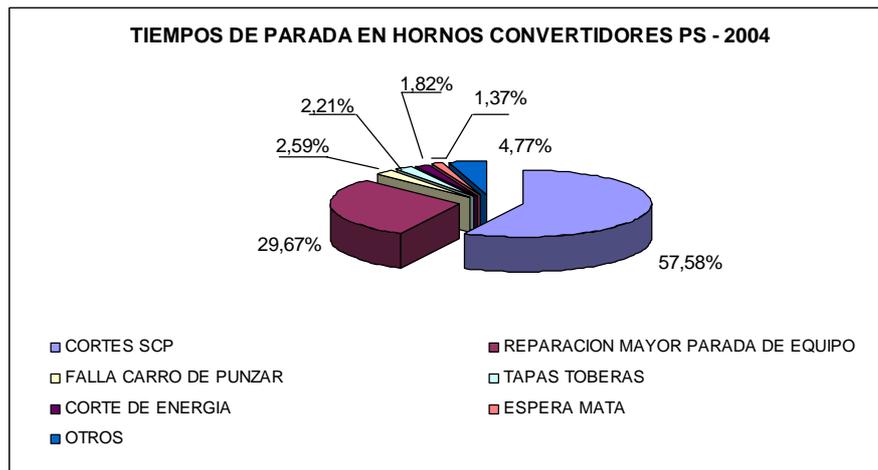
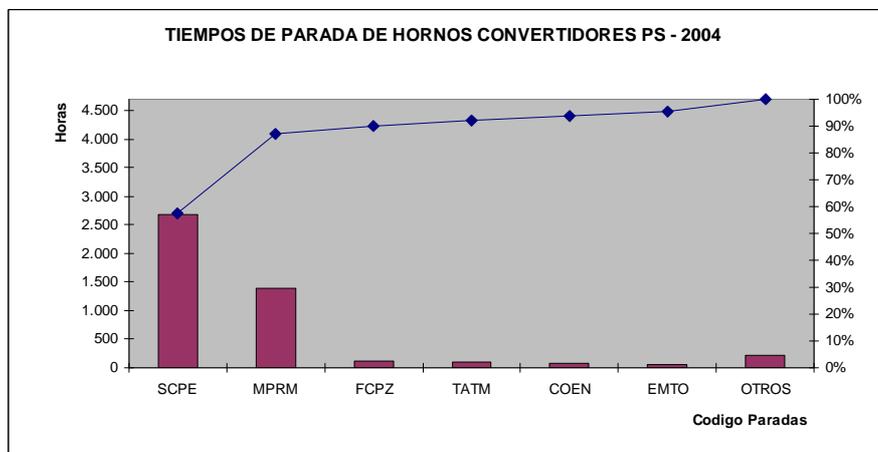


GRÁFICO 3.6. Diagrama de Pareto – Paradas en Hornos Convertidores PS – 2004



SCPE	CORTES SCP	MPRM	REPARACIÓN MAYOR	FCPZ	CARRO DE PUNZAR
TATM	TAPAS DE TOBERAS	COEN	CORTE DE ENERGIA	EMTO	ESPERA MATA
OTROS	OTROS				

De igual modo, para un mejor análisis, se muestra la distribución porcentual y un diagrama de Pareto de los códigos de parada de los hornos en los GRÁFICOS 3.5 y 3.6.

A continuación, de acuerdo a la TABLA 3.3, se describe las principales paradas de Hornos Convertidores PS en el tiempo analizado:

- Cortes SCP Ambientales - SCPE
- Reparaciones mayores - MPRM
- Falla del carro de punzar - FCPZ
- Tapas de toberas - TATM

3.3.1. PRINCIPALES CÓDIGOS DE PARADA

3.3.1.1. SCP – CORTES AMBIENTALES (57.58%)

Southern Peru estableció un programa llamado: “Programa de Control Suplementario SCP”, en el cual, se controla las emisiones producidas por la fundición hacia la atmósfera, afectando a los pobladores de las ciudades cercanas como el puerto de Ilo y Pueblo Nuevo.

En el momento de que los valores máximos permisibles se alcanzan y las condiciones meteorológicas son adversas, se restringen las operaciones en la fundición y los equipos se mantienen en stand by hasta que los reportes del departamento de meteorología ambiental informen del cambio de dirección de los vientos.

En el futuro, a comienzos del año 2007, estos cortes ambientales no existirán, debido a que la comenzará la operación de la moderna fundición, el cual, captará el 95% de los gases producidos.

3.3.1.2. MPRM – REPARACIONES MAYORES (29.67%)

Las reparaciones mayores se deben principalmente al control termográfico de los ladrillos refractarios de los Hornos Convertidores PS, lo cual es inevitable.

De acuerdo al control realizado, se establece un cronograma de reparación en el cual se tiene tres tipos de reparaciones o mantenimientos mayores. Estos son:

- Reparación Parcial
- Reparación General.
- Reparación Total.

REPARACIÓN PARCIAL.

Este tipo de reparación consiste en el cambio parcial de los ladrillos refractarios en las áreas con mayor desgaste para asegurar una operación segura del horno en la próxima campaña.

Además, en los trabajos de reparación mecánica, se realiza lo siguiente:

Cambio de soportes estructurales de la boca.

Cambio de planchas de refuerzo de la línea de toberas.

Cambio total de toberas.

El estándar de ejecución de la reparación es de aproximadamente de 11 días.

REPARACIÓN GENERAL.

La renovación refractaria también es parcial, pero mayor en porcentaje que en el caso de la reparación parcial, el objetivo es renovar todas las áreas con mayor desgaste de modo que la reparación garantice una operación segura del horno durante la siguiente campaña. Además, en los trabajos de reparación mecánica, se realiza los siguientes trabajos:

Cambio total de toberas

Cambio de planchas de refuerzo de la línea de toberas.

El estándar de ejecución de la reparación es de aproximadamente de 15 días.

REPARACIÓN TOTAL.

En ésta reparación se cambia el total de los ladrillos refractarios del horno. Además, en los trabajos de reparación mecánica, se realiza los siguientes trabajos:

Cambio total de la estructura de la boca.

Cambio total de toberas.

Enderezamiento de la carcaza.

El estándar de ejecución de la reparación es de aproximadamente de 17 días.

3.3.1.3. FCPZ – FALLA DEL CARRO DE PUNZAR (2.59%)

Según la TABLA 3.3, aparece el código de parada que relaciona todas las fallas ocurridos en los carros de punzar, como tercer factor de mayor importancia en la falta de operación de los hornos convertidores.

TABLA 3.4. Tiempos Totales en Carros de Punzar - 2004

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	19,067.44	92.27%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1,385.17	6.70%
TDEE	FALTA EQUIPO O HERRAMIENTA	64.00	0.31%
PNMM	PISTON NEUMATICO	56.37	0.27%
YPCM	YUGO PUNZADORA	10.74	0.05%
PECM	PERNO DE CABEZAL	9.67	0.05%
MNMM	MOTOR NEUMATICO	9.59	0.05%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	8.50	0.04%
OJBM	OJO BUEY	8.25	0.04%
RUEM	RUEDAS	7.49	0.04%
CDNM	CADENA	6.08	0.03%
MGRM	MANGUERAS	5.67	0.03%
VLVM	VÁLVULA	5.33	0.03%
CFTM	CABLE FESTON	5.09	0.02%
PBAR	PORTABARRETAS	4.33	0.02%
CPÑM	CHUMACERA DEL PIÑÓN	3.42	0.02%
ACPM	AMORTIGUADOR	2.92	0.01%
LSWM	LIMIT SWITCH	1.33	0.01%
ENCM	ENCROCHE PUNZADORA	1.17	0.01%
PELM	PANEL ELECTRICO	0.92	0.00%
DECR	DESCARRILAMIENTO POR BARRETAS TRABADAS O SUCIAS	0.50	0.00%
TOTALS		20,663.98	100%

TABLA 3.5. Resumen de tiempos en Carros de Punzar - 2004

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas	% Acum.
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	19,067.44	68.75%	68.75%
MPRM	REPARACIÓN MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1,385.17	31.25%	100.00%
SUBTOTAL		20,452.61	100.00%	
TDEE	FALTA EQUIPO O HERRAMIENTA	64.00	30.28%	30.28%
PNMM	PISTON NEUMÁTICO	56.37	26.67%	56.95%
YPCM	YUGO PUNZADORA	10.74	5.08%	62.03%
PECM	PERNO DE CABEZAL	9.67	4.57%	66.60%
MNMM	MOTOR NEUMATICO	9.59	4.54%	71.14%
SELM	SISTEMA ELÉCTRICO	8.50	4.02%	75.16%
OJBM	OJO BUEY	8.25	3.90%	79.07%
RUEM	RUEDAS	7.49	3.54%	82.61%
OTROS	OTROS	36.76	17.39 %	100.00%
SUBTOTAL		211.37	100.00%	
TOTAL		20,663.98		

GRÁFICO 3.7. Distribución de paradas en Carros de Punzar - 2004

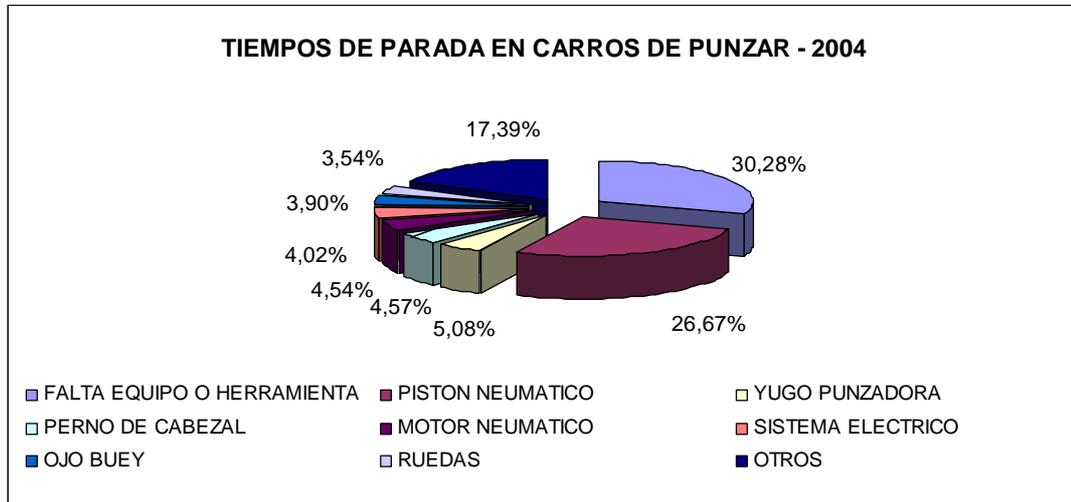
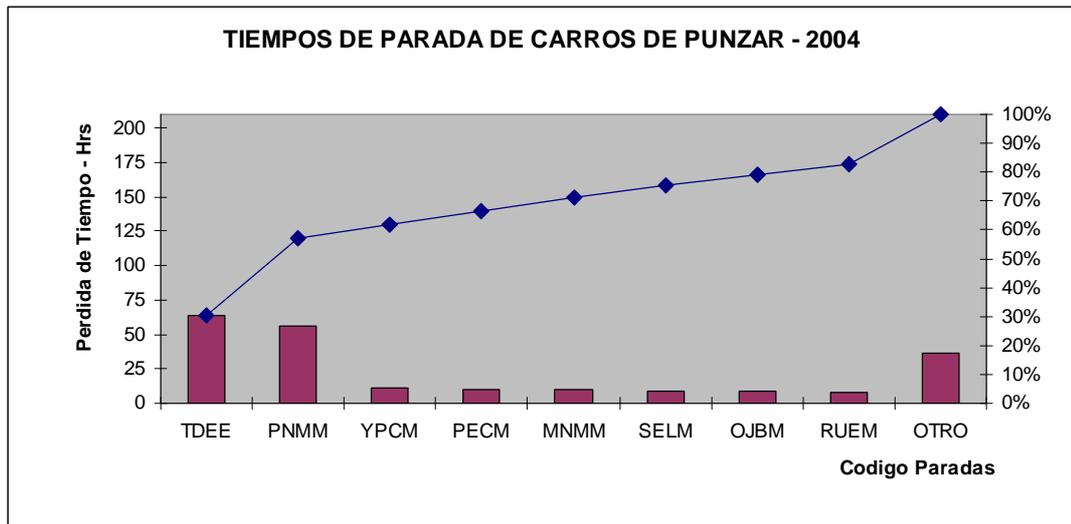


GRÁFICO 3.8. Diagrama de Pareto - Paradas en Carros de Punzar - 2004



TDEE	FALTA EQUIPO / TOOL	PNMM	PISTON NEUMATICO	YPCM	YUGO PUNZADOR
PECM	PERNO CABEZAL	MNMM	MOTOR NEUMATICO	SELM	SISTEMA ELECTRICO
OJBM	OJO BUEY	RUEM	RUEDAS	OTROS	OTROS

En la TABLA 3.4 se mencionan los principales modos de falla de los carros de punzar durante el periodo analizado en el 2004. El resumen de éstos códigos aparecen en el TABLA 3.5.

En los GRÁFICOS 3.7 y 3.8 se muestra la distribución porcentual y el diagrama de Pareto de los códigos de falla respectivamente. Se puede observar que los principales modos de falla son los códigos TDEE – FALTA EQUIPO/HERRAMIENTA y PNMM – PISTON NEUMATICO, que son más del 50% del tiempo total de parada de los carros de punzar.

3.3.1.4. TATM – FALLA EN LAS TAPAS DE TOBERAS (2.21%)

El último código de parada de mayor importancia es el TATM, falla en las tapas de toberas, debido al diseño antiguo y obsoleto que presentan los Hornos Convertidores PS.

La distribución del tiempo del presente modo de falla se muestra en la TABLA 3.3. y GRÁFICO 3.5.

3.3.2. PROPUESTA

Para el año 2005, se propone reducir los tiempos de parada de las principales fallas que afectan a los Hornos Convertidores PS, mediante nuevas estrategias de diseño y de mantenimiento.

3.3.2.1. SCPE – CORTES SCP

Los cortes ambientales están regidos por las condiciones meteorológicas presentes en la Fundición.

Para los años 2005 y 2006, se estima la misma cantidad de horas de parada debido a la dirección de los vientos. Para el 2007 se reducirá completamente debido a la moderna tecnología de la Fundición.

3.3.2.2. MPRM – REPARACIÓN MAYOR, PARADA DE EQUIPO.

Las reparaciones mayores (Overhauls) es un factor obligatorio y esencial para los Hornos Convertidores PS, debido a que están ligados a la duración de los ladrillos refractarios.

Actualmente los estándares de trabajo son de 11, 15 y 17 días para las reparaciones parciales, generales y totales, respectivamente.

Para el año 2005, se propone reducir al 10% el tiempo de cada reparación mayor, mediante el análisis y modificación de cada estándar de ejecución.

3.3.2.3. FCPZ – FALLA CARRO DE PUNZAR

Los carros de punzar presentan diversos códigos de parada, los cuales se muestran en la TABLA 3.4 y TABLA 3.5.

En la TABLA 3.7 se presenta la lista de los futuros códigos de falla propuesto por la implantación de la metodología del RCM

3.3.2.4. TATM – TAPAS DE TOBERAS

En el periodo analizado del 2004, las tapas de toberas representa el ultimo modo de falla importante, que se manifiesta por el diseño obsoleto del mecanismo de tapas pertenecientes al toberas de ingreso de aire al horno.

De acuerdo a la nueva filosofía se propone una reducción del tiempo del código de falla, mediante el cambio de diseño de las toberas de ingreso de aire (**benchmarking**), tal como se muestra en la TABLA 3.8.

De acuerdo a los pronósticos de cada uno de los códigos de fallas principales, se presenta en la TABLA 3.9 el pronóstico general para los Hornos Convertidores PS. Las códigos de fallas pertenecientes a operaciones, permanecerán sin alteraciones, mientras que los códigos de parada originados por fallas se reducirán completamente por la implantación de nuevas estrategias de mantenimiento.

Finalmente en la TABLA 3.10. se calcula los ahorros a obtener en el año 2005, debido a la implantación de la filosofía del RCM.

TABLA 3.6 Pronostico de tiempos de falla para los Carros de Punzar 2004/2005

Código Parada	Descripción Parada	2004		2005	
		Total Horas	% Horas	Total Horas	% Horas
TDEE	FALTA EQUIPO O HERRAMIENTA	64.00	30.28%	50.00	89.29%
PNMM	PISTON NEUMATICO	56.37	26.67%	0.00	0.00%
YPCM	YUGO PUNZADOR	10.74	5.08%	0.00	0.00%
PECM	PERNO DE CABEZAL	9.67	4.57%	0.00	0.00%
MNMM	MOTOR NEUMATICO	9.59	4.54%	0.00	0.00%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	8.50	4.02%	0.00	0.00%
OJBM	OJO BUEY	8.25	3.90%	0.00	0.00%
RUEM	RUEDAS	7.49	3.54%	0.00	0.00%
CDNM	CADENAS	6.08	2.88%	0.00	0.00%
MGRM	MANGUERAS	5.67	2.68%	0.00	0.00%
VLVM	VALVULA	5.33	2.52%	0.00	0.00%
CFTM	CABLE FESTON	5.09	2.41%	0.00	0.00%
PBAR	PORTABARRETAS	4.33	2.05%	4.33	7.73%
CPÑM	CHUMACERA DEL PIÑÓN	3.42	1.62%	0.00	0.00%
ACPM	AMORTIGUADOR	2.92	1.38%	0.00	0.00%
LSWM	LIMIT SWITCH	1.33	0.63%	0.00	0.00%
ENCM	ENCROCHE PUNZADORA	1.17	0.55%	1.17	2.09%
PELM	PANEL ELECTRICO	0.92	0.44%	0.00	0.00%
DECR	DESCARRILAMIENTO BARRETAS TRABADAS O SUCIAS	0.50	0.24%	0.50	0.00%
	SUBTOTAL	211.37	100 %	56.00	100 %

TABLA 3.7 Pronóstico de tiempo de falla para Tapas de Toberas 2004/2005

Código Parada	Descripción Parada	2004		2005	
		Total Horas	% Horas	Total Horas	% Horas
TATM	TAPAS TOBERAS	103.50	100%	51.75	100%
	SUBTOTAL	103.50	100 %	51.75	100 %

TABLA 3.8 Pronostico de tiempos en Hornos Convertidores PS 2004 - 2005

Cód. Parada	Descripción Parada	2004		2005	
		Total Horas	% Horas	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	11.897,26	57,57%	12.290,90	59,47%
ESGR	ESPERANDO GRUA	4.099,64	19,84%	4.099,64	19,84%
SCPE	CORTES SCP	2.687,46	13,00%	2.687,46	13,00%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO	1.386,75	6,71%	1.248,08	6,04%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	120,72	0,58%	31,98	0,15%
TATM	TAPAS TOBERAS	103,50	0,50%	51,75	0,25%
COEN	CORTE DE ENERGIA	84,98	0,41%	84,98	0,41%
EMTO	ESPERA MATA	64,00	0,31%	64,00	0,31%
TTBO	TAPADA/PERFORACIÓN DE TOBERAS	46,92	0,23%	46,92	0,23%
FCIM	FALLA CONTROLADOR/INSTRUMENTACION	36,24	0,18%	0,00	0,00%
RLBO	ROTURA DE LABIO	32,50	0,16%	0,00	0,00%
OCPS	OTROS NO PROGRAMADO CPS	22,25	0,11%	22,25	0,11%
LCHI	LIMPIEZA DE CHIMENEA	21,58	0,10%	21,58	0,10%
ASIM	ALIMENTADOR DE SILICA	8,33	0,04%	0,00	0,00%
CREM	CREMALLERA	7,42	0,04%	0,00	0,00%
MNMM	MOTOR NEUMATICO	6,50	0,03%	0,00	0,00%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	6,41	0,03%	0,00	0,00%
RRFO	REPARACIÓN NO PROG. DE REFRACTARIO	5,74	0,03%	5,84	0,03%
BAAO	BARRETAS ATASCADAS CPS	5,50	0,03%	5,50	0,03%
TBDM	TUBO DISTRIBUIDOR	5,33	0,03%	0,00	0,00%
APMO	APOYO PROYECTO MODERNIZACION	3,75	0,02%	3,75	0,02%
STRM	SISTEMA DE TRANSMISION	3,00	0,01%	0,00	0,00%
TOBM	CAMBIO DE TOBERAS	2,59	0,01%	0,00	0,00%
FFXO	FALTA DE SILICA	1,91	0,01%	1,91	0,01%
FBLW	FALLA DEL BLOWER	1,83	0,01%	0,00	0,00%
COCM	COMPUERTA CHIMENEA	1,58	0,01%	0,00	0,00%
GUIM	GUITARRON	1,00	0,00%	0,00	0,00%
SWIM	MASTER SWITCH	0,92	0,00%	0,00	0,00%
MANM	CHISPERO MANDIL	0,50	0,00%	0,00	0,00%
FRNM	FRENOS	0,33	0,00%	0,00	0,00%
TOTAL		20.666,37	100%	20.666,37	100%

TABLA 3.9 Pronóstico de Disponibilidad de Hornos Convertidores PS – 2005

EQUIPO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. Man. (%)
CVI5	383,58	1755,84	855,58	15,34	10,57	178,30	0,00	2948,05	93,59	89,10
CVI6	364,17	1755,84	476,28	8,34	10,57	178,30	0,00	2951,98	93,60	75,90
CVI7	406,36	1755,84	607,84	40,50	10,57	178,30	0,00	2952,10	93,60	81,44
	1.154,11	5.267,52	1.939,70	64,18	31,71	534,89	0,00	8852,13	93,60	82,14

EQUIPO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. Man. (%)
CVI1	422,73	1.755,84	665,64	6,83	10,57	178,30	0,00	2952,10	93,60	82,26
CVI2	372,39	1.755,84	515,14	10,25	10,57	178,30	0,00	2952,00	93,60	77,28
CVI3	411,31	1.755,84	534,02	17,75	10,57	178,30	0,00	2951,97	93,60	78,17
CVI4	417,90	1.755,84	508,14	13,33	10,57	178,30	0,00	2952,14	93,60	77,14
	1.624,33	7.023,36	2.222,94	48,16	42,28	713,19	0,00	11808,21	93,60	78,71

2.778,44	12.290,88	4.162,64	112,34	73,99	1.248,08	0,00	20.666,37	93,60	80,16
-----------------	------------------	-----------------	---------------	--------------	-----------------	-------------	------------------	--------------	--------------

TEXT: TIEMPO EXTERNO
 TOPE: TIEMPO NETO OPERADO STBY: TIEMPO EN STAND BY TDOP: TIEMPO DEMORA OPERACIONAL
 TNPR: MANT. NO PROGRAMADO TMPR: MANTO. PROGRAMADO TMDR: MANT. FALTA DE RECURSO

TABLA 3.10 Pronóstico de ahorros – Análisis Económico 2005

APLICACIÓN	Incremento	Total Horas CPS	Ahorro hr. CPS	Costo US\$ / hr. CPS	Ahorro US\$
ENERO 2005: 143.79 cUS\$/lb					
04 MESES	1.89%	20.666.37	390.59	3,620.00	1'413,935.80
01 AÑO	1.89%	61.999.11	1.171.78	3,620.00	4'241,807.40
ABRIL 2005: 154.28 cUS\$/lb (APENDICE D)					
04 MESES	1.89%	20.666.37	390.59	3,880.00	1'515,489.20
01 AÑO	1.89%	61.999.11	1.171.78	3,880.00	4'546,467.60

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA		SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03		SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004		Nª Reuniones: 08	
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE SILICA													
1	Alimentar silica al convertidor con un flujo de 75 toneladas cortas por hora.	1.A	No alimentar con silica al convertidor.	1.A.1	No hay energia electrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía. No permite alimentar con silica al convertidor. El convertidor no realiza la conversión por falta de silica, queda calentando con petróleo. Se produce pérdida operacional, con US\$ 2,770 por hora de parada.	10	1.A.1.1	No hay energia	4	10	400	
				1.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico. No permite la alimentación de silica. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar silica, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	1.A.2.1	Circuito de control abierto de la faja transportadora	3	8	192	Cada 02 años
							8	1.A.2.2	Circuito de control abierto del alimentador vibratorio	3	8	192	Cada 02 años
							8	1.A.2.3	Actúa relé de sobrecarga	4	7	224	Cada 02 años
							8	1.A.2.4	Fusibles de control quemados	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.2.5	Transformador de control quemado	3	7	168	Cada 02 años
							8	1.A.2.6	Apertura del braker de control	3	7	168	Cada 02 años
							8	1.A.2.7	Falla del contactor del motor	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.2.8	Apertura del breaker de fuerza del motor	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.2.9	Actúa relé de sobrecarga del motor	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.2.10	Apertura del breaker del alimentador vibratorio	3	7	168	Cada 02 años
							8	1.A.2.11	Fusibles de control quemados del alimentador vibratorio	3	7	168	Cada 02 años
							8	1.A.2.12	Transformador de control quemado del alimentador vibratorio	3	7	168	Cada 02 años
							8	1.A.2.13	Falla del pull cord de seguridad de la faja transportadora	4	7	224	Cada 01 año
				1.A.3	Falla del alimentador vibratorio	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del alimentador vibratorio. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado por estancamiento de la silica en el alimentador vibratorio. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	1.A.3.1	Bobina interna quemada	3	8	192	Cada 02 años
							8	1.A.3.2	Rotura de los cables de soporte	3	7	168	Cada 03 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				1.A.4	Falla del motor eléctrico de la faja transportadora	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del motor eléctrico. No permite la alimentación de sílica. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar sílica, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	1.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	4	9	288	Cada 02 años
							8	1.A.4.2	Falla de rodamientos	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.4.3	Rotura de eje	3	7	168	Cada 03 años
				1.A.5	Falla del sistema de transmisión	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del sistema de transmisión. No permite la alimentación de sílica. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar sílica, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	1.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	5	7	280	Cada 01 año
							8	1.A.5.2	Desgaste excesivo de los canales de la polea	3	7	168	Cada 03 años
				1.A.6	Falla del reductor de velocidad	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del reductor. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar sílica, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	1.A.6.1	Falla por rodamientos amarrados	4	7	224	Cada 02 años
							8	1.A.6.2	Dientes de piñones rotos	3	7	168	Cada 03 años
							8	1.A.6.3	Fisuramiento del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	1.A.6.4	Fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.6.5	Mal ensamble del reductor	3	7	168	Cada 02 años
				1.A.7	Falla de la faja transportadora	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la faja transportadora. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar sílica. Se requiere de 04 mecánicos para realizar el cambio de faja con un tiempo de 06 horas. Se produce una pérdida de US\$16,620.	8	1.A.7.1	Rotura total de la faja	3	7	168	Cada 03 años
							8	1.A.7.2	Faja excesivamente descentrada	4	7	224	Cada 01 año
							8	1.A.7.3	Fisuramiento del eje tambor de mando	2	7	112	Cada 05 años
							8	1.A.7.4	Fisuramiento del tambor de mando	2	7	112	Cada 05 años
							8	1.A.7.5	Fisuramiento del eje tambor de cola	2	7	112	Cada 05 años
							8	1.A.7.6	Fisuramiento del tambor de cola	2	7	112	Cada 05 años
							8	1.A.7.7	Rotura del templador de la faja	2	7	112	Cada 02 años
							8	1.A.7.8	Perforación excesiva del chute de descarga	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA		SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.				
Rev. No: 03		SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO							Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004		Nª Reuniones: 08
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
		1.B	Se alimenta con silica a una capacidad menor	1.B.1	Falla de la tolva de almacenamiento	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la tolva. Puede ocasionar la alimentación parcial de silica. Se produce una perdida de US\$ 2,770 por hora de parada.	6	1.B.1.1	Perforación de planchas de la tolva	3	7	126	Cada 02 años
				1.B.2	Falla del alimentador vibratorio	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del alimentador vibratorio. La falla puede ocasionar la alimentación parcial de silica. Se produce una pérdida de US\$ 2,770 por hora de parada.	6	1.B.2.1	Descalibración del air gap	5	6	180	Cada 01 año
							6	1.B.2.2	Falla de los resortes de sujección	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.2.3	Perforación de la plancha inferior de la base	3	7	126	Cada 02 años
				1.B.3	Falla de la faja transportadora	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la faja transportadora. La falla puede ocasionar la alimentación parcial de silica. Se produce una pérdida de US\$ 2,770 por hora de parada.	6	1.B.3.1	Rotura parcial de la faja	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.3.2	Desalineamiento de faja	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.3.3	Falla de los polines de carga	5	6	180	Cada 08 meses
							6	1.B.3.4	Soltura del templador de la faja	4	6	144	Cada 01 año
							6	1.B.3.5	Desgaste de los laterales de la faja	4	7	168	Cada 01 año
							6	1.B.3.6	Perforación del chute de descarga	5	7	210	Cada 08 meses
		1.C	Se alimenta con silica a una capacidad mayor	1.C.1	Falla del alimentador vibratorio	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del alimentador vibratorio. Ésta falla puede ocasionar la alimentación excesiva de silica. Se produce una pérdida de US\$ 2,770 por hora de parada.	6	1.C.1.1	Descalibración del air gap	5	6	180	Cada 06 meses
							6	1.C.1.2	Falla de los resortes de sujección	4	7	168	Cada 01 año
2. SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE AIRE													
2	Alimentar aire al convertidor con un flujo de 32000 scfm y una presión de 15 psi	2.A	No alimentar con aire al convertidor.	2.A.1	No hay energía electrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía. No permite alimentar con aire al convertidor. El convertidor no realiza la conversión por falta de aire, el convertidor rola con las toberas hacia arriba y queda calentando con petróleo. Se produce pérdida operacional, con US\$ 2,770 por hora de parada.	10	2.A.1.1	No hay energía	4	10	400	

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				2.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico. No permite la alimentación de aire. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	2.A.2.1	Circuito de control abierto	4	8	256	Cada 01 año
							8	2.A.2.2	Actua relé de sobrecarga	4	7	224	Cada 02 años
							8	2.A.2.3	Fusibles de control quemados	4	7	224	Cada 01 año
							8	2.A.2.4	Transformador de control quemado	4	7	224	Cada 01 año
				2.A.3	Falla del equipo de lubricación del motor	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control de paro del motor, detiene el motor y no permite la alimentación de aire. Se produce una pérdida de US\$2.770 por hora de parada.	7	2.A.3.1	Baja presión de aceite	3	4	84	Cada 02 años
							7	2.A.3.2	Alta temperatura de aceite	3	4	84	Cada 02 años
				2.A.4	Falla del motor eléctrico del soplador	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del motor eléctrico. No permite la alimentación de aire. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema se quede parado y deje de alimentar aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	2.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	4	2	64	Cada 01 año
							8	2.A.4.2	Falla de rodamientos	3	2	48	Cada 02 años
							8	2.A.4.3	Fisuramiento del eje.	3	6	144	Cada 05 años
				2.A.5	Falla del incrementador de velocidad	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del incrementador. Ésta falla puede ocasionar que el soplador quede parado y deje de alimentar aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	2.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	2	4	64	Cada 05 años
							8	2.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	2	6	96	Cada 05 años
							8	2.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	2	6	96	Cada 05 años
							8	2.A.5.4	Fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
							8	2.A.5.5	Mal ensamble del incrementador	2	7	112	Cada 05 años
				2.A.6	Falla del soplador	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del soplador. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	2.A.6.1	Álabes rotos	2	8	128	Cada 05 años
							8	2.A.6.2	Falla del equipo de lubricación	3	4	96	Cada 02 años
							8	2.A.6.3	Falla del rodamiento de empuje	3	5	120	Cada 02 años
							8	2.A.6.4	Fisuramiento del eje	2	6	96	Cada 05 años
							8	2.A.6.5	Fisuramiento de la voluta	3	6	144	Cada 03 años
							8	2.A.6.6	Mal ensamble de la bancada	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				2.A.7	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador IGV	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la válvula IGV. Ésta falla puede ocasionar que se cierre y no alimente aire. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	2.A.7.1	Falla del PLC	4	2	56	Cada 01 año
							7	2.A.7.2	Falso contacto del cable de señal	4	4	112	Cada 01 año
							7	2.A.7.3	Falla del mecanismo de apertura y cierre de los álabes	4	4	112	Cada 01 año
							7	2.A.7.4	Falla del pistón neumático	4	4	112	Cada 01 año
				2.A.8	Falla del tubo fuelle	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del tubo fuelle. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	5	2.A.8.1	Perforación excesiva del tubo	2	7	70	Cada 05 años
							5	2.A.8.2	Tubo tapado por materiales extraños dentro del tubo	4	7	140	Cada 01 año
				2.A.9	Falla de los tubos vitáuticos.	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los tubos vitáuticos. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	5	2.A.9.1	Rotura de acoples vitáuticos	4	7	140	Cada 01 año
				2.A.10	Falla de la toberas	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las toberas. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	2.A.10.1	Toberas tapadas con cobre	3	8	168	Cada 07 días
				2.A.11	Falla de las tapas de toberas	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las tapas de toberas. Ésta falla puede ocasionar que no se alimente aire, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	2.A.11.1	Rotura de lengüeta	9	8	504	Cada 03 días
							7	2.A.11.2	Desgaste del mecanismo	9	8	504	Cada 03 días
		2.B	Se alimenta aire con un flujo menor	2.B.1	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador IGV	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la válvula IGV. Ésta falla puede ocasionar que se alimente aire parcialmente, produciendo una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	2.B.2.1	Falla del PLC	5	2	70	Cada 09 meses
							7	2.B.2.2	Falso contacto del cable de señal	5	4	140	Cada 06 meses
							7	2.B.2.3	Mal cierre de los álabes	5	4	120	Cada 09 meses
				2.B.2	Falla de la tubería de transporte de aire	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la tubería de transporte. Ésta falla puede ocasionar una fuga en la tubería y que se alimente aire parcialmente. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	6	2.B.2.1	Fisura presente en la tubería	2	7	84	Cada 05 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.				
Rev. No: 03			SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				2.B.3	Falla de la junta rotatoria de entrada de aire	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la junta rotatoria. Ésta falla puede ocasionar que se alimente aire parcialmente. Se requiere 02 mecánicos para el cambio de empaque, con un tiempo de 02 horas. Se produce una pérdida de US\$5,540	6	2.B.3.1	Fuga de aire en en el empaque de la junta rotatoria	5	8	240	Cada 08 meses
				2.B.4	Falla del tubo fuelle	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del tubo fuelle. Ésta falla puede ocasionar una fuga de aire y que se alimente aire parcialmente. Se requiere de 02 mecánicos para la reparación del tubo, con un tiempo de 02 horas. Se produce una pérdida de US\$5,540	6	2.B.4.1	Perforación del tubo	2	8	96	Cada 04 años
				2.B.5	Falla de los tubos vitáulicos.	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de tubos vitáulicos. Ésta falla puede ocasionar el ingreso parcial de aire al baño de cobre. Se requiere de 02 mecánicos para la reparación de un tubo, con un tiempo de 0.5 horas. Se produce una pérdida de US\$1,385	6	2.B.5.1	Rotura de acoples vitáulicos	4	8	192	Cada 01 año
				2.B.6	Falla de la toberas.	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las toberas. Ésta falla puede ocasionar el ingreso parcial de aire al baño de cobre. Se requiere de 02 mecánicos para el cambio de tobera, con un tiempo de 0.5 horas. Se produce una pérdida de US\$1,385	6	2.B.6.1	Desgaste de tapas de toberas	9	8	432	Cada 03 días
3. SUBSISTEMA DE PUNZADO													
3	Mantener al baño de cobre entre una presión menor de 15 psi	3.A	No mantiene la presión metalostática del baño en el rango	3.A.1	No hay energía eléctrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía. No permite mantener la presión menor de 15 psi en el baño de cobre. El convertidor no realiza la conversión, el convertidor rola con las toberas hacia arriba y queda calentando con petróleo. Se produce pérdida operacional, con US\$ 2,770 por hora de parada.	10	3.A.1.1	No hay energía	4	10	400	

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				3.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico. No permite la el control sobre el carro de punzar. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema no mantenga la presión menor a 15 psi, por consiguiente, el convertidor rola con las toberas hacia arriba y queda calentando con petróleo. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	3.A.2.1	Circuito de control abierto	7	8	448	Cada 06 meses
							8	3.A.2.2	Falla del PLC	5	6	240	Cada 01 año
							8	3.A.2.3	Apertura de los interruptores interlock	8	6	384	Cada 02 semanas
							8	3.A.2.4	Falla del joystick de mando del carro	7	6	336	Cada 01 mes
							8	3.A.2.5	Falla el cable feston	6	7	336	Cada 06 meses
							8	3.A.2.6	Falla solenoide de la válvula de punzado	6	6	288	Cada 03 meses
							8	3.A.2.7	Falla de los pull cord del carro	8	6	384	Cada 02 semanas
				3.A.3	Falla del pistón neumático	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla el pistón neumático. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema no mantenga la presión menor a 15 psi, por consiguiente, el convertidor rola con las toberas hacia arriba y queda calentando con petróleo. Se requiere de 02 mecánicos para el cambio de pistón, con un tiempo de 0.5 horas. Se produce una pérdida de US\$1,385	8	3.A.3.1	Desgaste en los acoples rápidos de las mangueras	6	7	336	Cada 03 meses
							8	3.A.3.2	Desgaste de los sellos del pistón	4	7	224	Cada 09 meses
							8	3.A.3.3	Fuga de aire en la barra del pistón (rod piston)	4	7	224	Cada 09 meses
							8	3.A.3.4	Fisuramiento de la barra del pistón (rod piston)	2	7	112	Cada 04 años
							8	3.A.3.5	Rotura de las barras de ajuste del cilindro	2	7	112	Cada 04 años
				3.A.4	Falla del yugo del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla el yugo del carro. Ésta falla puede ocasionar que el pistón no funcione, por consiguiente, el convertidor rola con las toberas hacia arriba y queda calentando con petróleo. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	3.A.4.1	Desgaste de los sellos	4	7	224	Cada 09 meses
							8	3.A.4.3	Fisuramiento de las bocinas guías	4	7	224	Cada 01 año
							8	3.A.4.4	Fisuramiento del ojo buey	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				3.A.5	Falla de las guías laterales	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla las guías. Ésta falla puede ocasionar que el yugo no pueda trasladarse, por consiguiente, no se puede mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	3.A.5.1	Falta de lubricación	4	7	224	Cada 01 año
							8	3.A.5.2	Corrosión en la superficie	2	7	112	Cada 04 años
							8	3.A.5.3	Fisuramiento de las guías	2	7	112	Cada 05 años
							8	3.A.5.4	Falla de los soportes de las guías	4	7	224	Cada 01 años
				3.A.6	Falla de la válvula versa de punzado	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la válvula de punzado. Ésta falla puede ocasionar que no ingrese aire de servicio al pistón, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 0.5 horas para el cambio. Se produce una pérdida de US\$1,385	8	3.A.6.1	Presentan fuga por sellos gastados	5	6	240	Cada 06 meses
				3.A.7	Falla del portabarretas	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del portabarretas. Ésta falla puede ocasionar que falle las barretas por falta de consistencia, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 1 hora para el cambio. Se produce una pérdida de US\$2,770	8	3.A.7.1	Rotura de pernos de sujeción	4	7	224	Cada 01 año
							8	3.A.7.2	Fisuramiento la superficie	3	7	168	Cada 03 años
				3.A.8	Falla de las barretas de punzado	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las barretas. Ésta falla puede ocasionar que no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 01 operario con un tiempo de 10 min para el cambio. Se produce una pérdida de US\$462	7	3.A.8.1	Desgaste en la punta	8	9	504	Cada 07 días
							7	3.A.8.2	Rotura de barretas	7	8	392	Cada 02 semanas
							7	3.A.8.3	Barretas sucias con mate	8	8	448	Cada 07 días
							7	3.A.8.4	Mala operación	8	9	504	Cada 07 días
				3.A.9	Falla del servomotor	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del motor neumático. Ésta falla puede ocasionar que no se traslade el carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 macánicos con un tiempo de 1 hora para el cambio. Se produce una pérdida de US\$2,770	8	3.A.9.1	Falla la conexión eléctrica	4	5	160	Cada 09 meses
							8	3.A.9.2	Fisuramiento de la base del motor	3	7	168	Cada 03 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				3.A.10	Fallan de las chumaceras de apoyo del eje de traslación	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las chumaceras. Ésta falla puede ocasionar que no se transmita el movimiento entre el motor y el carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	3.A.10.1	Rodamientos amarrados	6	7	336	Cada 01 año
							8	3.A.10.2	Soltura de pernos	5	7	280	Cada 06 meses
							8	3.A.10.3	Falta de lubricación	5	7	280	Cada 02 meses
				3.A.11	Falla del sistema de transmisión	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del sistema de transmisión. Ésta falla puede ocasionar que no se transmita el movimiento entre el motor y el sistema de traslación del carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 macánicos con un tiempo de 1 hora para el cambio. Se produce una pérdida de US\$2,770	8	3.A.11.1	Rotura de la cadena de transmisión	3	7	168	Cada 01 año
							8	3.A.11.2	Soltura de pernos de ajuste del piñón	4	7	224	Cada 03 meses
							8	3.A.11.3	Rotura de dientes de los piñones de transmisión	2	7	112	Cada 05 años
							8	3.A.11.4	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				3.A.12	Falla del piñón de avance	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del piñón de avance. Ésta falla puede ocasionar que no se transmita el movimiento al carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770	8	3.A.12.1	Desalineamiento del piñón con la cremallera	5	6	240	Cada 04 meses
							8	3.A.12.2	Fisuramiento del piñón	3	7	168	Cada 03 años
				3.A.13	Falla de las ruedas de avance del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla las ruedas de avance. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 1 hora. Se produce una pérdida de US\$1,385	7	3.A.13.1	Desgaste excesivo	5	7	245	Cada 06 meses
							7	3.A.13.2	Rotura del pin de la rueda	5	7	245	Cada 06 meses
							7	3.A.13.3	Desalineamiento	5	7	245	Cada 06 meses
							7	3.A.13.4	Falta de lubricación	6	7	294	Cada 03 meses
				3.A.14	Falla de la estructura superior de soporte	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la estructura superior. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	3.A.14.1	Fisuramiento de estructuras	3	7	168	Cada 03 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
							8	3.A.14.2	Fisuramiento en la uniones soldadas	2	7	112	Cada 05 años
							8	3.A.14.3	Soltura de esparragos de union a la estructura inferior	6	7	336	Cada 06 meses
				3.A.15	Falla de la estructura inferior de soporte	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la estructura superior. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	3.A.15.1	Fisuramiento de estructuras	2	7	112	Cada 05 años
							8	3.A.15.2	Fisuramiento en la uniones soldadas	2	7	112	Cada 05 años
				3.A.16	Falla de los rieles de desplazamiento del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los rieles de desplazamiento. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	7	3.A.16.1	Fisuramiento del riel	3	7	147	Cada 05 años
							7	3.A.16.2	Deformación de la riel	4	7	196	Cada 03 año
							7	3.A.16.3	Rieles sucios con material recirculante	8	7	392	Cada 07 días
				3.A.17	Falla del riel guía del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los rieles guías. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	3.A.17.1	Fisuramiento del riel	3	7	168	Cada 05 años
							8	3.A.17.2	Deformación de la riel	4	7	224	Cada 03 año
							8	3.A.17.3	Rieles sucios con material recirculante	8	7	448	Cada 07 días
				3.A.18	Falla de la cremallera	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la cremallera. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	3.A.18.1	Fisuramiento del la cremallera	3	7	168	Cada 05 años
							8	3.A.18.2	Rotura de los dientes	3	7	168	Cada 03 años
							8	3.A.18.3	Rieles sucios con material recirculante	8	7	448	Cada 07 días
		3.B	Mantiene la presión metalostática del baño fuera del rango	3.B.1	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico. No permite el control total sobre el carro de punzar. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema no mantenga la presión menor a 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	3.A.2.1	Falla del joystick de mando del carro	5	8	280	Cada 06 meses
							7	3.A.2.3	Falla solenoide de la válvula de punzado	6	8	336	Cada 04 meses

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				3.B.2	Falla del pistón neumático	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla el pistón neumático. El pistón punza en forma parcial. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema no mantenga la presión menor a 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	6	3.A.2.1	Fuga de aire en los acoples de las mangueras	6	7	252	Cada 04 meses
							6	3.A.2.2	Desgaste de los sellos del pistón	6	7	252	Cada 04 meses
				3.B.3	Falla de las guías laterales	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla las guías. Ésta falla puede ocasionar que el yugo se traslade parcialmente, por consiguiente, no se puede mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	6	3.A.3.1	Falta de lubricación	6	7	252	Cada 03 meses
							6	3.A.3.2	Falla de los soportes de las guías	6	8	288	Cada 03 meses
				3.B.4	Falla del portabarretas	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del portabarretas. Ésta falla puede ocasionar que falle algunas de las barretas por falta de consistencia, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	6	3.A.4.1	Soltura de pernos de sujeción	5	8	240	Cada 06 meses
				3.B.5	Falla del servomotor	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del motor neumático. Ésta falla puede ocasionar que el carro se traslade en forma parcial, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 macánicos con un tiempo de 1 hora para el cambio. Se produce una pérdida de US\$2,770	6	3.A.5.1	Falla la conexión eléctrica	5	8	240	Cada 06 meses
							6	3.A.5.2	Soltura de los pernos de la base del motor	6	8	288	Cada 04 meses
				3.B.6	Fallan de las chumaceras de apoyo del eje de traslación	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de las chumaceras. Ésta falla puede ocasionar que no se transmita el movimiento entre el motor y el carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	6	3.A.6.1	Soltura de pernos	6	8	288	Cada 04 meses
							6	3.A.6.2	Falta de lubricación	6	7	252	Cada 03 meses

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				3.B.7	Falla del sistema de transmisión	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del sistema de transmisión. Ésta falla puede ocasionar que no se transmita el movimiento entre el motor y el sistema de traslación del carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 macánicos con un tiempo de 1 hora para el cambio. Se produce una pérdida de US\$2,770	6	3.A.7.1	Rotura de la cadena de transmisión	3	7	126	Cada 02 años
							6	3.A.7.2	Soltura de pernos de ajuste del sprocket	4	7	168	Cada 01 año
				3.B.8	Falla del piñón de avance	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del piñón de avance. Ésta falla puede ocasionar que no se transmita el movimiento al carro, por consiguiente, no se pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770	6	3.A.8.1	Desalineamiento del piñón con la cremallera	6	6	216	Cada 03 meses
				3.B.9	Falla de las ruedas de avance del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla las ruedas de avance. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 1 hora. Se produce una pérdida de US\$1,385	6	3.A.9.1	Desgaste de las ruedas	5	7	210	Cada 06 meses
							6	3.A.9.2	Desalineamiento	6	7	252	Cada 04 meses
							6	3.A.9.3	Falta de lubricación	7	7	294	Cada 01 mes
				3.B.10	Falla de las zapatas guías del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla las ruedas guías. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 0.5 horas. Se produce una pérdida de US\$1,385	5	3.A.10.1	Desgaste de las zapatas	5	7	175	Cada 06 meses
							5	3.A.10.2	Soltura de los pernos de ajuste	5	7	175	Cada 06 meses
				3.B.11	Falla de los rieles de desplazamiento del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los rieles guías. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	7	3.A.11.1	Deformación de la riel	4	7	196	Cada 01 año
							7	3.A.11.2	Rieles sucios con material recirculante	8	7	392	Cada 7 días

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				3.B.12	Falla del riel guía del carro	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los rieles guías. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	7	3.A.12.1	Deformación de la riel	4	7	196	Cada 01 año
							7	3.A.12.2	Rieles sucios con material recirculante	8	7	392	Cada 7 días
				3.B.13	Falla de la cremallera	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de la cremallera. Ésta falla puede ocasionar que no avance el carro, por consiguiente, no pueda mantener la presión menor de 15 psi. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	7	3.A.13.1	Rotura de los dientes	4	7	196	Cada 01 año
							7	3.A.13.2	Rieles sucios con material recirculante	7	7	343	Cada 7 días
4. SUBSISTEMA MOTRIZ													
4	Girar al convertidor a una velocidad de rotación de 0.08 RPM	4.A	No gira el convertidor.	4.A.1	No hay energía eléctrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía, no se puede girar el convertidor. El convertidor se mantiene en la posición inicial y no se produce la carga de mate o material frío ó la descarga de cobre blister. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada	10	4.A.1.1	No hay energía	4	10	400	
				4.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico, no permite que se transmita movimiento para girar el convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	4.A.2.1	Circuito de control abierto	3	2	48	Cada 02 años
							8	4.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.2.3	Fusibles de control quemados	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.2.4	Transformador de control quemado	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.2.5	Apertura del breaker de control	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.2.6	Falla banco de resistencias	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.2.7	Falla del PLC de control	3	7	168	Cada 03 años
							8	4.A.2.8	Falla del contactor reversible del motor	3	7	168	Cada 03 años
							8	4.A.2.9	Falla del contactor de aceleración del motor	3	7	168	Cada 03 años
							8	4.A.2.10	Actúa relé de sobrecarga del motor	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.2.11	Falla del master switch	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				4.A.3	Falla del motor eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del motor eléctrico, no permite que el motor transmita el movimiento para girar el convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	8	4.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	4	2	64	Cada 01 año
							8	4.A.3.2	Desgaste excesivo de las escobillas	4	7	224	Cada 04 meses
							8	4.A.3.3	Falla de rodamientos	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.3.4	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.4	Falla del acoplamiento	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del del acoplamiento, no permite que el motor transmita el movimiento al reductor de velocidad. Se requiere 02 mecánicos con un tiempo de 04 horas para el cambio de acoplamiento. Se produce una pérdida de US\$11,080	8	4.A.4.1	Rotura de pernos	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.4.2	Rotura de la chaveta	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.5	Falla del reductor principal	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del reductor, no permite que se transmita el movimiento al convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.5.4	Falla por fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
							8	4.A.5.5	Mal ensamble del reductor	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.6	Falla de la caja de engranajes	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla de la caja de engranajes, no permite que se transmita el movimiento al convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.6.1	Fuga excesiva de aceite	3	7	168	Cada 02 años
							8	4.A.6.2	Rotura del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.6.3	Falla por dientes de piñones rotos	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.7	Falla del eje intermedio	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del eje intermedio, no permite que se transmita el movimiento al convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.7.1	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.8	Falla del acoplamiento rígido	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del acoplamiento, no permite que se transmita el movimiento al convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.8.1	Rotura de pernos	2	7	112	Cada 05 años
							8		Rotura de chaveta	2	7	112	Cada 05 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nª Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				4.A.9	Falla del eje principal	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del eje intermedio, no permite que se transmita el movimiento al convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.9.1	Fisuramiento	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.9.2	Fisura de la chaveta	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.10	Falla del piñón de la transmisión	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del piñón, no permite que se transmita el movimiento a la cremallera del convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.10.1	Rotura de los dientes	2	7	112	Cada 05 años
							8	4.A.10.2	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.11	Falla de la chumacera del eje principal	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla las chumaceras de apoyo, no permite que se apoye el eje, por ende, transmitir el movimiento a la cremallera del convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.11.1	Rotura de pernos de sujeción	3	7	168	Cada 04 años
							8	4.A.11.2	Falta de lubricación	4	7	224	Cada 01 año
				4.A.12	Falla de la cremallera del convertidor	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla la cremallera, no permite que el movimiento sea transmitido al convertidor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	4.A.12.1	Rotura de los dientes	2	7	112	Cada 05 años
				4.A.13	Falla del freno electrohidráulico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del freno electrohidráulico, no permite que el motor gire y transmita el movimiento para girar el convertidor. Se produce pérdida de US\$2,770 de hora de parada.	8	4.A.13.1	Falla del tambor	4	7	224	Cada 02 años
							8	4.A.13.2	Falla del pistón hidráulico	4	7	224	Cada 02 años
							8	4.A.13.3	Desgaste excesivo de las zapatas	4	7	224	Cada 01 año
							8	4.A.13.4	Terminales en mal estado	4	5	160	Cada 01 año
		4.B	Girar a una velocidad menor	4.B.1	Falla del control eléctrico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del control eléctrico, el movimiento se produce a una velocidad menor. Se produce una pérdida de US\$2,770 por hora de parada	7	4.B.1.1	Falla del contactor de aceleración	3	7	147	Cada 02 años
				4.B.2	Falla del freno electrohidráulico	Evidente: No. Descripción del efecto: Falla del freno electrohidráulico, no permite que el motor gire libremente, provocando un giro a una velocidad menor. Se produce pérdida de US\$2,770 de hora de parada.	7	4.B.2.1	Falla del tambor	4	7	196	Cada 01 año
							7	4.B.2.2	Desgaste de los sellos del piston hidráulico	4	7	196	Cada 01 año
							7	4.B.2.3	Desgaste de las zapatas	4	7	196	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA		SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03		SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004		Nª Reuniones: 08	
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
5. SUBSISTEMA DE ROLADO													
5	Proteger al convertidor para cumplir su función de conversión en caso de corte de energía.	5.A	No protege al convertidor	5.A.1	Falla de la válvula de 04 vías	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la válvula de 04 vías, no permite rolar al convertidor para proteger las toberas del convertidor. Se requiere de 04 mecánicos para el cambio de toberas, con un tiempo de 12 horas. Se produce una pérdida de US\$33,240	8	5.A.1.1	Mala conexión de la entrada de aire	4	9	288	Cada 01 año
							8	5.A.1.2	Falla del mecanismo de apertura	4	9	288	Cada 03 años
				5.A.2	Falla del motor neumático	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla el motor neumático, no permite dar el movimiento para rolar al convertidor para proteger las toberas. Se requiere de 04 mecánicos para el cambio de toberas, con un tiempo de 12 horas. Se produce una pérdida de US\$33,240	8	5.A.2.1	Fuga de aire en los pistones	4	8	256	Cada 01 año
							8	5.A.2.2	Rotura de los dientes de transmisión	3	8	192	Cada 02 años
							8	5.A.2.3	Fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año
				5.A.3	Falla de la caja de engranajes del reductor del motor neumático	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla los engranajes, no permite transmitir el torque necesario para rolar al convertidor para proteger las toberas. Se requiere de 04 mecánicos para el cambio de toberas, con un tiempo de 12 horas. Se produce una pérdida de US\$33,240	8	5.A.3.1	Rotura de dientes de los engranajes	3	7	168	Cada 03 años
							8	5.A.3.2	Falla por fuga de aceite	4	7	224	Cada 01 año
				5.A.4	Falla del eje de transmisión	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del eje, no permite transmitir el torque necesario para rolar al convertidor para proteger las toberas. Se requiere de 04 mecánicos para el cambio de toberas, con un tiempo de 12 horas. Se produce una pérdida de US\$33,240	8	5.A.4.1	Fisuramiento	3	7	168	Cada 04 años
				5.A.5	Falla de las chumaceras de apoyo del eje del motor neumático	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla las chumaceras, no permite soportar el eje, no pudiendo transmitir el torque necesario para rolar al convertidor para proteger las toberas. Se requiere de 04 mecánicos para el cambio de toberas, con un tiempo de 12 horas. Se produce una pérdida de US\$33,240	8	5.A.5.1	Rodamientos amarrdos	3	8	192	Cada 02 años
							8	5.A.5.2	Fisuramiento de las chumaceras	3	8	192	Cada 02 años
							8	5.A.5.3	Rotura de pernos de ajuste	4	8	256	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				5.A.6	Falla del embrague neumático	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla el embrague, no permite transmitir el torque necesario al motor para rolar al convertidor para proteger las toberas. Se requiere de 04 mecánicos para el cambio de toberas, con un tiempo de 12 horas. Se produce una pérdida de US\$33,240	8	5.A.6.1	Falla del sello giratorio	3	8	192	Cada 02 años
							8	5.A.6.2	Falla del disco	3	8	192	Cada 02 años
6. SUBSISTEMA DE ESTRUCTURAS													
6	Dar el soporte estructural necesario para fundir mate y producir cobre blister.	5.A	No da soporte estructural	6.A.1	Falla de la carcaza del convertidor	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la carcaza, no permite que el convertidor de el soporte total para la conversión de cobre. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	6.A.1.1	Perforación del casco del convertidor	4	6	192	Cada 90 meses
							8	6.A.1.2	Perforación en la plancha soporte de la línea de toberas	3	6	144	Cada 02 años
				6.A.2	Falla de las tapas del convertidor	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la tapa lado transmisión, no permite que el convertidor de el soporte total para la conversión de cobre. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	8	6.A.2.1	Perforación de la tapa	3	6	144	Cada 03 años
		6.B	Da soporte estructural parcialmente	6.B.1	Falla de la tapas del convertidor	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la tapa lado transmisión, permite que el convertidor de el soporte parcial para la conversión de cobre. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	6	6.B.1.1	Soltura de pernos de ajuste de la tapa	4	7	168	Cada 01 año
							6	6.B.1.2	Rotura de resortes de la tapa	4	7	168	Cada 01 año
							6	6.B.1.3	Fisuramiento de las vigas de apoyo de la tapa	3	7	126	Cada 04 años
				6.B.2	Falla de las pistas de deslizamiento	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la pista de deslizamiento lado transmisión, permite que el convertidor de el soporte parcial para la conversión de cobre. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	6.B.2.1	Fisuramiento de la superficie	3	7	147	Cada 04 años
							7	6.B.2.2	Desgaste por eroción de la superficie	3	7	147	Cada 02 años
							7	6.B.2.3	Desgaste por pitting de la superficie	3	7	147	Cada 02 años
							7	6.B.2.4	Desgaste por contacto con los rodillos	3	7	147	Cada 02 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA		SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03		SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004		Nº Reuniones: 08	
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
7. SUBSISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES													
8	Evacuar los gases del convertidor	8.A	Evacúa parcialmente los gases del convertidor.	8.A.1	Falla del ducto de colección	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla del ducto de colección. Se evacúa parcialmente los gases del convertidor. Se requiere 02 mecánicos para la reparación del ducto. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	6	8.A.1.1	Perforación de planchas del ducto	3	9	162	Cada 03 años
							6	8.A.1.2	Fisuramiento de la uniones soldadas	3	9	162	Cada 02 años
							6	8.A.1.3	Desgaste de los sellos de la compuerta de hombre	3	9	162	Cada 02 años
							6	8.A.1.4	Desgaste del empaque entre la chimenea y el ducto de colección	3	9	162	Cada 03 años
				8.A.2	Falla de los planchones inferiores de la chimenea	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla de los planchones inferiores. Existe fugas de gases en la zona de trabajo. Se requiere 02 mecánicos para la reparación de planchones. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	8.A.2.1	Rotura de pernos de ajuste de planchones	4	8	224	Cada 01 año
							7	8.A.2.2	Rajadura de planchones inferiores	4	8	224	Cada 01 año
				8.A.3	Falla de la compuerta de la chimenea	Evidente: Si. Descripción del efecto: Falla la compuerta de la chimenea. No se evacúa completamente los gases y afecta la zona de trabajo. Se produce pérdida de US\$2,770 por hora de parada.	7	8.A.3.1	Falla el control eléctrico del motor de la compuerta.	4	4	112	Cada 01 año
							7	8.A.3.2	Falla del motor de izamiento de la compuerta	4	4	112	Cada 01 año
							7	8.A.3.3	Falla el reductor de velocidad	4	8	224	Cada 01 año
							7	8.A.3.4	Falla el tambor de enrollamiento	3	8	168	Cada 03 años
							7	8.A.3.5	Fallan los cables de izamiento	4	8	224	Cada 03 años
							7	8.A.3.6	Falla las ruedas de la compuerta	4	8	224	Cada 01 año
							7	8.A.3.7	Fallan las poleas de izamiento	3	8	168	Cada 03 años
							7	8.A.3.8	Fallan los rieles de traslación	3	8	168	Cada 03 años
				8.A.4	Falla del mandil de contrapeso.	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla del mandil, no permite la descarga del material acumulado que cae de la chimenea, provocando la caída de formación solida al convertidor. No se se produce pérdida operacional. Afecta la seguridad	6	8.A.4.1	Rajadura de la plancha de soporte	4	8	192	Cada 01 año
							6	8.A.4.2	Rotura de pesas del mandil	3	8	144	Cada 03 años

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO						Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08				
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
				8.A.5	Falla del tobogan de material	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla del tobogán , no permite acumular el material acumulado que cae de la chimenea en el pasadizo de grúas, provoca la caída al pasadizo peatonal lado oeste del convertidor. No se produce pérdida operacional. Afecta la seguridad	7	8.A.5.1	Perforación en la plancha de soporte	3	8	168	Cada 02 años
							7	8.A.5.2	Pandeo de columna de soorte de plancha del tobogan	3	8	168	Cada 03 años
9	Colectar polvo de los gases	9.A	No colecta polvo de los gases de la chimenea	9.A.1	No hay energía eléctrica	Evidente: Si, Descripción del efecto: No hay energía, no se puede colectar el polvo de los gases del convertidor, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena de arrastre. No se produce pérdida operacional	10	9.A.1.1	No hay energía	4	10	400	
				9.A.2	Falla del control eléctrico	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla el control eléctrico, no se puede colectar el polvo de los gases del convertidor, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena de arrastre. No se produce pérdida operacional	8	9.A.1.2	Circuito de control abierto	4	7	224	Cada 01 año
							8	9.A.1.3	Actúa relé de sobrecarga	4	7	224	Cada 01 año
							8	9.A.1.4	Fusibles de control quemados	4	7	224	Cada 01 año
							8	9.A.1.5	Transformador de control quemado	4	7	224	Cada 01 año
							8	9.A.1.6	Apertura del braker de control	4	7	224	Cada 01 año
							8	9.A.1.7	Actúa relé de sobrecarga del motor	4	7	224	Cada 01 año
				9.A.3	Falla del motor eléctrico.	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla el motor eléctrico, no permite el movimiento de la cadena de arrastre, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena de arrastre. No se produce pérdida operacional	8	9.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	3	9	216	Cada 02 años
							8	9.A.3.2	Falla de rodamientos	3	7	168	Cada 02 años
							8	9.A.3.3	Fisuramiento del eje	2	7	112	Cada 05 años
				9.A.4	Falla del reductor de velocidad	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla el reductor de velocidad, no permite el movimiento de la cadena de arrastre, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena de arrastre. No se produce pérdida operacional	8	9.A.4.1	Falla por rodamientos amarrados	3	7	168	Cada 02 años
							8	9.A.4.2	Falla por dientes de piñones rotos	2	7	112	Cada 05 años
							8	9.A.4.3	Fisuramiento del eje principal	2	7	112	Cada 05 años
							8	9.A.4.4	Falla por fuga excesiva de aceite	4	7	224	Cada 01 año

TABLA 4.9 Analisis de Modos y Efectos de Fallas FMEA

Paso No 3: Analisis de Modos y Efectos de Fallas - FMEA		SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.				
Rev. No: 03		SUBSISTEMAS PRINCIPALES: ALIMENTACION DE AIRE, ALIMENTACION DE SILICA, PUNZADO							Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004		Nª Reuniones: 08
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	NS	#	Causa Portencial	NO	ND	RPN	Frecuencia de ocurrencia del modo del falla
							8	9.A.4.5	Mal ensamble del reductor	3	7	168	Cada 02 años
				9.A.5	Falla del sistema de transmisión	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla el sistema de transmisión, no permite el movimiento de la cadena de arrastre, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena de arrastre. No se produce pérdida operacional	8	9.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	4	7	224	Cada 01 año
							8	9.A.5.2	Rotura de la polea de transmisión	3	7	168	Cada 04 años
				9.A.6	Falla de la cadena de arrastre.	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla la cadena de arrastre, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena. No se produce pérdida operacional	8	9.A.6.1	Rotura de eslabones de la cadena	4	7	224	Cada 01 año
							8	8.A.6.2	Rotura de eje motriz	3	7	168	Cada 03 años
							8	8.A.6.3	Rotura del templador de cadena	3	7	168	Cada 03 años
							8	8.A.6.4	Rotura del eje de cola	3	7	168	Cada 03 años
							8	8.A.6.5	Rotura del tambor de tracción	3	7	168	Cada 03 años
		9.B	Colecta parcialmente el polvo de los gases de la chimenea	9.B.1	Falla de la cadena de arrastre.	Evidente: Si, Descripción del efecto: Falla la cadena de arrastre, provoca la aglomeración de material en el cajón de la cadena. No se produce pérdida operacional	7	9.B.1.1	Rotura parcial de eslabones	5	7	245	Cada 06 meses
							7	9.B.1.2	Desgaste de los eslabones	5	8	280	Cada 06 meses
							7	9.B.1.3	Rotura de ejes soportes de cadena	3	7	147	Cada 02 años
							7	9.B.1.4	Falla de las bocinas de ejes de soporte	5	7	245	Cada 06 meses
							7	9.B.1.5	Rotura de mangas para fugas, parte superior	5	7	245	Cada 06 meses
							7	9.B.1.6	Fisuramiento de las uniones soldadas del cajón	4	8	224	Cada 01 año
							7	9.B.1.7	Desgaste de las planchas del cajón	4	8	224	Cada 01 año

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
1.A.1	No hay energía eléctrica	10	1.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
1.A.2	Falla del control eléctrico	8	1.A.2.1	Circuito de control abierto de la faja transportadora	Circuito de control de faja transportadora - Alimentación de sílica	3	8	24	192	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.2	Circuito de control abierto del alimentador vibratorio	Circuito de control del alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	3	8	24	192	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.3	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	1.A.2.4	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Alimentación de sílica	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.5	Transformador de control quemado	Transformador de control - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.6	Apertura del breaker de control	Breaker de control - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.7	Falla del contactor del motor	Contactador de motor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	1.A.2.8	Apertura del breaker de fuerza del motor	Breaker de fuerza de motor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	1.A.2.9	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga de motor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.10	Apertura del breaker del alimentador vibratorio	Breaker de control del alimentador - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	1.A.2.11	Fusibles de control quemados del alimentador vibratorio	Fusibles de control del alimentador - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.12	Transformador de control quemado del alimentador vibratorio	Transformador de control del alimentador - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.13	Falla del pull cord de seguridad de la faja transportadora	Pull cord de faja - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste y prueba del pull cord	Cada 06 meses	Electricistas		
1.A.3	Falla del alimentador vibratorio	8	1.A.3.1	Bobina interna quemada	Alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	3	8	24	192	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 02 años	Instrumentistas		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Árbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
Rev. No: 03			DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004		
										Fecha de culminación:	16/12/2004		
										Nº Reuniones:	08		
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	1.A.3.2	Rotura de los cables de soporte	Alimentador vibratorio - alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
1.A.4	Falla del motor eléctrico de la faja transportadora	8	1.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico - Alimentación de sílica	4	9	32	288	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas
		8	1.A.4.2	Falla de rodamientos	Motor eléctrico - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	1.A.4.3	Fisuramiento de eje	Motor eléctrico - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 1 año	Inspectores
1.A.5	Falla del sistema de transmisión	8	1.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	Transmisión - Alimentación de sílica	5	7	40	280	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	1.A.5.2	Desgaste excesivo de los canales de la polea	Transmisión - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición de canales	Cada 02 año	Mecánicos
1.A.6	Falla del reductor de velocidad	8	1.A.6.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	1) Reacondicionamiento cíclico 2) Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos
		8	1.A.6.2	Dientes de piñones rotos	Reductor - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección con líquidos penetrantes	Cada 01 año	Inspectores
		8	1.A.6.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	1.A.6.4	Fuga excesiva de aceite	Reductor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador
		8	1.A.6.5	Mal ensamble del reductor	Reductor - Alimentación de sílica	3	7	24	168		ACR al procedimiento		Mecánicos
1.A.7	Falla de la faja transportadora	8	1.A.7.1	Rotura total de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	1.A.7.2	Faja excesivamente descentrada	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Centrado de faja	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	1.A.7.3	Fisuramiento del eje tambor de mando	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.4	Fisuramiento del tambor de mando	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.5	Fisuramiento del eje tambor de cola	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.6	Fisuramiento del tambor de cola	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
		8	1.A.7.7	Rotura del templador de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Operador
		8	1.A.7.8	Perforación excesiva del chute de descarga	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Operador

TABLA 4.10 Evaluación y Seleccion de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
1.B.1	Falla de la tolva de almacenamiento	6	1.B.1.1	Perforación de planchas de la tolva	Tolva - Alimentación de silica	3	7	18	126	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 02 años	Inspectores		
1.B.2	Falla del alimentador vibratorio	6	1.B.2.1	Descalibración del air gap	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	5	6	30	180	Tarea a condición	Medición del air gap	Cada 06 meses	Instrumentistas		
		6	1.B.2.2	Falla de los resortes de sujección	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	1.B.2.3	Perforación de la plancha inferior de la base	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	3	7	18	126	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis con ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Y 2) Inspectores		
1.B.3	Falla de la faja transportadora	6	1.B.3.1	Rotura parcial de la faja	Faja transportadora - Alimentación de silica	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	1.B.3.2	Desalineamiento de faja	Faja transportadora - Alimentación de silica	4	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Centrado de faja	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	1.B.3.3	Falla de los polines de carga	Faja transportadora - Alimentación de silica	5	6	30	180	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	1.B.3.4	Soltura del templador de la faja	Faja transportadora - Alimentación de silica	4	6	24	144	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste del templador	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	1.B.3.5	Desgaste de los laterales de la faja	Faja transportadora - Alimentación de silica	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	1.B.3.6	Perforación del chute de descarga	Faja transportadora - Alimentación de silica	5	7	30	210	Reacondicionamiento ciclico	Reparación de planchas	Cada 06 meses	Mecánicos		
1.C.1	Falla del alimentador vibratorio	6	1.C.1.1	Descalibración del air gap	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	5	6	30	180	Tarea a condición	Medición del air gap	Cada 06 meses	Instrumentistas		
		6	1.C.1.2	Falla de los resortes de sujección	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
2.A.1	No hay energía electrica	10	2.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
2.A.2	Falla del control eléctrico	8	2.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Alimentación de aire	4	8	32	256	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	2.A.2.2	Actua relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Alimentación de aire	4	7	32	224	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	2.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Alimentación de aire	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Árbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	2.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Alimentación de aire	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
2.A.3	Falla del equipo de lubricación del motor	7	2.A.3.1	Baja presión de aceite	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	3	4	21	84	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 06 mese	Inspectores		
		7	2.A.3.2	Alta temperatura de aceite	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	3	4	21	84	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 06 mese	Inspectores		
2.A.4	Falla del motor eléctrico del soplador	8	2.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	Motor - Alimentación de aire	4	2	32	64	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	2.A.4.2	Falla de rodamientos	Motor - Alimentación de aire	3	2	24	48	Reacondicionamiento ciclico	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	2.A.4.3	Fisuramiento del eje.	Motor - Alimentación de aire	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 01 año	Inspectores		
2.A.5	Falla del incrementador de velocidad	8	2.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	4	16	64	1) Reacondicionamiento ciclico 2) Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos		
		8	2.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	Inspección con líquidos penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
		8	2.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	2.A.5.4	Fuga excesiva de aceite	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	2.A.5.5	Mal ensamble del incrementador	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	7	16	112		ACR al procedimiento		Mecánicos		
2.A.6	Falla del soplador	8	2.A.6.1	Álabes rotos	Soplador - Alimentación de aire	2	8	16	128	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis de tintes penetrantes	1) Cada 06 meses 2) Cada 02 años	1) y 2) Inspectores		
		8	2.A.6.2	Falla del equipo de lubricación	Soplador - Alimentación de aire	3	4	24	96	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 07 días	Lubricadores		
		8	2.A.6.3	Falla del rodamiento de empuje	Soplador - Alimentación de aire	3	5	24	120	Tarea a condición	Análisis de estado de rodamientos	Cada 01 año	Mecánicos		
		8	2.A.6.4	Fisuramiento del eje	Soplador - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	2.A.6.5	Fisuramiento de la voluta	Soplador - Alimentación de aire	3	6	24	144	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis de tintes penetrantes	1) Cada 06 meses 2) Cada 02 años	1) y 2) Inspectores		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004		
										Fecha de culminación:	16/12/2004		
										Nº Reuniones:	08		
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	2.A.6.6	Mal ensamble de la bancada	Soplador - Alimentación de aire	4	7	32	224		ACR al procedimiento		Mecánicos
2.A.7	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador IGV	7	2.A.7.1	Falla del PLC	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	2	28	56	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas e Instrumentistas
		7	2.A.7.2	Falso contacto del cable de señal	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas
		7	2.A.7.3	Falla del mecanismo de apertura y cierre de los álabes	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos
		7	2.A.7.4	Falla del pistón neumático	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos
2.A.8	Falla del tubo fuelle	5	2.A.8.1	Perforación excesiva del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	2	7	10	70	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		5	2.A.8.2	Tubo tapado por materiales extraños dentro del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	4	7	20	140	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza de tubo	Cada 06 meses	Mecánicos
2.A.9	Falla de los tubos vitáulicos.	5	2.A.9.1	Rotura de acoples vitáulicos	Tubos vitaulicos - Alimentación de aire	4	7	20	140	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
2.A.10	Falla de la toberas	7	2.A.10.1	Toberas tapadas con cobre	Toberas - Alimentación de aire	3	8	21	168	Rediseño			Ingeniería de Planta
2.A.11	Falla de las tapas de toberas	7	2.A.11.1	Rotura de lengüeta	Tapas de toberas - Alimentación de aire	9	8	63	504	Rediseño			Ingeniería de Planta
		7	2.A.11.2	Desgaste del mecanismo	Tapas de toberas - Alimentación de aire	9	8	63	504	Rediseño			Ingeniería de Planta
2.B.1	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador IGV	7	2.B.1.1	Falla del PLC	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	2	35	70	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas e Instrumentistas
		7	2.B.1.2	Falso contacto del cable de señal	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	4	35	140	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas
		7	2.B.1.3	Mal cierre de los álabes	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	4	35	120	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos
2.B.2	Falla de la tubería de transporte de aire	6	2.B.2.1	Fisura presente en la tubería	Tubería de aire - Alimentación de aire	2	7	12	84	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores
2.B.3	Falla de la junta rotatoria de entrada de aire	6	2.B.3.1	Fuga de aire en en el empaque de la junta rotatoria	Junta rotatoria - Alimentación de aire	5	8	30	240	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
2.B.4	Falla del tubo fuelle	6	2.B.4.1	Perforación del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	2	8	12	96	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
2.B.5	Falla de los tubos vitáulicos.	6	2.B.5.1	Rotura de acoples vitáulicos	Tubos vitaulicos - Alimentación de aire	4	8	24	192	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
2.B.6	Falla de la toberas.	6	2.B.6.1	Desgaste de tapas de toberas	Toberas - Alimentación de aire	9	8	54	432	Rediseño			Ingeniería de Planta		
3.A.1	No hay energía eléctrica	10	3.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
3.A.2	Falla del control eléctrico	8	3.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Subsistema de punzado	7	8	56	448	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	3.A.2.2	Falla del PLC	PLC - Subsistema de punzado	5	6	40	240	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.2.3	Apertura de los interruptores interlock	Interruptores interlock - Subsistema de punzado	8	6	64	384	No realizar mantenimiento programado	Cierre de bloqueos		Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.2.4	Falla del joystick de mando del carro	Jostick de mando - Subsistema de Punzado	7	6	56	336	Tarea a condición	Inspección	Cada 07 días	Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.2.5	Falla el cable feston	Cable feston - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.2.6	Falla solenoide de la válvula de punzado	Válvula de punzado - Subsistema de punzado	6	6	48	288	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.2.7	Falla de los pull cord del carro	Pull cord - Subsistema de punzado	8	6	64	384	Tarea a condición	Cambio	Cada 07 días	Electricistas Instrumentistas		
3.A.3	Falla del pistón neumático	8	3.A.3.1	Desgaste en los acoples rápidos de las mangueras	Pistón neumático - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.2	Desgaste de los sellos del pistón	Pistón neumático - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.3	Fuga de aire en la barra del pistón (rod piston)	Pistón neumático - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.4	Fisuramiento de la barra del pistón (rod piston)	Pistón neumático - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.5	Rotura de las barras de ajuste del cilindro	Pistón neumático - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Rediseño			Ingeniería de Planta		
3.A.4	Falla del yugo del carro	8	3.A.4.1	Desgaste de los sellos	Yugo - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.4.2	Fisuramiento de las bocinas guías	Yugo - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.4.3	Fisuramiento del ojo buey	Yugo - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.A.5	Falla de las guías laterales	8	3.A.5.1	Falta de lubricación	Guías laterales - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de guías	Cada 07 días	Lubricadores		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004		
										Fecha de culminación:	16/12/2004		
										Nº Reuniones:	08		
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	3.A.5.2	Corrosión en la superficie	Guías laterales - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	3.A.5.3	Fisuramiento de las guías	Guías laterales - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	3.A.5.4	Falla de los soportes de las guías	Guías laterales - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
3.A.6	Falla de la válvula versa de punzado	8	3.A.6.1	Presentan fuga por sellos gastados	Valvula versa punzado - Subsistema de punzado	5	6	40	240	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
3.A.7	Falla del portabarretas	8	3.A.7.1	Rotura de pernos de sujección	Portabarretas - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	3.A.7.2	Fisuramiento la superficie	Portabarretas - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 01 año	Mecánicos
3.A.8	Falla de las barretas de punzado	7	3.A.8.1	Desgaste en la punta	Barretas - Subsistema de punzado	8	9	56	504	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador
		7	3.A.8.2	Rotura de barretas	Barretas - Subsistema de punzado	7	8	49	392	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador
		7	3.A.8.3	Barretas sucias con mate	Barretas - Subsistema de punzado	8	8	56	448	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador
		7	3.A.8.4	Mala operación	Barretas - Subsistema de punzado	8	9	56	504	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador
3.A.9	Falla del servomotor	8	3.A.9.1	Falla la conexión eléctrica	Servomotor - Subsistema de punzado	4	5	32	160	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas
		8	3.A.9.2	Fisuramiento de la base del motor	Servomotor - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección	Cada 01 año	Inspectores
3.A.10	Fallan de las chumaceras de apoyo del eje de traslación	8	3.A.10.1	Rodamientos amarrados	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 01 año	Mecánicos
		8	3.A.10.2	Soltura de pernos	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	5	7	40	280	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 mes	Mecánicos
		8	3.A.10.3	Falta de lubricación	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	5	7	40	280	Reacondicionamiento ciclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores
3.A.11	Falla del sistema de transmisión	8	3.A.11.1	Rotura de la cadena de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	3.A.11.2	Soltura de pernos de ajuste del piñón de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	3.A.11.3	Rotura de dientes de los piñones de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.11.4	Fisuramiento del eje	Transmisión - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
3.A.12	Falla del piñón de avance	8	3.A.12.1	Desalineamiento del piñón con la cremallera	Piñón - Subsistema de punzado	5	6	40	240	Reacondicionamiento cíclico	Alineamiento de piñón de avance	Cada 03 meses	Mecánicos		
		8	3.A.12.2	Fisuramiento del piñón	Piñón - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
3.A.13	Falla de las ruedas de avance del carro	7	3.A.13.1	Desgaste excesivo	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	35	245	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		7	3.A.13.2	Rotura del pin de la rueda	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	35	245	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		7	3.A.13.3	Desalineamiento	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	35	245	Reacondicionamiento cíclico	Alineamiento de rueda de avance	Cada 03 meses	Mecánicos		
		7	3.A.13.4	Falta de lubricación	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	6	7	42	294	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores		
3.A.14	Falla de la estructura superior de soporte	8	3.A.14.1	Fisuramiento de estructuras	Estructura superior - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.14.2	Fisuramiento en la uniones soldadas	Estructura superior - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.14.3	Soltura de esparragos de union a la estructura inferior	Estructura superior - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste de pernos	Cada 03 mese	Mecánicos		
3.A.15	Falla de la estructura inferior de soporte	8	3.A.15.1	Fisuramiento de estructuras	Estructura inferior - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.15.2	Fisuramiento en la uniones soldadas	Estructura inferior - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
3.A.16	Falla de los rieles de desplazamiento del carro	7	3.A.16.1	Fisuramiento del riel	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	3	7	21	147	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		7	3.A.16.2	Deformación de la riel	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		7	3.A.16.3	Rieles sucios con material recirculante	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	8	7	56	392	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
3.A.17	Falla del riel guía del carro	8	3.A.17.1	Fisuramiento del riel	Riel guía - Subsistema de punzado	3	7	24	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		8	3.A.17.2	Deformación de la riel	Riel guía - Subsistema de punzado	4	7	32	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		8	3.A.17.3	Rieles sucios con material recirculante	Riel guía - Subsistema de punzado	8	7	64	448	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
3.A.18	Falla de la cremallera	8	3.A.18.1	Fisuramiento del la cremallera	Cremallera - Subsistema de punzado	3	7	24	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		8	3.A.18.2	Rotura de los dientes	Cremallera - Subsistema de punzado	3	7	24	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		8	3.A.18.3	Rieles sucios con material recirculante	Cremallera - Subsistema de punzado	8	7	64	448	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
3.B.1	Falla del control eléctrico	7	3.B.1.1	Falla del joystick de mando del carro	Jostick de mando - Subsistema de Punzado	5	8	35	280	Tarea a condición	Inspección	Cada 07 días	Electricistas Instrumentistas		
		7	3.B.1.2	Falla solenoide de la válvula de punzado	Válvula de punzado - Subsistema de punzado	6	8	42	336	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas Instrumentistas		
3.B.2	Falla del pistón neumático	6	3.B.2.1	Fuga de aire en los acoples de las mangueras	Pistón neumático - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		6	3.B.2.2	Desgaste de los sellos del pistón	Pistón neumático - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Rediseño			Ingeniería de Planta		
3.B.3	Falla de las guías laterales	6	3.B.3.1	Falta de lubricación	Guías laterales - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de guías	Cada 07 días	Lubricadores		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		6	3.B.3.2	Falla de los soportes de las guías	Guías laterales - Subsistema de punzado	6	8	36	288	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.B.4	Falla del portabarretas	6	3.B.4.1	Soltura de pernos de sujección	Portabarretas - Subsistema de punzado	5	8	30	240	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		
3.B.5	Falla del servomotor	6	3.B.5.1	Falla la conexión eléctrica	Servomotor - Subsistema de punzado	5	8	30	240	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
		6	3.B.5.2	Soltura de los pernos de la base del motor	Servomotor - Subsistema de punzado	6	8	36	288	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		
3.B.6	Fallan de las chumaceras de apoyo del eje de traslación	6	3.B.6.1	Soltura de pernos	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	6	8	36	288	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 mes	Mecánicos		
		6	3.B.6.2	Falta de lubricación	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Reacondicionamiento ciclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores		
3.B.7	Falla del sistema de transmisión	6	3.B.7.1	Rotura de la cadena de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	3	7	18	126	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	3.B.7.2	Soltura de pernos de ajuste del sprocket	Transmisión - Subsistema de punzado	4	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		
3.B.8	Falla del piñón de avance	6	3.B.8.1	Desalineamiento del piñón con la cremallera	Piñón - Subsistema de punzado	6	6	36	216	Reacondicionamiento ciclico	Alineamiento de piñón de avance	Cada 03 meses	Mecánicos		
3.B.9	Falla de las ruedas de avance del carro	6	3.B.9.1	Desgaste de las ruedas	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	30	210	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	3.B.9.2	Desalineamiento	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	6	7	36	252	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	3.B.9.3	Falta de lubricación	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	7	7	42	294	Reacondicionamiento ciclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores		
3.B.10	Falla de las zapatas guías del carro	5	3.B.10.1	Desgaste de las zapatas	Zapatas guias - Subsistema de punzado	5	7	25	175	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 01 mes 2) Cada 06 meses	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		5	3.B.10.2	Soltura de los pernos de ajuste	Zapatas guias - Subsistema de punzado	5	7	25	175	1) Tarea a condición 2) Reacondicionamiento ciclico	1) Inspección 2) Ajuste de pernos	1) Cada 01 mes 2) Cada 03 meses	1) Inspectores 2) Mecánicos		
3.B.11	Falla de los rieles de desplazamiento del carro	7	3.B.11.1	Deformación de la riel	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		7	3.B.11.2	Rieles sucios con material recirculante	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	8	7	56	392	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
Rev. No: 03			DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
3.B.12	Falla del riel guía del carro	7	3.B.12.1	Deformación de la riel	Riel guía - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos
		7	3.B.12.2	Rieles sucios con material recirculante	Riel guía - Subsistema de punzado	8	7	56	392	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador
3.B.13	Falla de la cremallera	7	3.B.13.1	Rotura de los dientes	Cremallera - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos
		7	3.B.13.2	Rieles sucios con material recirculante	Cremallera - Subsistema de punzado	7	7	49	343	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador
4.A.1	No hay energía eléctrica	10	4.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado			
4.A.2	Falla del control eléctrico	8	4.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Subsistema motriz	3	2	24	48	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Subsistema motriz	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas
		8	4.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.5	Apertura del breaker de control	Breaker de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.6	Falla banco de resistencias	Banco de resistencias - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	4.A.2.7	Falla del PLC de control	PLC - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas
		8	4.A.2.8	Falla del contactor reversible del motor	Contacto reversible del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas
		8	4.A.2.9	Falla del contactor de aceleración del motor	Contacto de aceleración del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas
		8	4.A.2.10	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Árbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	4.A.2.11	Falla del master switch	Master Switch - Subsistema motriz	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		
4.A.3	Falla del motor eléctrico	8	4.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico - Subsistema motriz	4	2	32	64	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	4.A.3.2	Desgaste excesivo de las escobillas	Motor eléctrico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Electricistas		
		8	4.A.3.3	Falla de rodamientos	Motor eléctrico - Subsistema motriz	3	7	24	168	Reacondicionamiento cíclico	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	4.A.3.4	Fisuramiento del eje	Motor eléctrico - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 01 año	Inspectores		
4.A.4	Falla del acoplamiento	8	4.A.4.1	Rotura de pernos	Acoplamiento - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		8	4.A.4.2	Rotura de la chaveta	Acoplamiento - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
4.A.5	Falla del reductor principal	8	4.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	1) Reacondicionamiento cíclico 2) Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos		
		8	4.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.5.4	Falla por fuga excesiva de aceite	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	4.A.5.5	Mal ensamble del reductor	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112		ACR al procedimiento		Mecánicos		
4.A.6	Falla de la caja de engranajes	8	4.A.6.1	Fuga excesiva de aceite	Caja de engranajes - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	4.A.6.2	Rotura del eje principal	Caja de engranajes - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.6.3	Falla por dientes de piñones rotos	Caja de engranajes - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
4.A.7	Falla del eje intermedio	8	4.A.7.1	Fisuramiento del eje	Eje intermedio - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
4.A.8	Falla del acoplamiento rígido	8	4.A.8.1	Rotura de pernos	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
		8	4.A.8.2	Rotura de chaveta	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		

TABLA 4.10 Evaluación y Seleccion de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
4.A.9	Falla del eje principal	8	4.A.9.1	Fisuramiento	Eje principal - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.9.2	Fisura de la chaveta	Eje principal - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
4.A.10	Falla del piñón de la transmisión	8	4.A.10.1	Rotura de los dientes	Piñon de transmisión - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		8	4.A.10.2	Fisuramiento del eje	Piñon de transmisión - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
4.A.11	Falla de la chumacera del eje principal	8	4.A.11.1	Rotura de pernos de sujección	Chumaceras - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
		8	4.A.11.2	Falta de lubricación	Chumaceras - Subsistema motriz	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Lubricación	Cada 07 días	Lubricadores		
4.A.12	Falla de la cremallera del convertidor	8	4.A.12.1	Rotura de los dientes	Cremallera de rotación - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
4.A.13	Falla del freno electrohidráulico	8	4.A.13.1	Falla del tambor	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	4.A.13.2	Falla del pistón hidráulico	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	Mecánicos		
		8	4.A.13.3	Desgaste excesivo de las zapatas	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	4.A.13.4	Terminales en mal estado	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	5	32	160	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
4.B.1	Falla del control eléctrico	7	4.B.1.1	Falla del contactor de aceleración	Contactor de aceleración del motor - Subsistema motriz	3	7	21	147	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas		
4.B.2	Falla del freno electrohidráulico	7	4.B.2.1	Falla del tambor	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	4.B.2.2	Falla del piston hidráulico	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	Mecánicos		
		7	4.B.2.3	Desgaste de las zapatas	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
5.A.1	Falla de la válvula de 04 vías	8	5.A.1.1	Mala conexión de la entrada de aire	Valvula 04 vías - Subsistema de rolado	4	9	32	288	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	5.A.1.2	Falla del mecanismo de apertura	Valvula 04 vías - Subsistema de rolado	4	9	32	288	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Diaria 2) Cada 02 años	1) Operador 2) Mecanicos		
5.A.2	Falla del motor neumático	8	5.A.2.1	Fuga de aire en los pistones	Motor neumático - Subsistema de rolado	4	8	32	256	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	5.A.2.2	Rotura de los dientes de transmisión	Motor neumático - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	5.A.2.3	Fuga excesiva de aceite	Motor neumático - Subsistema de rolado	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
5.A.3	Falla de la caja de engranajes del reductor del motor neumático	8	5.A.3.1	Rotura de dientes de los engranajes	Caja de engranajes - Subsistema de rolado	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
		8	5.A.3.2	Falla por fuga de aceite	Caja de engranajes - Subsistema de rolado	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
5.A.4	Falla del eje de transmisión	8	5.A.4.1	Fisuramiento	Eje - subsistema de rolado	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
5.A.5	Falla de las chumaceras de apoyo del eje del motor neumático	8	5.A.5.1	Rodamientos amarrados	Chumaceras - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 02 años	Mecánicos		
		8	5.A.5.2	Fisuramiento de las chumaceras	Chumaceras - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		8	5.A.5.3	Rotura de pernos de ajuste	Chumaceras - Subsistema de rolado	4	8	32	256	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
5.A.6	Falla del embrague neumático	8	5.A.6.1	Falla del sello giratorio	Embrague neumático - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	5.A.6.2	Falla del disco	Embrague neumático - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
6.A.1	Falla de la carcaza del convertidor	8	6.A.1.1	Perforación del casco del convertidor	Carcaza - Horno Convertidor	4	6	32	192	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	6.A.1.2	Perforación en la plancha soporte de la línea de toberas	Carcaza - Horno Convertidor	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
6.A.2	Falla de las tapas del convertidor	8	6.A.2.1	Perforación de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
6.B.1	Falla de las tapas del convertidor	6	6.B.1.1	Soltura de pernos de ajuste de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	4	7	24	168	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste de pernos	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	6.B.1.2	Rotura de resortes de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	4	7	24	168	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza y soltura de resortes	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	6.B.1.3	Fisuramiento de las vigas de apoyo de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
6.B.2	Falla de las pistas de deslizamiento	7	6.B.2.1	Fisuramiento de la superficie	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		7	6.B.2.2	Desgaste por eroción de la superficie	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		7	6.B.2.3	Desgaste por pitting de la superficie	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		7	6.B.2.4	Desgaste por contacto con los rodillos	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
6.B.3	Fallan de los rodillos planos del convertidor	6	6.B.3.1	Desgaste de la superficie	Rodillos planos - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	6.B.3.2	Fisuramiento	Rodillos planos - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	6.B.3.3	Desalineamiento de los rodillos	Rodillos planos - Horno Convertidor	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
6.B.4	Fallan de los rodillos con pestañas del convertidor	6	6.B.4.1	Desgaste de la superficie	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	6.B.4.2	Fisuramiento	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	6.B.4.3	Desalineamiento de los rodillos	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	6.B.4.4	Desgaste de las pestañas	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
7.A.1	Falla de la boca del convertidor	8	7.A.1.1	Desgaste excesivo del labio	Boca - Horno Convertidor	4	8	32	256	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	7.A.1.2	Desgaste excesivo de los laterales	Boca - Horno Convertidor	4	8	32	256	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
7.A.2	Acreciones en la boca del convertidor	8	7.A.2.1	Acreciones en la boca	Boca - Horno Convertidor	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de boca	Cada 01 semana	Operaciones		
7.B.1	Falla de la boca del convertidor	7	7.B.1.1	Desgaste de la nuca de la boca	Boca - Horno Convertidor	4	7	28	196	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	7.B.1.2	Desgaste de los laterales	Boca - Horno Convertidor	4	7	28	196	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
8.A.1	Falla del ducto de colección	6	8.A.1.1	Perforación de planchas del ducto	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	Tarea a condición	Análisis de ultrasonido	Cada 02 años	Inspectores		
		6	8.A.1.2	Fisuramiento de las uniones soldadas	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	8.A.1.3	Desgaste de los sellos de la compuerta de hombre	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	8.A.1.4	Desgaste del empaque entre la chimenea y el ducto de colección	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
8.A.2	Falla de los planchones inferiores de la chimenea	7	8.A.2.1	Rotura de pernos de ajuste de planchones	Planchones inferiores - Evacuación de gases	4	8	28	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		7	8.A.2.2	Rajadura de planchones inferiores	Planchones inferiores - Evacuación de gases	4	8	28	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
8.A.3	Falla de la compuerta de la chimenea	7	8.A.3.1	Falla el control eléctrico del motor de la compuerta.	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	4	28	112	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
		7	8.A.3.2	Falla del motor de izamiento de la compuerta	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	4	28	112	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		
		7	8.A.3.3	Falla el reductor de velocidad	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	8	28	224	Reacondicionamiento cíclico	Overhaul	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	8.A.3.4	Falla el tambor de enrollamiento	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	3	8	21	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	8.A.3.5	Fallan los cables de izamiento	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	8	28	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 03 meses 2) Cada 02 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		7	8.A.3.6	Falla las ruedas de la compuerta	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	8	28	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	8.A.3.7	Fallan las poleas de izamiento	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	3	8	21	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	8.A.3.8	Fallan los rieles de traslación	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	3	8	21	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 03 meses 2) Cada 02 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
8.A.4	Falla del mandil de contrapeso.	6	8.A.4.1	Rajadura de la plancha de soporte	Mandil de contrapeso - Evacuación de gases	4	8	24	192	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	8.A.4.2	Rotura de pesas del mandil	Mandil de contrapeso - Evacuación de gases	3	8	18	144	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
8.A.5	Falla del tobogan de material	7	8.A.5.1	Perforación en la plancha de soporte	Tobogán de material - Evacuación de gases	3	8	21	168	Reacondicionamiento cíclico	Trabajos de soldadura	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	8.A.5.2	Pandeo de columna de soporte de plancha del tobogan	Tobogán de material - Evacuación de gases	3	8	21	168	Tarea acondición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
9.A.1	No hay energía eléctrica	10	9.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
9.A.2	Falla del control eléctrico del transportador de polvo	8	9.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	9.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Transportador de polvo	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Arbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento Rev. No: 03			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH DESCRIPCION EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M. Fecha de inicio: 22/11/2004 Fecha de culminación: 16/12/2004 Nº Reuniones: 08			
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	9.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	9.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	9.A.2.5	Apertura del braker de control	Braker de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
		8	9.A.2.6	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas
9.A.3	Falla del motor eléctrico.	8	9.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico - Transportador de polvo	3	9	24	216	Tarea a condición	Analisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas
		8	9.A.3.2	Falla de rodamientos	Motor eléctrico - Transportador de polvo	3	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Cambio	Cada 1 año	Electricistas
		8	9.A.3.3	Fisuramiento del eje	Motor eléctrico - Transportador de polvo	2	7	16	112	Tarea a condición	Analisis de Ultrasonido	Cada 1 año	Inspectores
9.A.4	Falla del reductor de velocidad	8	9.A.4.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	3	7	24	168	1) Reacondicionamiento ciclico 2)Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Analisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos
		8	9.A.4.2	Falla por dientes de piñones rotos	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores
		8	9.A.4.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores
		8	9.A.4.4	Falla por fuga excesiva de aceite	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador
		8	9.A.4.5	Mal ensamble del reductor	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	3	7	24	168		ACR al procedimiento		Mecánicos
9.A.5	Falla del sistema de transmisión	8	9.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	Transmisión - Transportador de polvo	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	9.A.5.2	Rotura de la patea de transmisión	Transmisión - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos
9.A.6	Falla de la cadena de arrastre.	8	9.A.6.1	Rotura de eslabones de la cadena	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Cambio de eslabones	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	8.A.6.2	Rotura de eje motriz	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores

TABLA 4.10 Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce Smith, según el Árbol Lógico de Decisión

Paso No 4: Evaluación y Selección de Tareas de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
Rev. No: 03			DESCRIPCIÓN EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CNVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	Fecha de culminación:	Nº Reuniones:	
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
		8	8.A.6.3	Rotura del templador de cadena	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos
		8	8.A.6.4	Rotura del eje de cola	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores
		8	8.A.6.5	Rotura del tambor de tracción	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores
9.B.1	Falla de la cadena de arrastre.	7	9.B.1.1	Rotura parcial de eslabones	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	7	35	245	Reacondicionamiento cíclico	Cambio de eslabones	Cada 06 meses	Mecánicos
		7	9.B.1.2	Desgaste de los eslabones	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	8	35	280	Reacondicionamiento cíclico	Cambio de eslabones	Cada 06 meses	Mecánicos
		7	9.B.1.3	Rotura de ejes soportes de cadena	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	21	147	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		7	9.B.1.4	Falla de las bocinas de ejes de soporte	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	7	35	245	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos
		7	9.B.1.5	Rotura de mangas para fugas, parte superior	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	7	35	245	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		7	9.B.1.6	Fisuramiento de las uniones soldadas del cajón	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	4	8	28	224	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores
		7	9.B.1.7	Desgaste de las planchas del cajón	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	4	8	28	224	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	4.A.4.2	Rotura de la chaveta	Acoplamiento - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
4.A.4	Falla del acoplamiento	8	4.A.4.1	Rotura de pernos	Acoplamiento - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		8	4.A.8.2	Rotura de chaveta	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
4.A.8	Falla del acoplamiento rígido	8	4.A.8.1	Rotura de pernos	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
1.A.3	Falla del alimentador vibratorio	8	1.A.3.1	Bobina interna quemada	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	3	8	24	192	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 02 años	Instrumentistas		
1.B.2	Falla del alimentador vibratorio	6	1.B.2.1	Descalibración del air gap	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	5	6	30	180	Tarea a condición	Medición del air gap	Cada 06 meses	Instrumentistas		
1.C.1	Falla del alimentador vibratorio	6	1.C.1.1	Descalibración del air gap	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	5	6	30	180	Tarea a condición	Medición del air gap	Cada 06 meses	Instrumentistas		
		6	1.B.2.2	Falla de los resortes de sujección	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	1.C.1.2	Falla de los resortes de sujección	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	1.B.2.3	Perforación de la plancha inferior de la base	Alimentador vibratorio - Alimentacion de silica	3	7	18	126	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis con ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Y 2) Inspectores		
		8	1.A.3.2	Rotura de los cables de soporte	Alimentador vibratorio - alimentacion de silica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		8	4.A.2.6	Falla banco de resistencias	Banco de resistencias - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		7	3.A.8.3	Barretas sucias con mate	Barretas - Subsistema de punzado	8	8	56	448	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador		
3.A.8	Falla de las barretas de punzado	7	3.A.8.1	Desgaste en la punta	Barretas - Subsistema de punzado	8	9	56	504	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador		
		7	3.A.8.4	Mala operación	Barretas - Subsistema de punzado	8	9	56	504	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador		
		7	3.A.8.2	Rotura de barretas	Barretas - Subsistema de punzado	7	8	49	392	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Operador		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
7.A.2	Acreciones en la boca del convertidor	8	7.A.2.1	Acreciones en la boca	Boca - Horno Convertidor	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de boca	Cada 01 semana	Operaciones		
7.B.1	Falla de la boca del convertidor	7	7.B.1.1	Degaste de la nuca de la boca	Boca - Horno Convertidor	4	7	28	196	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	7.B.1.2	Desgaste de los laterales	Boca - Horno Convertidor	4	7	28	196	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	7.A.1.2	Desgaste excesivo de los laterales	Boca - Horno Convertidor	4	8	32	256	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
7.A.1	Falla de la boca del convertidor	8	7.A.1.1	Desgaste excesivo del labio	Boca - Horno Convertidor	4	8	32	256	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	9.A.2.5	Apertura del braker de control	Braker de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	4.A.2.5	Apertura del braker de control	Breaker de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.6	Apertura del braker de control	Breaker de control - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.10	Apertura del breaker del alimentador vibratorio	Breaker de control del alimentador - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	1.A.2.8	Apertura del breaker de fuerza del motor	Breaker de fuerza de motor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	3.A.2.5	Falla el cable feston	Cable feston - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		
		7	9.B.1.7	Desgaste de las planchas del cajón	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	4	8	28	224	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores		
		7	9.B.1.2	Desgaste de los eslabones	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	8	35	280	Reacondicionamiento cíclico	Cambio de eslabones	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	9.B.1.4	Falla de las bocinas de ejes de soporte	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	7	35	245	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	9.B.1.6	Fisuramiento de las uniones soldadas del cajón	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	4	8	28	224	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores		
		8	8.A.6.2	Rotura de eje motriz	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		7	9.B.1.3	Rotura de ejes soportes de cadena	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	21	147	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
9.A.6	Falla de la cadena de arrastre.	8	9.A.6.1	Rotura de eslabones de la cadena	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Cambio de eslabones	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	9.B.1.5	Rotura de mangas para fugas, parte superior	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	7	35	245	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		8	8.A.6.4	Rotura del eje de cola	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores		
		8	8.A.6.5	Rotura del tambor de tracción	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección visual 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) Mecánicos 2) Inspectores		
		8	8.A.6.3	Rotura del templador de cadena	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
9.B.1	Falla de la cadena de arrastre.	7	9.B.1.1	Rotura parcial de eslabones	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	5	7	35	245	Reacondicionamiento cíclico	Cambio de eslabones	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	5.A.3.2	Falla por fuga de aceite	Caja de engranajes - Subsistema de rolado	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
5.A.3	Falla de la caja de engranajes del reductor del motor neumático	8	5.A.3.1	Rotura de dientes de los engranajes	Caja de engranajes - Subsistema de rolado	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.6.3	Falla por dientes de piñones rotos	Caja de engranajes - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
4.A.6	Falla de la caja de engranajes	8	4.A.6.1	Fuga excesiva de aceite	Caja de engranajes - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	4.A.6.2	Rotura del eje principal	Caja de engranajes - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
6.A.1	Falla de la carcaza del convertidor	8	6.A.1.1	Perforación del casco del convertidor	Carcaza - Horno Convertidor	4	6	32	192	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	6.A.1.2	Perforación en la plancha soporte de la línea de toberas	Carcaza - Horno Convertidor	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	5.A.5.2	Fisuramiento de las chumaceras	Chumaceras - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
5.A.5	Falla de las chumaceras de apoyo del eje del motor neumático	8	5.A.5.1	Rodamientos amarrados	Chumaceras - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 02 años	Mecánicos		
		8	5.A.5.3	Rotura de pernos de ajuste	Chumaceras - Subsistema de rolado	4	8	32	256	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		8	4.A.11.2	Falta de lubricación	Chumaceras - Subsistema motriz	4	7	32	224	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación	Cada 07 días	Lubricadores		
4.A.11	Falla de la chumacera del eje principal	8	4.A.11.1	Rotura de pernos de sujección	Chumaceras - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
		8	3.A.10.3	Falta de lubricación	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	5	7	40	280	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores		
		6	3.B.6.2	Falta de lubricación	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores		
3.A.10	Fallan de las chumaceras de apoyo del eje de traslación	8	3.A.10.1	Rodamientos amarrados	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Mecánicos		
		8	3.A.10.2	Soltura de pernos	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	5	7	40	280	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste de pernos	Cada 03 mes	Mecánicos		
3.B.6	Fallan de las chumaceras de apoyo del eje de traslación	6	3.B.6.1	Soltura de pernos	Chumaceras de apoyo - Subsistema de punzado	6	8	36	288	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste de pernos	Cada 03 mes	Mecánicos		
3.A.2	Falla del control eléctrico	8	3.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Subsistema de punzado	7	8	56	448	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
2.A.2	Falla del control eléctrico	8	2.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Alimentación de aire	4	8	32	256	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
4.A.2	Falla del control eléctrico	8	4.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Subsistema motriz	3	2	24	48	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
9.A.2	Falla del control eléctrico del transportador de polvo	8	9.A.2.1	Circuito de control abierto	Circuito de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
1.A.2	Falla del control eléctrico	8	1.A.2.1	Circuito de control abierto de la faja transportadora	Circuito de control de faja transportadora - Alimentación de sílica	3	8	24	192	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.2	Circuito de control abierto del alimentador vibratorio	Circuito de control del alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	3	8	24	192	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		7	8.A.3.2	Falla del motor de izamiento de la compuerta	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	4	28	112	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
8.A.3	Falla de la compuerta de la chimenea	7	8.A.3.1	Falla el control eléctrico del motor de la compuerta.	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	4	28	112	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
		7	8.A.3.3	Falla el reductor de velocidad	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	8	28	224	Reacondicionamiento cíclico	Overhaul	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	8.A.3.4	Falla el tambor de enrollamiento	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	3	8	21	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	8.A.3.6	Falla las ruedas de la compuerta	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	8	28	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	8.A.3.7	Fallan las poleas de izamiento	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	3	8	21	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		7	8.A.3.5	Fallan los cables de izamiento	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	4	8	28	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 03 meses 2) Cada 02 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		7	8.A.3.8	Fallan los rieles de traslación	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	3	8	21	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 03 meses 2) Cada 02 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
4.B.1	Falla del control eléctrico	7	4.B.1.1	Falla del contactor de aceleración	Contactador de aceleración del motor - Subsistema motriz	3	7	21	147	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas		
		8	4.A.2.9	Falla del contactor de aceleración del motor	Contactador de aceleración del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas		
		8	1.A.2.7	Falla del contactor del motor	Contactador de motor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	4.A.2.8	Falla del contactor reversible del motor	Contactador reversible del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición del gap	Cada 01 año	Electricistas		
3.A.18	Falla de la cremallera	8	3.A.18.1	Fisuramiento del la cremallera	Cremallera - Subsistema de punzado	3	7	24	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		8	3.A.18.3	Rieles sucios con material recirculante	Cremallera - Subsistema de punzado	8	7	64	448	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
		7	3.B.13.2	Rieles sucios con material recirculante	Cremallera - Subsistema de punzado	7	7	49	343	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
		8	3.A.18.2	Rotura de los dientes	Cremallera - Subsistema de punzado	3	7	24	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
3.B.13	Falla de la cremallera	7	3.B.13.1	Rotura de los dientes	Cremallera - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
4.A.12	Falla de la cremallera del convertidor	8	4.A.12.1	Rotura de los dientes	Cremallera de rotación - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	8.A.1.3	Desgaste de los sellos de la compuerta de hombre	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		6	8.A.1.4	Desgaste del empaque entre la chimenea y el ducto de colección	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		6	8.A.1.2	Fisuramiento de la uniones soldadas	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
8.A.1	Falla del ducto de colección	6	8.A.1.1	Perforación de planchas del ducto	Ducto de colección - Evacuación de gases	3	9	18	162	Tarea a condición	Análisis de ultrasonido	Cada 02 años	Inspectores		
5.A.4	Falla del eje de transmisión	8	5.A.4.1	Fisuramiento	Eje - subsistema de rolado	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
4.A.7	Falla del eje intermedio	8	4.A.7.1	Fisuramiento del eje	Eje intermedio - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.9.2	Fisura de la chaveta	Eje principal - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Inspectores		
4.A.9	Falla del eje principal	8	4.A.9.1	Fisuramiento	Eje principal - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	5.A.6.2	Falla del disco	Embrague neumático - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
5.A.6	Falla del embrague neumático	8	5.A.6.1	Falla del sello giratorio	Embrague neumático - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
1.A.1	No hay energía eléctrica	10	1.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
2.A.1	No hay energía eléctrica	10	2.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
3.A.1	No hay energía eléctrica	10	3.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
4.A.1	No hay energía eléctrica	10	4.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
9.A.1	No hay energía eléctrica	10	9.A.1.1	No hay energía	ENERSUR	4	10	40	400	No realizar mantenimiento programado					
		7	2.A.3.2	Alta temperatura de aceite	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	3	4	21	84	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 06 mese	Inspectores		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
2.A.3	Falla del equipo de lubricación del motor	7	2.A.3.1	Baja presión de aceite	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	3	4	21	84	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 06 mese	Inspectores		
3.A.15	Falla de la estructura inferior de soporte	8	3.A.15.1	Fisuramiento de estructuras	Estructura inferior - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.15.2	Fisuramiento en la uniones soldadas	Estructura inferior - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
3.A.14	Falla de la estructura superior de soporte	8	3.A.14.1	Fisuramiento de estructuras	Estructura superior - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.14.2	Fisuramiento en la uniones soldadas	Estructura superior - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.14.3	Soltura de esparragos de union a la estructura inferior	Estructura superior - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 mese	Mecánicos		
		6	1.B.3.2	Desalineamiento de faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Centrado de faja	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	1.B.3.5	Desgaste de los laterales de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		8	1.A.7.2	Faja excesivamente descentrada	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Centrado de faja	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	1.B.3.3	Falla de los polines de carga	Faja transportadora - Alimentación de sílica	5	6	30	180	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		8	1.A.7.5	Fisuramiento del eje tambor de cola	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores		
		8	1.A.7.3	Fisuramiento del eje tambor de mando	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores		
		8	1.A.7.6	Fisuramiento del tambor de cola	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores		
		8	1.A.7.4	Fisuramiento del tambor de mando	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores		
		6	1.B.3.6	Perforación del chute de descarga	Faja transportadora - Alimentación de sílica	5	7	30	210	Reacondicionamiento ciclico	Reparación de planchas	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	1.A.7.8	Perforación excesiva del chute de descarga	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Operador		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	1.A.7.7	Rotura del templador de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Operador		
1.B.3	Falla de la faja transportadora	6	1.B.3.1	Rotura parcial de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
1.A.7	Falla de la faja transportadora	8	1.A.7.1	Rotura total de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	1.B.3.4	Soltura del templador de la faja	Faja transportadora - Alimentación de sílica	4	6	24	144	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste del templador	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	4.B.2.3	Desgaste de las zapatas	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	4.A.13.3	Desgaste excesivo de las zapatas	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		7	4.B.2.2	Falla del piston hidráulico	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	Mecánicos		
		8	4.A.13.2	Falla del pistón hidráulico	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección visual 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	Mecánicos		
4.A.13	Falla del freno electrohidráulico	8	4.A.13.1	Falla del tambor	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
4.B.2	Falla del freno electrohidráulico	7	4.B.2.1	Falla del tambor	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	7	28	196	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	4.A.13.4	Terminales en mal estado	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	4	5	32	160	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	2.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Alimentación de aire	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.4	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Alimentación de sílica	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	4.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	9.A.2.3	Fusibles de control quemados	Fusible de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.11	Fusibles de control quemados del alimentador vibratorio	Fusibles de control del alimentador - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	3.A.5.2	Corrosión en la superficie	Guías laterales - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	3.A.5.4	Falla de los soportes de las guías	Guías laterales - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	3.B.3.2	Falla de los soportes de las guías	Guías laterales - Subsistema de punzado	6	8	36	288	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.A.5	Falla de las guías laterales	8	3.A.5.1	Falta de lubricación	Guías laterales - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Lubricación de guías	Cada 07 días	Lubricadores		
3.B.3	Falla de las guías laterales	6	3.B.3.1	Falta de lubricación	Guías laterales - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Reacondicionamiento ciclico	Lubricación de guías	Cada 07 días	Lubricadores		
		8	3.A.5.3	Fisuramiento de las guías	Guías laterales - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	2.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	Inspección con líquidos penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
2.A.5	Falla del incrementador de velocidad	8	2.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	4	16	64	1) Reacondicionamiento ciclico 2)Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos		
		8	2.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	2.A.5.4	Fuga excesiva de aceite	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	2.A.5.5	Mal ensamble del incrementador	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	2	7	16	112		ACR al procedimiento		Mecánicos		
		8	3.A.2.3	Apertura de los interruptores interlock	Interruptores interlock - Subsistema de punzado	8	6	64	384	No realizar mantenimiento programado	Cierre de bloqueos		Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.2.4	Falla del joystick de mando del carro	Jostick de mando - Subsistema de Punzado	7	6	56	336	Tarea a condición	Inspección	Cada 07 días	Electricistas Instrumentistas		
3.B.1	Falla del control eléctrico	7	3.B.1.1	Falla del joystick de mando del carro	Jostick de mando - Subsistema de Punzado	5	8	35	280	Tarea a condición	Inspección	Cada 07 días	Electricistas Instrumentistas		
2.B.3	Falla de la junta rotatoria de entrada de aire	6	2.B.3.1	Fuga de aire en en el empaque de la junta rotatoria	Junta rotatoria - Alimentación de aire	5	8	30	240	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
8.A.4	Falla del mandil de contrapeso.	6	8.A.4.1	Rajadura de la plancha de soporte	Mandil de contrapeso - Evacuación de gases	4	8	24	192	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		6	8.A.4.2	Rotura de pesas del mandil	Mandil de contrapeso - Evacuación de gases	3	8	18	144	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 03 meses	Inspectores		
		8	4.A.2.11	Falla del master switch	Master Switch - Subsistema motriz	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		
2.A.4	Falla del motor eléctrico del soplador	8	2.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	Motor - Alimentación de aire	4	2	32	64	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	2.A.4.2	Falla de rodamientos	Motor - Alimentación de aire	3	2	24	48	Reacondicionamiento ciclico	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	2.A.4.3	Fisuramiento del eje.	Motor - Alimentación de aire	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 01 año	Inspectores		
1.A.4	Falla del motor eléctrico de la faja transportadora	8	1.A.4.1	Bobinas del estator quemadas	Motor electrico - Alimentación de silica	4	9	32	288	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	1.A.4.2	Falla de rodamientos	Motor electrico - Alimentación de silica	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	1.A.4.3	Fisuramiento de eje	Motor electrico - Alimentación de silica	3	7	24	168	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 1 año	Inspectores		
4.A.3	Falla del motor eléctrico	8	4.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico - Subsistema motriz	4	2	32	64	Tarea a condición	Análisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	4.A.3.2	Desgaste excesivo de las escobillas	Motor eléctrico - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 01 mes	Electricistas		
		8	4.A.3.3	Falla de rodamientos	Motor eléctrico - Subsistema motriz	3	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Cambio	Cada 01año	Electricistas		
		8	4.A.3.4	Fisuramiento del eje	Motor eléctrico - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 01 año	Inspectores		
9.A.3	Falla del motor eléctrico.	8	9.A.3.1	Bobinas del estator quemadas	Motor eléctrico - Transportador de polvo	3	9	24	216	Tarea a condición	Analisis de nivel de aislamiento	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	9.A.3.2	Falla de rodamientos	Motor eléctrico - Transportador de polvo	3	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Cambio	Cada 1 año	Electricistas		
		8	9.A.3.3	Fisuramiento del eje	Motor eléctrico - Transportador de polvo	2	7	16	112	Tarea a condición	Analisis de Ultrasonido	Cada 1 año	Inspectores		
5.A.2	Falla del motor neumático	8	5.A.2.1	Fuga de aire en los pistones	Motor neumático - Subsistema de rolado	4	8	32	256	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	5.A.2.3	Fuga excesiva de aceite	Motor neumático - Subsistema de rolado	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	5.A.2.2	Rotura de los dientes de transmisión	Motor neumático - Subsistema de rolado	3	8	24	192	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.A.12	Falla del piñón de avance	8	3.A.12.1	Desalineamiento del piñón con la cremallera	Piñón - Subsistema de punzado	5	6	40	240	Reacondicionamiento ciclico	Alineamiento de piñón de avance	Cada 03 meses	Mecánicos		
3.B.8	Falla del piñón de avance	6	3.B.8.1	Desalineamiento del piñón con la cremallera	Piñón - Subsistema de punzado	6	6	36	216	Reacondicionamiento ciclico	Alineamiento de piñón de avance	Cada 03 meses	Mecánicos		
		8	3.A.12.2	Fisuramiento del piñón	Piñón - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	4.A.10.2	Fisuramiento del eje	Piñon de transmisión - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
4.A.10	Falla del piñón de la transmisión	8	4.A.10.1	Rotura de los dientes	Piñón de transmisión - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		7	6.B.2.4	Desgaste por contacto con los rodillos	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		7	6.B.2.2	Desgaste por eroción de la superficie	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		7	6.B.2.3	Desgaste por pitting de la superficie	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
6.B.2	Falla de las pistas de deslizamiento	7	6.B.2.1	Fisuramiento de la superficie	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	3	7	21	147	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
		8	3.A.3.2	Desgaste de los sellos del pistón	Pistón neumático - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		6	3.B.2.2	Desgaste de los sellos del pistón	Pistón neumático - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Rediseño			Ingeniería de Planta		
3.A.3	Falla del pistón neumático	8	3.A.3.1	Desgaste en los acoples rápidos de las mangueras	Pistón neumático - Subsistema de punzado	6	7	48	336	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.4	Fisuramiento de la barra del pistón (rod piston)	Pistón neumático - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.3	Fuga de aire en la barra del pistón (rod piston)	Pistón neumático - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Rediseño			Ingeniería de Planta		
3.B.2	Falla del pistón neumático	6	3.B.2.1	Fuga de aire en los acoples de las mangueras	Pistón neumático - Subsistema de punzado	6	7	36	252	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		8	3.A.3.5	Rotura de las barras de ajuste del cilindro	Pistón neumático - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		7	8.A.2.2	Rajadura de planchones inferiores	Planchones inferiores - Evacuación de gases	4	8	28	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
8.A.2	Falla de los planchones inferiores de la chimenea	7	8.A.2.1	Rotura de pernos de ajuste de planchones	Planchones inferiores - Evacuación de gases	4	8	28	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.2.2	Falla del PLC	PLC - Subsistema de punzado	5	6	40	240	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		
		8	4.A.2.7	Falla del PLC de control	PLC - Subsistema motriz	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		
		8	3.A.7.2	Fisuramiento la superficie	Portabarretas - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 01 año	Mecánicos		
3.A.7	Falla del portabarretas	8	3.A.7.1	Rotura de pernos de sujección	Portabarretas - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.B.4	Falla del portabarretas	6	3.B.4.1	Soltura de pernos de sujección	Portabarretas - Subsistema de punzado	5	8	30	240	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	1.A.2.13	Falla del pull cord de seguridad de la faja transportadora	Pull cord de faja - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste y prueba del pull cord	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	3.A.2.7	Falla de los pull cord del carro	Pull cord - Subsistema de punzado	8	6	64	384	Tarea a condición	Cambio	Cada 07 días	Electricistas Instrumentistas		
		8	1.A.6.2	Dientes de piñones rotos	Reductor - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección con líquidos penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
1.A.6	Falla del reductor de velocidad	8	1.A.6.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	1) Reacondicionamiento ciclico 2)Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Análisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos		
		8	1.A.6.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor - Alimentación de sílica	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Análisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	1.A.6.4	Fuga excesiva de aceite	Reductor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	1.A.6.5	Mal ensamble del reductor	Reductor - Alimentación de sílica	3	7	24	168		ACR al procedimiento		Mecánicos		
		8	4.A.5.2	Falla por dientes de piñones rotos	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.5.4	Falla por fuga excesiva de aceite	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
4.A.5	Falla del reductor principal	8	4.A.5.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	1) Reacondicionamiento ciclico 2)Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Analisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos		
		8	4.A.5.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	4.A.5.5	Mal ensamble del reductor	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	2	7	16	112		ACR al procedimiento		Mecánicos		
		8	9.A.4.2	Falla por dientes de piñones rotos	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	2	7	16	112	Tarea a condición	Inspección con tintes penetrantes	Cada 01 año	Inspectores		
		8	9.A.4.4	Falla por fuga excesiva de aceite	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	4	7	32	224	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
9.A.4	Falla del reductor de velocidad	8	9.A.4.1	Falla por rodamientos amarrados	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	3	7	24	168	1) Reacondicionamiento ciclico 2)Tarea a condición	1) Lubricación de rodamientos 2) Analisis de estado de rodamientos	1) Cada 01 mes 2) Cada 01 año	1) Lubricadores 2) Mecánicos		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		8	9.A.4.3	Fisuramiento del eje principal	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	9.A.4.5	Mal ensamble del reductor	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	3	7	24	168		ACR al procedimiento		Mecánicos		
		8	1.A.2.3	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Alimentación de sílica	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	9.A.2.2	Actúa relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Transportador de polvo	4	7	32	224	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	9.A.2.6	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	2.A.2.2	Actua relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Alimentación de aire	4	7	32	224	Sustitucion cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	1.A.2.9	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga de motor - Alimentación de sílica	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	4.A.2.2	Actua relé de sobrecarga	Relé de sobrecarga - Subsistema motriz	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	4.A.2.10	Actúa relé de sobrecarga del motor	Relé de sobrecarga del motor - Subsistema motriz	3	7	24	168	Sustitución cíclica	Cambio	Cada 01 año	Electricistas		
		8	3.A.17.2	Deformación de la riel	Riel guía - Subsistema de punzado	4	7	32	224	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
3.B.12	Falla del riel guía del carro	7	3.B.12.1	Deformación de la riel	Riel guía - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
3.A.17	Falla del riel guía del carro	8	3.A.17.1	Fisuramiento del riel	Riel guía - Subsistema de punzado	3	7	24	168	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		8	3.A.17.3	Rieles sucios con material recirculante	Riel guía - Subsistema de punzado	8	7	64	448	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
		7	3.B.12.2	Rieles sucios con material recirculante	Riel guía - Subsistema de punzado	8	7	56	392	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador		
		7	3.A.16.2	Deformación de la riel	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.			
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:		22/11/2004	
										Fecha de culminación:		16/12/2004	
										Nº Reuniones:		08	
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
3.B.11	Falla de los rieles de desplazamiento del carro	7	3.B.11.1	Deformación de la riel	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	4	7	28	196	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos
3.A.16	Falla de los rieles de desplazamiento del carro	7	3.A.16.1	Fisuramiento del riel	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	3	7	21	147	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 06 meses 2) Cada 04 años	1) Inspectores 2) Mecánicos
		7	3.A.16.3	Rieles sucios con material recirculante	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	8	7	56	392	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador
		7	3.B.11.2	Rieles sucios con material recirculante	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	8	7	56	392	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de riel	Diario	Operador
		6	6.B.4.3	Desalineamiento de los rodillos	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
6.B.4	Fallan de los rodillos con pestañas del convertidor	6	6.B.4.1	Desgaste de la superficie	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		6	6.B.4.4	Desgaste de las pestañas	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		6	6.B.4.2	Fisuramiento	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		6	6.B.3.3	Desalineamiento de los rodillos	Rodillos planos - Horno Convertidor	4	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
6.B.3	Fallan de los rodillos planos del convertidor	6	6.B.3.1	Desgaste de la superficie	Rodillos planos - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		6	6.B.3.2	Fisuramiento	Rodillos planos - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores
		7	3.A.13.3	Desalineamiento	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	35	245	Reacondicionamiento cíclico	Alineamiento de rueda de avance	Cada 03 meses	Mecánicos
		6	3.B.9.2	Desalineamiento	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	6	7	36	252	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
3.B.9	Falla de las ruedas de avance del carro	6	3.B.9.1	Desgaste de las ruedas	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	30	210	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
3.A.13	Falla de las ruedas de avance del carro	7	3.A.13.1	Desgaste excesivo	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	35	245	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos
		7	3.A.13.4	Falta de lubricación	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	6	7	42	294	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores
		6	3.B.9.3	Falta de lubricación	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	7	7	42	294	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación de rodamientos	Cada 01 semana	Lubricadores

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		7	3.A.13.2	Rotura del pin de la rueda	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	5	7	35	245	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
3.A.9	Falla del servomotor	8	3.A.9.1	Falla la conexión eléctrica	Servomotor - Subsistema de punzado	4	5	32	160	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
3.B.5	Falla del servomotor	6	3.B.5.1	Falla la conexión eléctrica	Servomotor - Subsistema de punzado	5	8	30	240	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y ajuste de terminales	Cada 06 meses	Electricistas		
		8	3.A.9.2	Fisuramiento de la base del motor	Servomotor - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección	Cada 01 año	Inspectores		
		6	3.B.5.2	Soltura de los pernos de la base del motor	Servomotor - Subsistema de punzado	6	8	36	288	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		
2.A.6	Falla del soplador	8	2.A.6.1	Álabes rotos	Soplador - Alimentación de aire	2	8	16	128	Tarea a condición	1) Inspección 2) Analisis de tintes penetrantes	1) Cada 06 meses 2) Cada 02 años	1) y 2) Inspectores		
		8	2.A.6.2	Falla del equipo de lubricación	Soplador - Alimentación de aire	3	4	24	96	Tarea a condición	Inspección y monitoreo	Cada 07 días	Lubricadores		
		8	2.A.6.3	Falla del rodamiento de empuje	Soplador - Alimentación de aire	3	5	24	120	Tarea a condición	Análisis de estado de rodamientos	Cada 01 año	Mecánicos		
		8	2.A.6.5	Fisuramiento de la voluta	Soplador - Alimentación de aire	3	6	24	144	Tarea a condición	1) Inspección 2) Analisis de tintes penetrantes	1) Cada 06 meses 2) Cada 02 años	1) y 2) Inspectores		
		8	2.A.6.4	Fisuramiento del eje	Soplador - Alimentación de aire	2	6	16	96	Tarea a condición	1) Alineamiento 2) Analisis con ultrasonido	1 y 2) Cada 01 año	Inspectores		
		8	2.A.6.6	Mal ensamble de la bancada	Soplador - Alimentación de aire	4	7	32	224		ACR al procedimiento		Mecánicos		
		7	2.A.11.2	Desgaste del mecanismo	Tapas de toberas - Alimentación de aire	9	8	63	504	Rediseño			Ingeniería de Planta		
2.A.11	Falla de las tapas de toberas	7	2.A.11.1	Rotura de lengüeta	Tapas de toberas - Alimentación de aire	9	8	63	504	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		6	6.B.1.3	Fisuramiento de las vigas de apoyo de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	3	7	18	126	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
6.A.2	Falla de las tapas del convertidor	8	6.A.2.1	Perforación de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	3	6	24	144	Tarea a condición	Análisis termográfico	Cada 03 meses	Inspectores		
		6	6.B.1.2	Rotura de resortes de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	4	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza y soldadura de resortes	Cada 06 meses	Mecánicos		
6.B.1	Falla de la tapas del convertidor	6	6.B.1.1	Soltura de pernos de ajuste de la tapa	Tapas laterales - Horno Convertidor	4	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 06 meses	Mecánicos		
2.B.6	Falla de la toberas.	6	2.B.6.1	Desgaste de tapas de toberas	Toberas - Alimentación de aire	9	8	54	432	Rediseño			Ingeniería de Planta		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
2.A.10	Falla de la toberas	7	2.A.10.1	Toberas tapadas con cobre	Toberas - Alimentación de aire	3	8	21	168	Rediseño			Ingeniería de Planta		
		7	8.A.5.2	Pandeo de columna de soporte de plancha del tobogan	Tobogán de material - Evacuación de gases	3	8	21	168	Tarea acondición	Inspección visual	Cada 06 meses	Inspectores		
8.A.5	Falla del tobogan de material	7	8.A.5.1	Perforación en la plancha de soporte	Tobogán de material - Evacuación de gases	3	8	21	168	Reacondicionamiento ciclico	Trabajos de soldadura	Cada 06 meses	Mecánicos		
1.B.1	Falla de la tolva de almacenamiento	6	1.B.1.1	Perforación de planchas de la tolva	Tolva - Alimentación de sílica	3	7	18	126	Tarea a condición	Análisis con ultrasonido	Cada 02 años	Inspectores		
		8	4.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Subsistema motriz	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	2.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Alimentación de aire	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.5	Transformador de control quemado	Transformador de control - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	9.A.2.4	Transformador de control quemado	Transformador de control - Transportador de polvo	4	7	32	224	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.2.12	Transformador de control quemado del alimentador vibratorio	Transformador de control del alimentador - Alimentación de sílica	3	7	24	168	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas		
		8	1.A.5.2	Desgaste excesivo de los canales de la polea	Transmisión - Alimentación de sílica	3	7	24	168	Tarea a condición	Medición de canales	Cada 02 año	Mecánicos		
1.A.5	Falla del sistema de transmisión	8	1.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	Transmisión - Alimentación de sílica	5	7	40	280	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.11.4	Fisuramiento del eje	Transmisión - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
		8	3.A.11.3	Rotura de dientes de los piñones de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	2	7	16	112	Tarea a condición	1) Inspección 2) Análisis por ultrasonido	1) Cada 06 meses 2) Cada 01 año	1) y 2) Inspectores		
3.A.11	Falla del sistema de transmisión	8	3.A.11.1	Rotura de la cadena de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	3	7	24	168	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.B.7	Falla del sistema de transmisión	6	3.B.7.1	Rotura de la cadena de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	3	7	18	126	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.11.2	Soltura de pernos de ajuste del piñón de transmisión	Transmisión - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		6	3.B.7.2	Soltura de pernos de ajuste del sprocket	Transmisión - Subsistema de punzado	4	7	24	168	Reacondicionamiento ciclico	Ajuste de pernos	Cada 03 meses	Mecánicos		
		8	9.A.5.2	Rotura de la polea de transmisión	Transmisión - Transportador de polvo	3	7	24	168	Tarea a condición	Inspección visual	Cada 06 meses	Mecánicos		
9.A.5	Falla del sistema de transmisión	8	9.A.5.1	Rotura de las correas de transmisión	Transmisión - Transportador de polvo	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
2.B.2	Falla de la tubería de transporte de aire	6	2.B.2.1	Fisura presente en la tubería	Tubería de aire - Alimentación de aire	2	7	12	84	Tarea a condición	Análisis de Ultrasonido	Cada 03 años	Inspectores		
2.B.4	Falla del tubo fuelle	6	2.B.4.1	Perforación del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	2	8	12	96	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
2.A.8	Falla del tubo fuelle	5	2.A.8.1	Perforación excesiva del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	2	7	10	70	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Mecánicos		
		5	2.A.8.2	Tubo tapado por materiales extraños dentro del tubo	Tubo fuelle - Alimentación de aire	4	7	20	140	Reacondicionamiento ciclico	Limpieza de tubo	Cada 06 meses	Mecánicos		
2.A.9	Falla de los tubos vitáulicos.	5	2.A.9.1	Rotura de acoples vitáulicos	Tubos vitaulicos - Alimentación de aire	4	7	20	140	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
2.B.5	Falla de los tubos vitáulicos.	6	2.B.5.1	Rotura de acoples vitáulicos	Tubos vitaulicos - Alimentación de aire	4	8	24	192	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	5.A.1.2	Falla del mecanismo de apertura	Valvula 04 vías - Subsistema de rolado	4	9	32	288	1) Tarea a condición 2) Sustitución ciclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Diaria 2) Cada 02 años	1) Operador 2) Mecanicos		
5.A.1	Falla de la válvula de 04 vías	8	5.A.1.1	Mala conexión de la entrada de aire	Valvula 04 vías - Subsistema de rolado	4	9	32	288	Tarea a condición	Inspección visual	Diaria	Operador		
		8	3.A.2.6	Falla solenoide de la válvula de punzado	Válvula de punzado - Subsistema de punzado	6	6	48	288	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas Instrumentistas		
		7	3.B.1.2	Falla solenoide de la válvula de punzado	Válvula de punzado - Subsistema de punzado	6	8	42	336	No realizar mantenimiento programado	Cambio		Electricistas Instrumentistas		
		7	2.A.7.3	Falla del mecanismo de apertura y cierre de los álabes	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos		
		7	2.A.7.4	Falla del pistón neumático	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos		
2.A.7	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador IGV	7	2.A.7.1	Falla del PLC	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	2	28	56	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		
2.B.1	Falla de la válvula de ingreso de aire al soplador IGV	7	2.B.1.1	Falla del PLC	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	2	35	70	Tarea a condición	Inspección y medición de parámetros	Cada 06 meses	Electricistas Instrumentistas		

TABLA 4.11 Programa de Mantenimiento de Hornos Convertidores Peirce smith

Paso No 5: Programa de Mantenimiento			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH							Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIODRES PS							Fecha de inicio:	22/11/2004	Fecha de culminación:	16/12/2004	Nº Reuniones:	08
#	Modo de falla	Nivel de Severidad (ver NS)	#	Causa Potencial	Equipo	Nivel de Ocurrencia (ver NO)	Nivel de Detectabilidad (ver ND)	S x O	RPN	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal		
		7	2.A.7.2	Falso contacto del cable de señal	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	4	4	28	112	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas		
		7	2.B.1.2	Falso contacto del cable de señal	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	4	35	140	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas		
		7	2.B.1.3	Mal cierre de los álabes	Valvula ingreso de aire - Alimentación de aire	5	4	35	160	Sustitucion ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Instrumentistas y mecánicos		
3.A.6	Falla de la válvula versa de punzado	8	3.A.6.1	Presentan fuga por sellos gastados	Valvula versa punzado - Subsistema de punzado	5	6	40	240	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.A.4	Falla del yugo del carro	8	3.A.4.1	Desgaste de los sellos	Yugo - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.4.2	Fisuramiento de las bocinas guías	Yugo - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
		8	3.A.4.3	Fisuramiento del ojo buey	Yugo - Subsistema de punzado	4	7	32	224	Sustitución ciclica	Cambio	Cada 06 meses	Mecánicos		
3.B.10	Falla de las zapatas guías del carro	5	3.B.10.1	Desgaste de las zapatas	Zapatas guias - Subsistema de punzado	5	7	25	175	1) Tarea a condición 2) Sustitución cíclica	1) Inspección 2) Cambio	1) Cada 01 mes 2) Cada 06 meses	1) Inspectores 2) Mecánicos		
		5	3.B.10.2	Soltura de los pernos de ajuste	Zapatas guias - Subsistema de punzado	5	7	25	175	1) Tarea a condición 2) Reacondicionamiento cíclico	1) Inspección 2) Ajuste de pernos	1) Cada 01 mes 2) Cada 03 meses	1) Inspectores 2) Mecánicos		

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE SILICA																						
1.A.3.1	Alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	Cambio de bobina interna	192	26	NO CRITICO										X				IFTINS	2	HR	2
1.A.3.2	Alimentador vibratorio - alimentación de sílica	Cambio de cables de soporte	168	26	NO CRITICO														IFTME3	1	HR	2
1.B.2.1 / 1.C.1.1	Alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	Medición del air gap	180	26	NO CRITICO								X						IFTINS	0,5	HR	2
1.B.2.2 / 1.C.1.2	Alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	Cambio de resorte de sujeción	168	26	NO CRITICO														IFTME3	0,5	HR	2
1.B.2.3	Alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	Inspección visual de plancha inferior de base	126	26	NO CRITICO								X						IFTIPL	10	MIN	1
1.B.2.3	Alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido de plancha inferior de base	126	26	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
1.A.2.6	Breaker de control - Alimentación de sílica	Cambio del breaker de control	168	14	NO CRITICO														IFTEFU	1	HR	2
1.A.2.10	Breaker de control del alimentador - Alimentación de sílica	Cambio de breaker de control del alimentador	168	14	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,25	HR	2
1.A.2.8	Breaker de fuerza de motor - Alimentación de sílica	Cambio de breaker de fuerza del motor	224	14	NO CRITICO								X						IFTEFU	0,25	HR	2
1.A.2.1	Circuito de control de faja transportadora - Alimentación de sílica	Cambio de terminales	192	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
1.A.2.2	Circuito de control del alimentador vibratorio - Alimentación de sílica	Cambio de terminales	192	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
1.A.2.7	Contacto de motor - Alimentación de sílica	Medición del gap del contacto del motor	224	14	NO CRITICO								X						IFTEFU	0,25	HR	2
1.A.1.1	ENERSUR																					
1.A.7.1 / 1.B.3.1	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Inspección visual de faja	168	26	NO CRITICO								X						IFTME3	10	MIN	1
1.A.7.2 / 1.B.3.2	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Centrado de faja	224 / 168	26	NO CRITICO								X						IFTME3	2	HR	3
1.A.7.3	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido al eje tambor de mando	112	26	NO CRITICO											X			IFTIPL	2	HR	2
1.A.7.4	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido al tambor de mando	112	26	NO CRITICO											X			IFTIPL	2	HR	2
1.A.7.5	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido al eje tambor de cola	112	26	NO CRITICO											X			IFTIPL	2	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
1.A.7.6	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido al tambor de cola	112	26	NO CRITICO											X			IFTIPL	2	HR	2
1.A.7.7	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Inspección visual al templador de faja	112	26	NO CRITICO								X						OPERADOR	10	MIN	1
1.A.7.8	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Inspección visual al chute de descarga	224	26	NO CRITICO					X									OPERADOR	10	MIN	1
1.B.3.3	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Cambio de polines de carga	180	26	NO CRITICO														IFTME3	3	HR	3
1.B.3.4	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Ajuste del templador	144	26	NO CRITICO								X						IFTME3	0,5	HR	2
1.B.3.5	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Cambio de laterales	168	26	NO CRITICO														IFTME3	3	HR	3
1.B.3.6	Faja transportadora - Alimentación de sílica	Reparación de planchas de chute de descarga	210	26	NO CRITICO										X				IFTIPL	4	HR	3
1.A.2.4	Fusible de control - Alimentación de sílica	Cambio de fusibles de control	224	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,25	HR	2
1.A.2.11	Fusibles de control del alimentador - Alimentación de sílica	Cambio de fusibles de control del alimentador	168	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,25	HR	2
1.A.4.1	Motor electrico - Alimentación de sílica	Análisis de nivel de aislamiento del estator	288	26	NO CRITICO								X						IFTEFU	2	HR	2
1.A.4.2	Motor electrico - Alimentación de sílica	Cambio de rodamientos	224	26	NO CRITICO									X					IFTEFU	4	HR	3
1.A.4.3	Motor electrico - Alimentación de sílica	Análisis de Ultrasonido de eje	168	26	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
1.A.2.13	Pull cord de faja - Alimentación de sílica	Ajuste y prueba del pull cord	224	14	NO CRITICO								X						IFTEFU	0,3	HR	1
1.A.6.1	Reductor - Alimentación de sílica	Lubricación de rodamientos	224	26	NO CRITICO					X									IFTLUB	10	MIN	1
1.A.6.1	Reductor - Alimentación de sílica	Análisis de estado de rodamientos	224	26	NO CRITICO									X					IFTME3	16	HR	2
1.A.6.2	Reductor - Alimentación de sílica	Inspección con líquidos penetrantes a piñones	168	26	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
1.A.6.3	Reductor - Alimentación de sílica	Alineamiento	112	26	NO CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	2
1.A.6.3	Reductor - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido al eje principal	112	26	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
1.A.6.4	Reductor - Alimentación de sílica	Inspección visual de nivel de aceite	224	26	NO CRITICO	X													OPERADOR	5	MIN	2
1.A.6.5	Reductor - Alimentación de sílica	ACR al procedimiento de ensamble	168	26	NO CRITICO														IFTME3	3	HR	3

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
1.A.2.3	Rele de sobrecarga - Alimentación de sílica	Cambio del relé de control	224	14	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,25	HR	2
1.A.2.9	Relé de sobrecarga de motor - Alimentación de sílica	Cambio de relé de sobrecarga del motor	224	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,25	HR	2
1.B.1.1	Tolva - Alimentación de sílica	Análisis con ultrasonido de planchas	126	11	NO CRITICO										X				IFTIPL	2	HR	2
1.A.2.5	Transformador de control - Alimentación de sílica	Cambio de transformador de control	168	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,45	HR	2
1.A.2.12	Transformador de control del alimentador - Alimentación de sílica	Cambio de transformador de control del alimentador	168	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,45	HR	2
1.A.5.1	Transmisión - Alimentación de sílica	Cambio de correas de transmisión	280	26	NO CRITICO								X						IFTME3	15	MIN	1
1.A.5.2	Transmisión - Alimentación de sílica	Medición de canales de polea	168	26	NO CRITICO										X				IFTME3	1	HR	1
SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE																						
2.A.2.1	Circuito de control - Alimentación de aire	Cambio de terminales	256	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
2.A.1.1	ENERSUR																					
2.A.3.1 / 2.A.3.2	Equipo de lubricación - Alimentación de aire	Inspección y monitoreo	84	24	NO CRITICO								X						IFTIPL	0,5	HR	1
2.A.2.3	Fusible de control - Alimentación de aire	Cambio de fusibles de control	224	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,25	HR	2
2.A.5.1	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	Lubricación de rodamientos	64	88	CRITICO					X									IFTLUB	10	MIN	1
2.A.5.1	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	Análisis de estado de rodamientos	64	88	CRITICO									X					IFTME2	16	HR	3
2.A.5.2	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	Inspección con líquidos penetrantes de piñones	96	88	CRITICO									X					IFTIPL	16	HR	2
2.A.5.3	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	Alineamiento del incrementador	96	88	CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	3
2.A.5.3	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	Análisis con ultrasonido al eje	96	88	CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
2.A.5.4	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	Inspección visual	224	88	CRITICO	X													OPERADOR	10	MIN	1

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
2.A.5.5	Incrementador de velocidad - Alimentación de aire	ACR al procedimiento de ensamble	112	88	CRITICO														IFTME2	3	HR	3
2.B.3.1	Junta rotatoria - Alimentación de aire	Cambio junta	240	7	NO CRITICO								X						IFTME2	3	HR	3
2.A.4.1	Motor - Alimentación de aire	Análisis de nivel de aislamiento del estator	64	88	CRITICO								X						IFTEFU	2	HR	2
2.A.4.2	Motor - Alimentación de aire	Cambio de rodamientos	48	88	CRITICO									X					IFTME3	4	HR	3
2.A.4.3	Motor - Alimentación de aire	Análisis de Ultrasonido al eje	144	88	CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
2.A.2.2	Relé de sobrecarga - Alimentación de aire	Cambio de relé de sobrecarga	224	14	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,25	HR	2
2.A.6.1	Soplador - Alimentación de aire	Inspección de álabes	128	88	CRITICO								X						IFTIPL	2	HR	1
2.A.6.1	Soplador - Alimentación de aire	Análisis de tintes penetrantes a los álabes	128	88	CRITICO										X				IFTIPL	4	HR	1
2.A.6.2	Soplador - Alimentación de aire	Inspección y monitoreo	96	88	CRITICO			X											IFTLUB	0,5	HR	1
2.A.6.3	Soplador - Alimentación de aire	Análisis de estado de rodamientos	120	88	CRITICO									X					IFTME2	4	HR	3
2.A.6.4	Soplador - Alimentación de aire	Alineamiento del eje	96	88	CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	3
2.A.6.4	Soplador - Alimentación de aire	Análisis con ultrasonido de eje	96	88	CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
2.A.6.5	Soplador - Alimentación de aire	Inspección de voluta	144	88	CRITICO								X						IFTIPL	2	HR	1
2.A.6.5	Soplador - Alimentación de aire	Análisis de tintes penetrantes de voluta	144	88	CRITICO										X				IFTIPL	4	HR	1
2.A.6.6	Soplador - Alimentación de aire	ACR al procedimiento	224	88	CRITICO														IFTME2	3	HR	3
2.A.11.1 / 2.A.11.2	Tapas de toberas - Alimentación de aire	Rediseño	504	100	CRITICO														INGENIERÍA	-	-	
2.A.10.1 / 2.B.6.1	Toberas - Alimentación de aire	Rediseño	168 / 432	100	CRITICO														INGENIERÍA	-	-	
2.A.2.4	Transformador de control - Alimentación de aire	Cambio del transformador de control	224	14	NO CRITICO														IFTEFU	0,45	HR	2
2.B.2.1	Tubería de aire - Alimentación de aire	Análisis de Ultrasonido	84	28	NO CRITICO											X			IFTIPL	8	HR	2
2.A.8.1 / 2.B.4.1	Tubo fuelle - Alimentación de aire	Cambio del tubo	70 / 96	11	NO CRITICO														IFTCME	4	HR	2
2.A.8.2	Tubo fuelle - Alimentación de aire	Limpieza de tubo	140	11	NO CRITICO								X						IFTME2	1	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Nº Reuniones: 08					
EQFNR-LOW		PLPOD-LTXA1	FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
3.A.15.1 / 3.A.15.2	Estructura inferior - Subsistema de punzado	Inspección	112	11	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
3.A.15.1 / 3.A.15.2	Estructura inferior - Subsistema de punzado	Análisis por ultrasonido	112	11	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	1
3.A.14.1 / 3.A.14.2	Estructura superior - Subsistema de punzado	Inspección	168 / 112	11	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
3.A.14.1 / 3.A.14.2	Estructura superior - Subsistema de punzado	Análisis por ultrasonido	168 / 112	11	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	1
3.A.14.3	Estructura superior - Subsistema de punzado	Ajuste de esparragos	336	11	NO CRITICO							X							IFTME2	15	MIN	1
3.A.5.1 / 3.B.3.1	Guías laterales - Subsistema de punzado	Lubricación de guías	224 / 252	18	SEMI CRITICO			X											IFTLUB	15	MIN	1
3.A.5.2 / 3.A.5.3 / 3.A.5.4 / 3.B.3.2	Guías laterales - Subsistema de punzado	Cambio de guías	112 / 112 / 224 / 288	18	SEMI CRITICO								X						IFTME2	3	HR	2
3.A.2.3	Interruptores interlock - Subsistema de punzado	Cierre de bloqueos	384	27	SEMI CRITICO														IFTEFU IFTINS	1	HR	2
3.A.2.4 / 3.B.1.1	Jostick de mando - Subsistema de Punzado	Inspección de jostick	336 / 280	34	SEMI CRITICO			X											IFTEFU IFTINS	0,5	HR	1
3.A.12.1 / 3.B.8.1	Piñón - Subsistema de punzado	Alineamiento de piñón de avance	240 / 216	9	NO CRITICO							X							IFTME2	1	HR	1
3.A.12.2	Piñón - Subsistema de punzado	Inspección	168	9	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	2
3.A.12.2	Piñón - Subsistema de punzado	Análisis por ultrasonido	168	9	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	1
3.A.3.1 / 3.A.3.2 / 3.A.3.3 / 3.A.3.4 / 3.A.3.5 / 3.B.2.1 / 3.B.2.2	Pistón neumático - Subsistema de punzado	Rediseño	336 / 224 / 224 / 112 / 112 / 252 / 252	68	CRITICO														INGENIERÍA	-	-	
3.A.2.2	PLC - Subsistema de punzado	Inspección y medición de parámetros	240	27	SEMI CRITICO								X						IFTEFU IFTINS	4	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
3.A.7.1	Portabarreras - Subsistema de punzado	Cambio de pernos	224	18	NO CRITICO								X						IFTME2	2	HR	1
3.A.7.2	Portabarreras - Subsistema de punzado	Cambio de portabarreras	168	18	NO CRITICO									X					IFTME2	2	HR	1
3.B.4.1	Portabarreras - Subsistema de punzado	Ajuste de pernos	240	18	NO CRITICO							X							IFTME2	20	MIN	1
3.A.2.7	Pull cord - Subsistema de punzado	Cambio de pull cord	384	27	SEMI CRITICO			X											IFTEFU IFTINS	1	HR	1
3.A.17.1 / 3.A.17.2 / 3.B.12.1	Riel guía - Subsistema de punzado	Inspección de riel	168 / 224 / 196	13	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
3.A.17.1 / 3.A.17.2 / 3.B.12.1	Riel guía - Subsistema de punzado	Cambio de riel	168 / 224 / 196	13	NO CRITICO												X		IFTCME	8	HR	3
3.A.17.3 / 3.B.12.2	Riel guía - Subsistema de punzado	Limpieza de riel	448 / 392	13	NO CRITICO	X													OPERADOR	10	MIN	1
3.A.16.1 / 3.A.16.2 / 3.B.11.1	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	Inspección de rieles	147 / 196 / 196	13	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
3.A.16.1 / 3.A.16.2 / 3.B.11.1	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	Cambio de rieles	147 / 147 / 196	13	NO CRITICO												X		IFTCME	8	HR	3
3.A.16.3 / 3.B.11.2	Rieles de desplazamiento - Subsistema de punzado	Limpieza de riel	392	13	NO CRITICO	X													OPERADOR	10	MIN	1
3.A.13.1 / 3.A.13.2 / 3.B.9.1 / 3.B.9.2	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	Cambio de ruedas	245 / 245 / 210 / 252	15	SEMI CRITICO														IFTME2	1	HR	2
3.A.13.3	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	Alineamiento de rueda de avance	245	15	SEMI CRITICO							X							IFTME2	1	HR	2
3.A.13.4 3.B.9.3	Ruedas de avance - Subsistema de punzado	Lubricación de rodamientos	294	15	SEMI CRITICO			X											IFTLUB	15	MIN	1
3.A.9.1 / 3.B.5.1	Servomotor - Subsistema de punzado	Limpieza y ajuste de terminales	160 / 240	60	SEMI CRITICO							X							IFTEFU	15	MIN	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
3.A.9.2	Servomotor - Subsistema de punzado	Inspección de base	168	60	SEMI CRITICO									X					IFTIPL	15	MIN	1
3.B.5.2	Servomotor - Subsistema de punzado	Ajuste de pernos	288	60	SEMI CRITICO							X							IFTME2	20	MIN	1
3.A.11.1 / 3.B.7.1	Transmisión - Subsistema de punzado	Cambio de cadena	168 / 126	5	NO CRITICO								X						IFTME2	1	HR	1
3.A.11.2 / 3.B.7.2	Transmisión - Subsistema de punzado	Ajuste de pernos de piñon	224 / 168	5	NO CRITICO							X							IFTME2	15	MIN	1
3.A.11.3 / 3.A.11.4	Transmisión - Subsistema de punzado	Inspección	112	5	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
3.A.11.3 / 3.A.11.4	Transmisión - Subsistema de punzado	Análisis por ultrasonido	112	5	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	1
3.A.2.6 / 3.B.1.2	Válvula de punzado - Subsistema de punzado	Cambio de solenoide	288 / 336	18	NO CRITICO														IFTEFU IFTINS	0,5	HR	1
3.A.6.1	Valvula de punzado - Subsistema de punzado	Cambio de valvula de punzado	240	18	NO CRITICO								X						IFTME2	0,5	HR	1
3.A.4.1	Yugo - Subsistema de punzado	Cambio de sellos	224	36	SEMI CRITICO								X						IFTME2	2	HR	2
3.A.4.2	Yugo - Subsistema de punzado	Cambio de bocinas guías	224	36	SEMI CRITICO								X						IFTME2	2	HR	2
3.A.4.3	Yugo - Subsistema de punzado	Cambio de ojo buey	224	36	SEMI CRITICO								X						IFTME2	2	HR	2
3.B.10.1 / 3.B.10.2	Zapatras guías - Subsistema de punzado	Inspección	175	13	NO CRITICO					X									IFTIPL	15	MIN	1
3.B.10.1	Zapatras guías - Subsistema de punzado	Cambio de zapatras	175	13	NO CRITICO								X						IFTME2	0,5	HR	2
3.B.10.2	Zapatras guías - Subsistema de punzado	Ajuste de pernos	175	13	NO CRITICO							X							IFTME2	15	MIN	1
SUBSISTEMA MOTRIZ																						
4.A.4.1 / 4.A.4.2	Acoplamiento - Subsistema motriz	Inspección visual	112	15	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
4.A.8.1 / 4.A.8.2	Acoplamiento rígido - Subsistema motriz	Inspección visual	112	15	NO CRITICO					X									IFTIPL	15	MIN	1

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
4.A.2.6	Banco de resistencias - Subsistema motriz	Cambio de banco de resistencias	168	15	NO CRITICO														IFTEFU	0,45	HR	2
4.A.2.5	Breaker de control - Subsistema motriz	Cambio de breker de control	168	15	NO CRITICO														IFTEFU	1	HR	2
4.A.6.1	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Inspección visual	168	28	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
4.A.6.2	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Alineamiento de eje	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.6.2	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Análisis con ultrasonido de eje	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.6.3	Caja de engranajes - Subsistema motriz	Inspección con tintes penetrantes de piñones	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	2
4.A.11.1	Chumaceras - Subsistema motriz	Inspección visual	168	15	NO CRITICO					X									IFTIPL	15	MIN	1
4.A.11.2	Chumaceras - Subsistema motriz	Lubricación	224	15	NO CRITICO			X											IFTLUB	15	MIN	1
4.A.2.1	Circuito de control - Subsistema motriz	Cambio de terminales	48	15	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
4.A.2.9 / 4.B.1.1	Contactador de aceleración del motor - Subsistema motriz	Medición del gap	168 / 147	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,5	HR	2
4.A.2.8	Contactador reversible del motor - Subsistema motriz	Medición del gap	168	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,5	HR	2
4.A.12.1	Cremallera de rotación - Subsistema motriz	Inspección visual	112	38	SEMI CRITICO								X						IFTIPL	0,5	HR	1
4.A.7.1	Eje intermedio - Subsistema motriz	Alineamiento de eje	112	25	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.7.1	Eje intermedio - Subsistema motriz	Análisis con ultrasonido de eje	112	25	NO CRITICO									X					IFTIPL	1	HR	2
4.A.9.1	Eje principal - Subsistema motriz	Alineamiento de eje	112	15	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.9.1	Eje principal - Subsistema motriz	Análisis con ultrasonido de eje	112	15	NO CRITICO									X					IFTIPL	1	HR	2
4.A.9.2	Eje principal - Subsistema motriz	Inspección visual	112	15	NO CRITICO					X									IFTIPL	15	MIN	1
4.A.1.1	ENERSUR																					
4.A.13.1 / 4.A.13.2 / 4.B.2.1 / 4.B.2.2	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	Inspección visual	224 / 224 / 196 / 196	15	NO CRITICO								X						IFTME2	15	MIN	1
4.A.13.2 / 4.B.2.2	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	Cambio de pistón hidráulico	224 / 196	15	NO CRITICO									X					IFTME2	4	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
4.A.13.3 / 4.B.2.3	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	Cambio de zapatas	224 / 196	15	NO CRITICO								X						IFTME2	1	HR	2
4.A.13.4	Freno electrohidráulico - Subsistema motriz	Limpieza y ajuste de terminales	160	15	NO CRITICO								X						IFTEFU	15	MIN	2
4.A.2.3	Fusible de control - Subsistema motriz	Cambio de fusible de control	168	15	NO CRITICO														IFTEFU	0,25	HR	2
4.A.2.11	Master Switch - Subsistema motriz	Cambio de master switch	224	15	NO CRITICO								X						IFTEFU	1	HR	2
4.A.3.1	Motor eléctrico - Subsistema motriz	Análisis de nivel de aislamiento	64	15	NO CRITICO								X						IFTEFU	2	HR	2
4.A.3.2	Motor eléctrico - Subsistema motriz	Inspección visual	224	15	NO CRITICO					X									IFTEFU	15	MIN	1
4.A.3.3	Motor eléctrico - Subsistema motriz	Cambio	168	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	4	HR	3
4.A.3.4	Motor eléctrico - Subsistema motriz	Análisis de Ultrasonido	112	15	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.10.1	Piñon de transmisión - Subsistema motriz	Inspección visual	112	16	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
4.A.10.2	Piñon de transmisión - Subsistema motriz	Alineamiento de piñon	112	16	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.10.2	Piñon de transmisión - Subsistema motriz	Analisis con ultrasonido de piñon	112	16	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.2.7	PLC - Subsistema motriz	Inspección y medición de parámetros	168	15	NO CRITICO									X					IFTEFU IFTINS	4	HR	2
4.A.5.1	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	Lubricación de rodamientos	112	28	NO CRITICO					X									IFTLUB	15	MIN	1
4.A.5.1	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	Analisis de estado de rodamientos	112	28	NO CRITICO									X					IFTME2	8	HR	3
4.A.5.2	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	Inspección con tintes penetrantes	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	8	HR	2
4.A.5.3	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	Alineamiento	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	2
4.A.5.3	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	Analisis con ultrasonido	112	28	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
4.A.5.4	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	Inspección visual	224	28	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
4.A.5.5	Reductor de velocidad - Subsistema motriz	ACR al procedimiento	112	28	NO CRITICO														IFTME2	3	HR	3
4.A.2.2	Relé de sobrecarga - Subsistema motriz	Cambio de relé	168	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,25	HR	2
4.A.2.10	Relé de sobrecarga del motor - Subsistema motriz	Cambio de relé	168	15	NO CRITICO									X					IFTEFU	0,25	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
																	Nº Reuniones: 08					
EQFNR-LOW		PLPOD-LTXA1	FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
4.A.2.4	Transformador de control - Subsistema motriz	Cambio de transformador de control	168	15	NO CRITICO														IFTEFU	0,45	HR	2
SUBSISTEMA DE ROLADO																						
5.A.3.1	Caja de engranajes - Subsistema de rolado	Inspección con tintes penetrantes	168	20	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
5.A.3.2	Caja de engranajes - Subsistema de rolado	Inspección visual	224	20	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
5.A.5.1	Chumaceras - Subsistema de rolado	Cambio de chumaceras	192	20	NO CRITICO										X				IFTME2	2	HR	2
5.A.5.2 / 5.A.5.3	Chumaceras - Subsistema de rolado	Inspección visual	192 / 256	20	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1
5.A.4.1	Eje - subsistema de rolado	Inspección visual	168	20	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
5.A.6.1 / 5.A.6.2	Embrague neumático - Subsistema de rolado	Inspección visual	192	40	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
5.A.2.1 / 5.A.2.2	Motor neumático - Subsistema de rolado	Cambio de motor	256 / 192	40	NO CRITICO								X						IFTME2	4	HR	3
5.A.2.3	Motor neumático - Subsistema de rolado	Inspección visual	224	40	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
5.A.1.1 / 5.A.1.2	Valvula 04 vías - Subsistema de rolado	Inspección visual	288	40	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
5.A.1.2	Valvula 04 vías - Subsistema de rolado	Cambio de válvula	288	40	NO CRITICO										X				IFTME2	2	HR	2
SUBSISTEMA DE ESTRUCTURAS																						
7.A.1.1	Boca - Horno Convertidor	Análisis termográfico de labio	256	24	NO CRITICO							X							IFTIPL	2	HR	1
7.A.1.2 / 7.B.1.2	Boca - Horno Convertidor	Análisis termográfico de laterales	256 / 196	24	NO CRITICO							X							IFTIPL	2	HR	1
7.A.2.1	Boca - Horno Convertidor	Limpieza de acreciones	224	24	NO CRITICO			X											OPERACIONES	0,5	HR	1
7.B.1.1	Boca - Horno Convertidor	Análisis termográfico de nuca	196	24	NO CRITICO							X							IFTIPL	2	HR	1
6.A.1.1	Carcaza - Horno Convertidor	Análisis termográfico	192	52	SEMI CRITICO							X							IFTIPL	2	HR	1
6.A.1.2	Carcaza - Horno Convertidor	Análisis termográfico de la línea de toberas	144	52	SEMI CRITICO							X							IFTIPL	1	HR	1
6.B.2.1 / 6.B.2.2 / 6.B.2.3 / 6.B.2.4	Pistas de deslizamiento - Horno Convertidor	Inspección visual	147	28	NO CRITICO								X						IFTIPL	0,5	HR	1

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Nº Reuniones: 08					
	EQFNR-LOW	PLPOD-LTXA1				FRECUENCIA										PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL			
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
6.B.4.1 / 6.B.4.2 / 6.B.4.3 / 6.B.4.4	Rodillos con pestañas - Horno Convertidor	Inspección visual	126	58	SEMI CRITICO								X						IFTIPL	0,5	HR	1
6.B.3.1 / 6.B.3.2 / 6.B.3.3	Rodillos planos - Horno Convertidor	Inspección visual	126	58	SEMI CRITICO							X							IFTIPL	0,5	HR	1
6.A.2.1	Tapas laterales - Horno Convertidor	Análisis termográfico	144	22	NO CRITICO						X								IFTIPL	2	HR	1
6.B.1.1	Tapas laterales - Horno Convertidor	Ajuste de pernos	168	22	NO CRITICO							X							IFTME2	2	HR	2
6.B.1.2	Tapas laterales - Horno Convertidor	Limpieza y soltura de resortes	168	22	NO CRITICO							X							IFTME2	2	HR	2
6.B.1.3	Tapas laterales - Horno Convertidor	Inspección visual de vigas laterales	126	22	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
SUBSISTEMA DE EVACUACION DE GASES																						
9.A.2.5	Braker de control - Transportador de polvo	Cambio de breker	224	10	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
8.A.6.2	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Inspección visual de eje motriz	168	18	NO CRITICO							X							IFTME3	15	MIN	1
8.A.6.2	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Análisis por ultrasonido de eje motriz	168	18	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
8.A.6.3	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Inspección visual del templador	168	18	NO CRITICO							X							IFTME3	15	MIN	1
8.A.6.4	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Inspección visual del eje de cola	168	18	NO CRITICO							X							IFTME3	15	MIN	1
8.A.6.4	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Análisis por ultrasonido del eje de cola	168	18	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
8.A.6.5	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Inspección visual del tambor de tracción	168	18	NO CRITICO							X							IFTME3	15	MIN	1
8.A.6.5	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Análisis por ultrasonido del tambor de tracción	168	18	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
9.A.6.1 / 9.B.1.1 / 9.B.1.2	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Cambio de eslabones	224 / 245 / 280	18	NO CRITICO								X						IFTME3	8	HR	3
9.B.1.3	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Cambio de ejes soportes	147	18	NO CRITICO								X						IFTME3	4	HR	3
9.B.1.4	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Cambio de bocinas de ejes de soporte	245	18	NO CRITICO							X							IFTME3	4	HR	3
9.B.1.5	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Cambio de mangas	245	18	NO CRITICO														IFTME3	1	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
9.B.1.6	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Inspección visual de uniones soldadas del cajon	224	18	NO CRITICO								X						IFTME3	15	MIN	1
9.B.1.6	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Análisis por ultrasonido de uniones soldadas del cajon	224	18	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
9.B.1.7	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Inspección visual de planchas del cajon	224	18	NO CRITICO								X						IFTME3	15	MIN	1
9.B.1.7	Cadena de arrastre - Transportador de polvo	Análisis por ultrasonido de las planchas del cajon	224	18	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
9.A.2.1	Circuito de control - Transportador de polvo	Cambio de terminales	224	10	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
8.A.3.1	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Limpieza y ajuste de terminales de control	112	22	NO CRITICO								X						IFTEFU	15	MIN	2
8.A.3.2	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Cambio de motor	112	22	NO CRITICO								X						IFTEFU	4	HR	2
8.A.3.3	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Overhaul de reductor de velocidad	224	22	NO CRITICO								X						IFTME3	16	MIN	2
8.A.3.4	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Inspección visual de tambor de enrollamiento	168	22	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
8.A.3.5	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Inspección visual de cables	224	22	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
8.A.3.5	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Cambio de cables de izamiento	224	22	NO CRITICO									X					IFTCME	8	HR	3
8.A.3.6	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Inspección visual de ruedas	224	22	NO CRITICO							X							IFTIPL	0,5	HR	1
8.A.3.7	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Inspección visual de poleas	168	22	NO CRITICO							X							IFTIPL	0,5	HR	1
8.A.3.8	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Inspección visual de rieles	168	22	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
8.A.3.8	Compuerta de chimenea - Evacuación de gases	Cambio de rieles	168	22	NO CRITICO									X					IFTCME	8	HR	3

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNO CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNO CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Nº Reuniones: 08					
REF.	EQFNR-LOW	PLPOD-LTXA1	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	FRECUENCIA										PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL			
	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA				1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
8.A.1.1	Ducto de colección - Evacuación de gases	Análisis de ultrasonido	162	10	NO CRITICO										X				IFTIPL	16	HR	2
8.A.1.2	Ducto de colección - Evacuación de gases	Inspección visual	162	10	NO CRITICO							X							IFTIPL	0,5	HR	1
8.A.1.3	Ducto de colección - Evacuación de gases	Cambio de sellos de compuerta de hombre	162	10	NO CRITICO														IFTME3	2	HR	2
8.A.1.4	Ducto de colección - Evacuación de gases	Inspección visual de empaque del ducto	162	10	NO CRITICO							X							IFTIPL	15	MIN	1
9.A.1.1	ENERSUR																					
9.A.2.3	Fusible de control - Transportador de polvo	Cambio de fusible	224	10	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
8.A.4.1	Mandil de contrapeso - Evacuación de gases	Cambio de mandil	192	14	NO CRITICO							X							IFTCME	4	HR	3
8.A.4.2	Mandil de contrapeso - Evacuación de gases	Inspección visual	144	14	NO CRITICO						X								IFTIPL	15	MIN	1
9.A.3.1	Motor eléctrico - Transportador de polvo	Análisis de nivel de aislamiento	216	5	NO CRITICO							X							IFTEFU	2	HR	2
9.A.3.2	Motor eléctrico - Transportador de polvo	Cambio de rodamientos	168	5	NO CRITICO								X						IFTEFU	4	HR	2
9.A.3.3	Motor eléctrico - Transportador de polvo	Análisis de Ultrasonido de eje	112	5	NO CRITICO								X						IFTIPL	2	HR	2
8.A.2.1	Planchones inferiores - Evacuación de gases	Cambio de pernos de ajuste	224	22	NO CRITICO							X							IFTCME	8	HR	2
8.A.2.2	Planchones inferiores - Evacuación de gases	Cambio de planchones	224	22	NO CRITICO							X							IFTCME	8	HR	3
9.A.4.1	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	Lubricación de rodamientos	168	5	NO CRITICO					X									IFTLUB	15	MIN	1
9.A.4.1	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	Análisis de estado de rodamientos	168	5	NO CRITICO								X						IFTME3	8	HR	3
9.A.4.2	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	Inspección con tintes penetrantes de piñones	112	5	NO CRITICO									X					IFTIPL	4	HR	2
9.A.4.3	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	Alineamiento	112	5	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
9.A.4.3	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	Análisis con ultrasonido	112	5	NO CRITICO									X					IFTIPL	2	HR	2
9.A.4.4	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	Inspección visual de nivel de aceite	224	5	NO CRITICO	X													OPERADOR	15	MIN	1
9.A.4.5	Reductor de velocidad - Transportador de polvo	ACR al procedimiento	168	5	NO CRITICO														IFTME3	3	HR	3
9.A.2.2	Relé de sobrecarga - Transportador de polvo	Cambio de relé	224	10	NO CRITICO							X							IFTEFU	0,5	HR	2
9.A.2.6	Relé de sobrecarga del motor - Transportador de polvo	Cambio de relé	224	10	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2

TABLA 4.12 Programa de Mantenimiento (Formato Sistema de Información MIMS)

Paso No 5: Programa de Mantenimiento CPS-MIMS			SISTEMA: HORNOS CONVERTIDORES PEIRCE SMITH														Facilitador: Carlos Córdova M. Iván López M.					
Rev. No: 03			DESCRIPCION PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE HORNOS CONVERTIDORES PS VIA MIMS														Fecha de inicio: 22/11/2004		Fecha de culminación: 16/12/2004			
			FRECUCENCIA														PLPOD-ARBPL	PLPOD-ARBEI	PLPOD-ARBEH	PLPOD-ANZZL		
REF.	NOMBRE DEL EQUIPO	TAREA	RPN	JERAR	TIPO JERARQ.	1D	5D	1S	2S	1M	2M	4M	6M	1A	2A	3A	4A	5A	RESPONSABLE	DURACION DEL TRABAJO	UNID.	No. DE PERSONAS
8.A.5.1	Tobogán de material - Evacuación de gases	Cambio de planchas desgastadas	168	14	NO CRITICO								X						IFTCME	6	HR	2
8.A.5.2	Tobogán de material - Evacuación de gases	Inspección visual	168	14	NO CRITICO								X						IFTCME	15	MIN	1
9.A.2.4	Transformador de control - Transportador de polvo	Cambio de transformador	224	10	NO CRITICO														IFTEFU	0,5	HR	2
9.A.5.1	Transmisión - Transportador de polvo	Cambio de correas de transmisión	224	10	NO CRITICO								X						IFTME3	0,5	HR	2
9.A.5.2	Transmisión - Transportador de polvo	Inspección visual de polea de transmision	168	10	NO CRITICO								X						IFTIPL	15	MIN	1

CAPITULO 4

IMPLANTACIÓN DEL RCM

4.1. CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

Durante el mes de noviembre del 2004, la Gerencia de Mantenimiento Ilo y Operaciones Fundición, aprobaron la puesta en marcha de la implantación del RCM a los Hornos Convertidores Peirce Smith, luego de varios meses de preparación metodológica.

De inmediato se invitó a todo el personal de las diferentes áreas involucradas al proceso productivo de la Fundición, conformando el grupo natural de trabajo para el desarrollo de la metodología propuesta.

Las áreas involucradas en el proceso fueron las Superintendencias de Operaciones Fundición, Procesos, Planeamiento e Ing. de Mantenimiento, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico e instrumentación, de Seguridad y los especialistas.

Como primer paso, en la TABLA 4.1 se muestra a los integrantes del grupo natural de trabajo, indicando cada uno de las áreas participantes.

4.2. CONTEXTO OPERACIONAL

4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

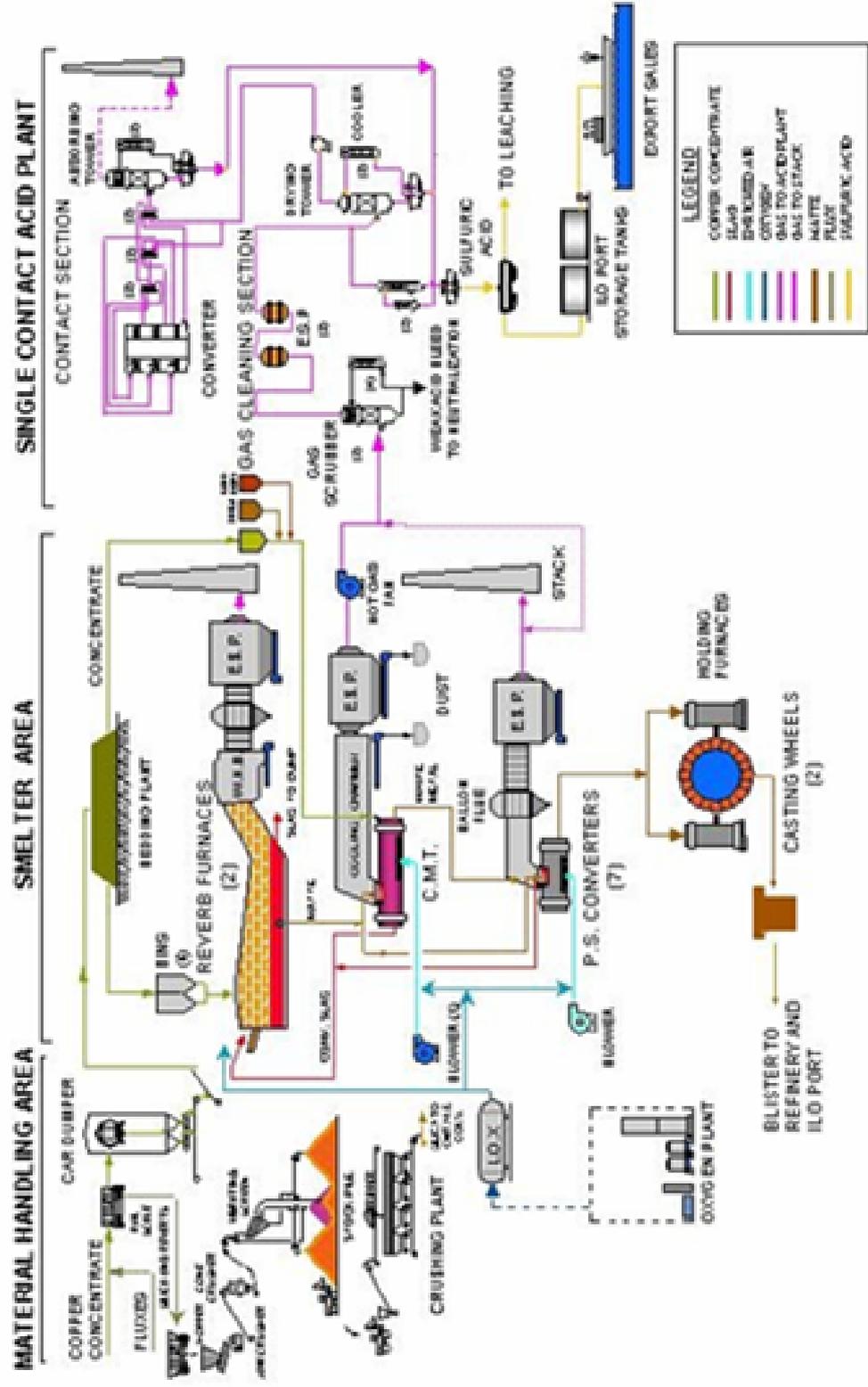
La sílica se almacena en la tolva de almacenamiento de 50 ton; seguidamente en forma controlada se alimenta, mediante un alimentador vibratorio, a una faja transportadora, que lleva la sílica a un chute de alimentación ubicado en la parte lateral de la campana extractora de gases. Una balanza nuclear, permite pesar y conocer el tonelaje de sílica que entra al horno convertidor.

La mata, que proviene de los hornos reverberos, y el frío recirculante, contenidos en ollas, son vaciados a la boca del horno convertidor desde las ollas de las grúas puente. Una vez que todos los materiales necesarios están cargados, el aire de proceso es introducido al baño de convertidores a través de una línea de toberas a lo largo de la carcasa del horno convertidor y es enriquecido hasta 24 por ciento de oxígeno. El calor generado durante el soplado, debido a la oxidación del Fe y S, es suficiente para que el proceso sea autógeno, es decir, que no requiere de combustible adicional para mantener fundida la carga. En el GRÁFICO 4.1 se muestra el diagrama de flujo de la fundición de cobre.

El proceso de conversión de los hornos convertidores se realiza en dos fases secuenciales, los cuales son:

1. Oxidación de la mata hasta eliminar el hierro como óxido ferroso (FeO) o soplado a escoria;
2. Oxidación del metal blanco (Cu_2O) hasta la formación del cobre blister o ampolloso, o soplado a cobre de 99.2 por ciento de cobre.

GRÁFICO 4.1 Diagrama de Flujo de la Fundición de Cobre SPCC



4.2.1.1. SOPLADO A ESCORIA

Cuando el aire procedente del soplador ingresa por las toberas y entra en contacto con el baño del convertidor, el oxígeno (O_2) del aire oxida el sulfuro de hierro (FeS) de la mata para formar óxido de hierro (FeO) y anhídrido sulfuroso (SO_2). Durante los minutos iniciales que siguen al soplado del horno convertidor, se carga sílica. Esquemáticamente se representa así:



El anhídrido sulfuroso (SO_2) es eliminado como gas a través de la boca del convertidor. La sílice (SiO_2) de la sílica forma silicato con el óxido de hierro (FeO) y la magnetita (Fe_3O_4), dando lugar a la escoria que flota en el baño fundido. El soplado continúa hasta que una considerable cantidad de escoria se forma, entonces el horno convertidor es volteado a la posición de carga. La escoria es retirada y retornada a los hornos reverberos para recuperar el cobre contenido en ella.

4.2.1.2. SOPLADO A COBRE.

Después de haber acumulado la suficiente carga de sulfuro de cobre (Cu_2S) o metal blanco, con una ley aproximada de 78% Cu y después de tratar alrededor de 10 a 15 ollas de mata (de acuerdo a la ley de mata) se sopla a cobre, según sea el caso de un convertidor chico o grande.

Esta etapa del ciclo del horno convertidor dura aproximadamente entre 2 ½ á 3 ½ horas. Durante el soplado el metal blanco es oxidado, formando anhídrido sulfuroso y cobre metálico de 99.2% Cu o Blister. Finalmente el Blister de los hornos convertidores es transferido a los Hornos de Retención de las Plantas de Moldeo.

Esquemáticamente, esta parte del proceso se puede representar así:



4.2.1.3. MATERIALES EN PROCESO

LA MATA

La mata es el producto valioso de los hornos reverberos; éstas son disoluciones líquidas de sulfuros metálicos. Los constituyentes principales son el sulfuro de cobre (Cu_2S) y el sulfuro de hierro (FeS). Las matas también disuelven otros elementos además de los metales y azufre, como el oro, la plata, el selenio y el telurio. La temperatura promedio de la mata es de 1200 °C y tiene una densidad promedio de 4.5 gr/cm³. El análisis químico promedio de la mata es el siguiente: 37.38 %Cu, 25.92 %S, 30.22 %Fe, 6.92 %Fe₃O₄. Una mata con bajo contenido de cobre o de baja ley (menor de 40% Cu) al ser procesada en los hornos convertidores, necesita mayor cantidad de sílica para obtener una buena escoria y adicionalmente podemos fundir mayor cantidad de material frío. Una mata con alto contenido de cobre o de alta ley (mayor de 40% Cu) al ser procesada en los hornos convertidores, necesita menor cantidad de sílica para obtener una buena escoria, pero la fusión de material frío se ve disminuida.

LA SÍLICA

La sílica es un mineral con alto contenido de sílice (SiO_2) y otros óxidos. Se conocen dos tipos de sílica: sílica de baja ley (60-75% SiO_2) y sílica de alta ley (80-90% SiO_2).

En la Fundición tenemos sílica de 80 % SiO_2 (mineral de la mina) y sílica de 90% SiO_2 (mineral comprado); una mezcla en proporciones adecuadas de ambos minerales y material frío recirculante nos da una mezcla con 80 % SiO_2 , que es el flux o "sílica" que cargamos a los hornos convertidores. El uso de sílica con mayor contenido de SiO_2 permite un ahorro de energía en el sistema lo cual hace posible fundir mayor cantidad de material frío.

En los hornos convertidores la sílice es el escorificador por excelencia que permite sílicatar los óxidos de fierro producto de las reacciones de conversión y eliminarlos como escoria; también se adiciona al final del soplado a cobre para enfriar la escoria final del soplado ("frazada") permitiendo enviar un cobre limpio a los hornos de tetención.

El tamaño de la sílica recomendable es entre $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ". El uso de sílica muy fina no es recomendable porque el tiro de la campana extractora de gases absorbería gran parte de la sílica alimentada; y por el contrario si el tamaño de la sílica es muy grande el proceso de conversión se hace largo porque la sílica demora en fundirse.

EL METAL BLANCO

El metal blanco es una mata de alta ley, el cual presenta un porcentaje aproximado del 70% y 78% de Cu.

Al final de la etapa de soplado a escoria en el horno convertidor se obtiene escoria y metal blanco. La escoria es retirada y retornada a los hornos reverberos y el metal blanco queda en el horno convertidor.

En cada soplado a escoria se va acumulando mayor cantidad de metal blanco y al mismo tiempo se enriquece la ley de tal manera que en el último soplado a escoria tenemos suficiente metal blanco con una ley de 78% Cu, que nos permita soplar a cobre y obtener una carga de acuerdo a la capacidad del horno convertidor.

LA ESCORIA

La escoria es una disolución compleja de silicatos de fierro y otros elementos. La función principal de la escoria es la de recoger y retirar del proceso de conversión las impurezas presentes en la carga (SiO_2 , FeO , Al_2O_3 , CaO , Fe_3O_4 , etc.)

Al soplar la mata se forman óxidos de fierro que al reaccionar con la sílica forma los silicatos. Los óxidos principales que hay en la escoria son el óxido ferroso (FeO) y la magnetita (Fe_3O_4). Se debe obtener una escoria con un contenido bajo de magnetita (16% a 18%) pues es más fluida y con bajo contenido de cobre.

Como la escoria se separa del horno convertidor por **estratificación** de gravedad, la escoria debe ser bastante más ligera que el metal blanco para que las partículas de escoria se eleven rápidamente a la parte superior de la fase metálica y las partículas metálicas de Cu_2S descendan rápidamente separándose de la fase escoria.

Este requerimiento no es crítico porque los óxidos y silicatos líquidos tienen como regla pesos específicos considerablemente menores que los metales y sulfuros metálicos. El peso específico promedio de las escorias de convertidores está entre 3.2 y 3.6 gr/cc, mientras que el del metal blanco está entre 4.6 y 5.2 gr/cc.

OTROS

Los polvos, son materiales de recirculación y se producen durante el soplado de la carga fundida. Los gases y las partículas sólidas finas son arrastrados por el tiro de la campana extractora de gases. Los polvos de mayor peso se precipitan en el ducto, otra parte menos pesada y fina es arrastrada a los precipitadores electroestáticos, es así como se forman dos tipos de polvo. Los gruesos o polvo de los ductos tienen un contenido aproximado de 40% - 50 % Cu. Los finos o polvo de precipitadores tienen un 20% - 25% Cu. Los polvos se utilizan en la operación del soplado de cobre con el fin de regular la temperatura

El material recirculante o frío, es todo el material generado durante las operaciones de la Fundición y que normalmente se encuentra en el pasillo de grúas de convertidores o en botaderos especiales para tal fin. Éste frío es nuevamente cargado al circuito de convertidores para ser fundido. El recirculante frío puede ser: mata fría, cáscaras de ollas (de mata, cáscaras de cobre y cáscaras de escoria), derrames de materiales fundidos (mata, escoria, cobre y metal blanco), polvos de fundición (de calderos o precipitadores), productos de desecho de la Refinería (escoria de refinación, cátodos descartados, cátodos de segundas liberadora, etc.)

Debido al SCP (programa de control suplementario de emisiones gaseosas) la Fundición tiende a la formación de grandes volúmenes de frío en la nave de convertidores y también exceso de mata llevada al botadero, por lo cual la necesidad de consumir frío en convertidores es una práctica obligatoria.

El material frío es usado para regular las altas temperatura de conversión y evitar el desgaste del refractario.

El Barro; tiene la utilidad obligatoria debido a su carácter de refractario y desmoldante.

El barro es usado especialmente en la boca del convertidor como protector y en un labio malogrado cuyo cobre de protección ha sido desalojado formándose una grieta en el labio.

4.2.2. OBJETIVO DEL SISTEMA

El objetivo de los hornos convertidores es la conversión del metal blanco a cobre blister, el cual es recibido de los hornos reverberos y es entregado a los hornos de retención, mediante las grúas puente.

4.2.3. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA

El Horno Convertidor Peirce Smith, tiene la forma de un cilindro horizontal y está compuesto de una coraza de 1,5 pulgadas de espesor. GRÁFICO 4.2 Y 4.3. El cilindro tiene dos aros o pistas, colocados en los extremos y en uno de los lados posee una rueda dentada que sirve como medio de transmisión a manera de cremallera. Todo ello colocado en cuatro pares de rodillos que se instalan en carros basculantes asegurados en patines móviles.

El horno convertidor tiene un motor eléctrico para su movimiento a través de un piñón que esta engranado a una corona dentada, además tiene una línea de toberas ubicadas en la parte posterior por donde ingresa el aire de proceso.

La Fundición tiene 07 hornos convertidores, 04 hornos “chicos” de 30 pies de largo por 13 pies de diámetro con 42 toberas debido al Proyecto Toquepala y 03 hornos “grandes” de 35 pies de largo por 13 pies de diámetro con 48 toberas del Proyecto Cuajone.

De todo el descrito, podemos clasificar el sistema de hornos convertidores en 07 subsistemas principales, TABLA 4.2. los cuales se mencionan a continuación:

- Subsistema de alimentación de sílica.
- Subsistema de alimentación de aire.
- Subsistema de punzado.
- Subsistema motriz.
- Subsistema de rolado.
- Subsistema de estructuras.
- Subsistema de evacuación de gases.

GRÁFICO 4.2. Horno Convertidor Peirce Smith – Vista Frontal



GRÁFICO 4.3. Horno Convertidor Peirce Smith – Vista Lateral



4.2.3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE SÍLICA

La sílica es transportada hasta las tolvas de almacenamiento de cada horno convertidor que tienen una capacidad de 50 ton, por medio de un alimentador vibratorio descarga la sílica y mediante una faja transportadora es llevado a un chute de carga ubicado a un costado de la campana extractora de gases. Una balanza nuclear permite pesar y conocer el tonelaje de sílica que se esta cargando al convertidor.

La carga de sílica solo se realiza durante la etapa de soplado a escoria con el propósito de escorificar los óxidos de fierro presentes en la mata. El tamaño de sílica recomendable es de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada, debido a que favorece la digestión de la sílica en menor tiempo y evita la formación de magnetita en la escoria.

El tiempo promedio de digestión de la sílica en el proceso de formación de escoria es de 20 minutos aproximadamente.

4.2.3.2. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE

El aire que ingresa es previamente medido y es impulsado por el soplador, siendo controlado por una válvula de regulación, ubicado en la descarga del soplador, luego el flujo de aire es llevado través de las líneas de tuberías a la válvula moduladora de ingreso al horno, la cual regula el ingreso de aire al horno según su demanda, luego pasa por la junta rotativa y es distribuido por el tubo fuelle a cada una de las toberas para el soplado respectivo.

El flujo de aire depende directamente de la capacidad del soplador y de las condiciones de demanda (soplado a escoria, soplado a cobre, fugas, adición de sílica, etc.), proporcionando un flujo máximo de 906.14 m³/min. La presión de aire en el cabezal de toberas es de 1.03 bar el cual debe vencer la presión metalostática del baño dentro del convertidor.

4.2.3.3. SUBSISTEMA DE PUNZADO

Este subsistema está conformado por un conjunto de equipos llamado carro de punzar. Estos carros son máquinas efectivas para limpiar toberas y mantener buena productividad de los hornos convertidores.

No están unidos mecánicamente al convertidor y se desplazan por rieles ubicados en la plataforma posterior al convertidor, paralela a la línea de toberas por medio de un motor eléctrico.

Su mecanismo se compone de un pistón neumático de aire que empuja un portabarretas trasero donde van montados los cabezales de las barretas que se utilizan para punzar. Cada uno de los hornos convertidores cuenta con una máquina de punzar de estas características.

Como el flujo de aire que entra al horno convertidor pasa a través de la mata fundida, los productos del soplado (FeO y Fe₃O₄) cercanos a las toberas se enfrían, formando acresiones las cuales obstruyen la abertura de las toberas. Para prevenir la obstrucción completa, las toberas son limpiadas periódicamente por medio de barras de hierro que pasan a través de cada tobera.

La obstrucción o tapado de toberas es un problema serio y origina que el tiempo de soplado sea más prolongado debido a que disminuye el flujo de aire hacia el convertidor afectando su capacidad de conversión. La operación del carro de punzar se realiza por medio de un tablero de control ubicado dentro de la cabina del Operador, quien manipula la palanca direccional, un botón para poder mover el carro a la dirección deseada y otro botón que tiene control de acción sobre el pistón.

4.2.3.4. SUBSISTEMA MOTRIZ

El subsistema motriz se encarga de girar al horno convertidor a los requerimientos necesarios para la operación de los procesos de conversión de cobre, entre estos tenemos la adición de mata, la adición de recirculante, la descarga de cobre blister, etc.

Un motor eléctrico principal hace girar el reductor de velocidad para transmitir su potencia al piñón de movimiento, que engrana con la cremallera ubicada en la carcasa del convertidor.

4.2.3.5. SUBSISTEMA DE ROLADO

Este subsistema se encarga de girar a toda la estructura del horno en caso de cortes imprevistos de energía y de alguna falla en el sistema.

El aire de servicio se acumula en los tanques de almacenamiento y es distribuido a los motores neumáticos de cada convertidor, el cual transmite movimiento a un embrague principal, el cual se acopla al motor eléctrico del subsistema motriz para hacer girar al convertidor y colocarlo en la posición de soplado.

4.2.3.6. SUBSISTEMA DE ESTRUCTURAS

El Horno Convertidor PS está constituido por una carcaza cilíndrica, en posición horizontal y de 38 mm de espesor. En los extremos del horno existen tapas laterales que contienen las pistas de deslizamiento en ambos extremos. Además en uno de los extremos se encuentra una rueda dentada que sirve como medio de transmisión a manera de cremallera.

En la parte central superior de la carcaza se encuentra la boca del convertidor, donde se cargan todos los materiales para el proceso de conversión y la descarga de cobre blister. Para el ingreso de aire al baño de cobre, se dispone de 48 toberas en forma horizontal, sobre la carcaza del horno y a lo largo del eje del convertidor (42 toberas para los hornos convertidores “chicos”)

Toda la estructura se encuentra sobre cuatro pares de rodillos que se instalan en carros basculantes asegurados en patines móviles.

Los hornos convertidores están revestidos interiormente con ladrillo refractario cromo-magnesita, tanto a lo largo de la carcaza en las paredes laterales. En la estructura de la boca, se cubre la parte frontal, llamado labio, con cobre, para la protección de la estructura de los golpes de las ollas, al ser cargadas de material.

4.2.3.7. SUBSISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES

Los gases producidos por la conversión de cobre son llevados a la chimenea del horno y llevadas primero a un ducto de colección, donde se acumulan los polvos finos, y luego son transportados a los precipitadores electrostáticos.

El polvo en el ducto de colección es acumulado por un transportador de cadena y llevado a la zona de recirculación, para su posterior uso.

4.2.4. EQUIPOS DEL SISTEMA

La lista de equipos involucrados en los subsistemas del Horno Convertidor PS se muestra en la TABLA 4.3

4.2.5. LÍMITES DEL SISTEMA

SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE

El subsistema de alimentación de sílica se encuentra en la parte lateral superior del convertidor, según sea el caso lado sur o norte, el cual alimenta mediante la boca del convertidor un flujo máximo de 75 toneladas por hora.

SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AIRE.

El subsistema de alimentación de aire se encuentra principalmente en la sala de sopladores, ubicado en la parte oeste de los hornos convertidores. Tiene una capacidad máxima de 900 m³/min con una presión máxima de 1.03 bar

SUBSISTEMA DE PUNZADO.

El carro de punzar se ubica en una plataforma, en el cual se desplaza a través de unos rieles de 10.36 m de largo mientras que el pistón neumático tiene una carrera máxima de 1.65 m.

SUBSISTEMA MOTRIZ.

El subsistema motriz se encuentra en la parte lateral del convertidor, según sea el caso lado sur o norte, el cual transmite al convertidor una velocidad máxima de 0.4 rpm.

SUBSISTEMA DE ROLADO

El subsistema de rolado se encuentra en la parte lateral del convertidor, permitiendo el movimiento al motor principal, donde éste, transmite al convertidor una velocidad máxima de 0.08 rpm.

SUBSISTEMA DE ESTRUCTURAS

El subsistema de estructuras consta principalmente de una carcaza cilíndrica de dimensiones \varnothing 3.96 m x L 10.66 m, el cual se encuentra sobre 04 bases, que contienen 02 rodillos cada uno, que permiten el giro en el eje radial.

4.2.6. JERARQUIZACIÓN DE SUBSISTEMAS Y EQUIPOS

4.2.6.1. ELABORACIÓN DE LA TABLA DE CRITERIOS.

De acuerdo a las reuniones del grupo natural de trabajo, se estableció el cuadro de criterios de criticidad para equipos y componentes relacionados a los Hornos Convertidores PS, tal como se muestra en la TABLA 4.4.

4.2.6.2. JERARQUIZACIÓN DE SUBSISTEMAS.

En la TABLA 4.5. se muestra la jerarquización de los subsistemas de los Hornos Convertidores PS.

El subsistema de mayor criticidad es el de alimentación de aire, el cual resultó dentro de la zona crítica de la matriz, por lo tanto de mayor riesgo para el sistema de los Hornos Convertidores PS.

4.2.6.3. JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES.

La TABLA 4.6 muestra la jerarquización de los equipos y componentes de los subsistemas de los hornos convertidores PS. Además se muestra la matriz de criticidad para los subsistemas.

En la TABLA 4.7 se muestra un resumen y la Matriz de Criticidad de los equipos.

4.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS - FMEA

Una vez realizada la jerarquía de los equipos, se establece primero las funciones de los principales equipos de los subsistemas, mostrando además sus fallas funcionales, tal como se muestra en TABLA 4.8.

A continuación se identifican los modos de fallas ocurridas en los equipos, realizando el análisis del Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA), mostrado en la TABLA 4.9. La descripción de los efectos de las fallas se ve relacionada con la evidencia de los mismos y relaciona el alcance físico y económico que puede originar si la falla ocurre.

Además la TABLA 4.9. muestra las posibles causas potenciales que pueden originar los modos de falla, valorizándolos de acuerdo al método de evaluación del RPN, incluyendo las frecuencias de ocurrencia de tales causas potenciales.

4.4. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TAREAS

Una vez identificados los modos de fallas y sus propias causas potenciales, se selecciona el tipo de mantenimiento, de tal forma que ya no ocurra cada modo de falla, usando el árbol lógico de decisión, mostrado en el GRÁFICO 2.14. Se establece las mejores acciones de mantenimiento a partir de las actividades de mantenimiento preventivo o correctivos mostrados, con las respectivas frecuencias de aplicación y el personal que realizará dicha tarea. En la TABLA 4.10 se muestra las tareas seleccionadas para cada causa potencial.

4.5. PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO

Una vez seleccionados las mejores acciones de mantenimiento para cada modo de falla, se establece el programa general de mantenimiento, TABLA 4.11, para cada equipo perteneciente al sistema de Hornos Convertidores PS. Además, en la TABLA 4.12 se muestra el programa general de mantenimiento, según los requerimientos del sistema de información tipo EAM, MIMS, usado en Southern Peru.

TABLA 4.1. Conformación del Equipo de Trabajo

PROCESO DE ANALISIS RCM		
Paso No 1: Conformación del Equipo de Trabajo		
Descripción: Equipo de Trabajo		Páginas: 01 de 01
Sistema: Hornos Convertidores PS	Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004

OPERACIONES Y PROCESOS
 Sr. Mario Delgadillo (OC)
 Ing. Alejandro Cuadros (PF)

ING. DE SEGURIDAD
 Ing. Miguel Gonzáles (S)

MANTIMIENTO MECANICO Y ELECTRICO
 Ing. Jaime Lira (MM)
 Ing. Arturo Ten (ME)
 Ing. Hernán Luna (MM)
 Ing. Ever García (ME)
 Sr. Gabino Arispe (ME)

FACILITADORES
 Ing. Iván López (PM)
 Ing. Carlos Córdova (PM)

PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACION
 Ing. Carlos Oré (PM)
 Sr. César Delgado (PM)

ESPECIALISTAS
 Ing. Guillermo Francia (M)
 Sr. José Bengoa (O)

Leyenda:

- O:** Operaciones
- OC:** Operaciones Convertidores
- ME:** Procesos Fundición
- M:** Mantenimiento
- MM:** Mantenimiento Mecánico
- ME:** Mantenimiento Eléctrico e Instrumentación
- PM:** Planeamiento e Ing. de Mantenimiento
- S:** Seguridad

TABLA 4.2. Descripción del Proceso, Objetivos y Clasificación del Sistema

PROCESO DE ANALISIS RCM		
Paso No 2: Contexto Operacional		
Descripción: Descripción del Proceso, Objetivos y Clasificación del Sistema		Páginas: 01 de 01
Sistema: Hornos Convertidores PS	Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004
<p>I. <u>Descripción del proceso</u></p> <p>La sílica se almacena en la tolva de almacenamiento; seguidamente se alimenta, mediante un alimentador vibratorio, en forma controlada a una faja transportadora, que lleva la sílica a un chute de alimentación ubicado a un costado de la campana extractora de gases. Una balanza nuclear, permite pesar y conocer el tonelaje de sílica que entra al convertidor. La mata y el frío recirculante, contenidos en ollas, son vaciados a la boca del convertidor desde las ollas de las grúas puente. Una vez que todos los materiales necesarios están cargados, el aire de proceso es introducido al baño de convertidores a través de una línea de toberas a lo largo de la carcaza del convertidor. El calor generado durante el soplado del convertidor, debido a la oxidación del Fe y S, es suficiente para que el proceso sea autógeno, es decir, que no requiere de combustible adicional para mantener fundida la carga.</p> <p>I.1. <u>Materiales en Proceso</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La Mata • La Silica • El Metal Blanco • La Escoria • Otros; material recirculante o frío, polvos y barro <p>II. <u>Objetivo del Sistema</u></p> <p>El objetivo de los hornos convertidores es la conversión del metal blanco a cobre blister, el cual es recibido de los hornos reverberos y es entregado a los hornos de retención, mediante las grúas puente.</p> <p>III. <u>Clasificación del Sistema</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Subsistema de alimentación de sílica. ▪ Subsistema de alimentación de aire. ▪ Subsistema de punzado. ▪ Subsistema motriz. ▪ Subsistema de rolado. ▪ Subsistema de estructuras. ▪ Subsistema de evacuación de gases. 		

TABLA 4.3. Equipos y Componentes del Sistema

Paso No 2: Contexto Operacional		
Descripción: Equipos y Componentes del Sistema		Páginas: 01 de 03
Sistema: Hornos Convertidores PS	Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004
EQUIPOS Y COMPONENTES		CANT.
Subsistema de alimentación de silica		
Circuito de control		01
Tolva de almacenamiento		01
Alimentador vibratorio		01
Motor eléctrico faja transportadora		01
Reductor faja transportadora		01
Faja transportadora		01
Balanza nuclear		01
Chute de carga		01
Pirómetro de baño		01
Subsistema de alimentación de aire		
Circuito de control		01
Válvula de ingreso de aire (IGV)		01
Motor eléctrico del soplador		01
Incrementador de velocidad		01
Soplador de aire		01
Equipo de lubricación		01
Válvula moduladora de ingreso de aire al convertidor		01
Junta rotativa de entrada de aire		01
Tubo fuelle		01
Tubos vitaúlicos		48
Toberas		48
Tapas de toberas		48
Subsistema de punzado		
Circuito de control		01
Jostick de control del carro		01
Pistón neumático		01
Yugo de deslizamiento		01
Guías laterales		02
Válvulas versa		02
Portabarretas		01
Barretas		04
Motor neumático		01
Chumaceras de apoyo		02
Acoplamiento		01
Transmisión		01
Piñón de avance		01
Ruedas de avance		04

TABLA 4.3. Equipos y Componentes del Sistema (continuación)

Paso No 2: Contexto Operacional		
Descripción: Equipos y Componentes del Sistema		Páginas: 02 de 03
Sistema: Hornos Convertidores PS	Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004
EQUIPOS Y COMPONENTES		CANT.
Ruedas guías		04
Estructura de soporte superior		01
Estructura de soporte inferior		01
Rieles de desplazamiento		02
Riel guía de desplazamiento		01
Cremallera de desplazamiento		01
Subsistema motriz		
Circuito de fuerza		01
Circuito de control		01
Motor eléctrico		01
Acoplamiento		01
Reductor de velocidad		01
Caja de engranajes		01
Eje intermedio		01
Acoplamiento final		01
Eje principal		01
Chumaceras de apoyo		03
Piñón de transmisión		01
Cremallera		01
Freno electrohidráulico		01
Subsistema de rolado		
Válvula de 04 vías		01
Motor neumático		01
Caja de engranajes		01
Eje de transmisión		01
Chumaceras de apoyo		02
Embrague neumático		01
Subsistema de estructuras		
Carcaza		01
Tapas laterales		02
Pistas de deslizamiento		02
Boca		01
Bases de rodillos con pestaña		02
Bases de rodillos planos		02
Subsistema de evacuación de gases		
Circuito de control		01
Compuerta de la chimenea		01
Planchones inferiores de la chimenea		04

TABLA 4.4. Tabla de Criterios para Jerarquización de Sistemas

PROCESO DE ANALISIS RCM		
Paso No 2: Contexto Operacional		
Descripción: Tabla de Criterios para Jerarquización de Sistemas		Páginas: 01 de 01
Sistema: Hornos Convertidores PS	Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004
<p>Frecuencia de Falla:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor a 5 fallas / año 4 • Promedio 3-5 fallas / año 3 • Buena 2-3 fallas / año 2 • Excelente 1 falla / año 1 	<p>Costo de Mantto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor o igual a US\$ 20,000 2 • Inferior a US\$ 20,000 1 	
<p>Impacto Operacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parada total 10 • Parada del subsistema y tiene repercusión en otros sistemas 8 • Parada del sistema sin afectar a otros subsistemas 6 • Impacta en niveles de producción o calidad 4 • Repercute en costos operacionales asociados a disponibilidad 2 • No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción 1 	<p>Impacto en seguridad Ambiente e Higiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afecta la seguridad humana externa como interna 8 • Afecta el ambiente produciendo daños reversibles 6 • Provoca daños menores personal propio (accidentes e incidentes) 4 • Afecta las instalaciones causando daños severos 3 • Afecta a las instalaciones causando daños menores 2 • Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales 1 • No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente 0 	
<p>Flexibilidad Operacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No existe opción de producción y no existe repuesto 4 • Hay opción de repuesto compartido 2 • Repuesto disponible 1 		

TABLA 4.5. Jerarquización de Subsistemas y Matriz de Criticidad

PROCESO DE ANALISIS RCM								
Paso No 2: Contexto Operacional								
Descripción: Jerarquización de Subsistema y Matriz de Criticidad							Páginas: 01 de 03	
Sistema: Hornos Convertidores PS				Rev. No: 03			Fecha: 06/12/2004	
SUBSISTEMAS	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SHE	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Alimentación de Silica	2	4	2	2	2	12	24	No Crítico
Alimentación de Aire	4	8	2	2	3	21	84	Crítico
Punzado	4	8	2	2	2	20	80	Semi Crítico
Motriz	1	4	4	2	2	20	20	No Crítico
Rolado	2	8	2	1	1	18	36	No Crítico
Estructuras	2	10	2	2	4	26	52	Semi Crítico
Evacuación de Gases	2	2	2	1	2	7	14	No Crítico

Entonces:

F R E C U E N C I A	4		1	1		
	3					
	2	1	2	1		
	1		1			
		10	20	30	40	50

CONSECUENCIAS

Equipos No Críticos (NC)	:	4
Equipos Semi Críticos (SC)	:	2
Equipos Críticos (C)	:	1
TOTAL		7

TABLA 4.6. Jerarquización de Equipos del Sistema

PROCESO DE ANALISIS RCM								
Paso No 2: Contexto Operacional								
Descripción: Jerarquización de los Equipos y Componentes del Sistema							Páginas: 01 de 03	
Sistema: Hornos Convertidores PS				Rev. No: 03			Fecha: 06/12/2004	
EQUIPOS / COMPONENTES	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SHE	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Subsistema de alimentación de sílica								
Circuito de control	2	6	1	1	0	7	14	No Crítico
Tolva de almacenamiento	1	4	2	1	2	11	11	No Crítico
Alimentador vibratorio	2	6	2	1	0	13	26	No Crítico
Motor eléctrico de Faja Transp.	2	6	2	1	2	13	26	No Crítico
Reductor de Faja Transp.	2	6	2	1	2	13	26	No Crítico
Faja Transportadora	2	6	2	1	0	13	26	No Crítico
Balanza Nuclear	2	4	2	1	8	17	34	No Crítico
Chute de transferencia	2	4	2	1	0	9	18	No Crítico
Pirómetro de baño	1	4	2	1	0	9	9	No Crítico
Subsistema de alimentación de aire								
Circuito de control	2	6	1	1	0	7	14	No Crítico
Válvula de ingreso de aire (IGV)	2	6	2	1	0	13	13	No Crítico
Motor eléctrico del soplador	2	10	4	2	2	44	88	Crítico
Incrementador de velocidad	2	10	4	2	2	44	88	Crítico
Soplador de Aire	2	10	4	2	2	44	88	Crítico
Equipo de lubricación del soplador	2	4	2	1	3	12	24	No Crítico
Válvula moduladora de aire	2	6	2	1	1	14	28	No Crítico
Junta rotatoria de aire	1	6	1	1	0	7	7	No Crítico
Tubo fuelle	1	4	2	1	2	11	11	No Crítico
Tubos Vitaúlicos	1	1	2	2	1	5	5	No Crítico
Toberas de aire	4	10	2	1	4	25	100	Crítico
Tapas de Toberas de aire	4	10	2	1	4	25	100	Crítico
Subsistema de punzado								
Circuito de control	3	8	1	1	0	9	27	Semi Crítico
Joystick de control del carro	2	8	2	1	0	17	34	No Crítico
Pistón neumático	4	8	2	1	0	17	68	Crítico
Válvula versa de punzado	2	8	1	1	0	9	18	No Crítico
Yugo de deslizamiento	4	4	2	1	0	9	36	Semi Crítico
Guías laterales de desplazamiento	2	4	2	1	0	9	18	Semi Crítico
Amortiguadores de velocidad	3	2	1	1	0	3	15	Semi Crítico
Portabarretas	2	4	2	1	0	9	18	No Crítico

TABLA 4.6. Jerarquización de Equipos del Sistema (continuación)

PROCESO DE ANALISIS RCM								
Paso No 2: Contexto Operacional								
Descripción: Jerarquización de los Equipos y Componentes del Sistema							Páginas: 02 de 03	
Sistema: Hornos Convertidores PS				Rev. No: 03			Fecha: 06/12/2004	
EQUIPOS / COMPONENTES	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SHE	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Subsistema de punzado (continuación)								
Barretas de punzado	4	6	1	1	0	7	28	Semi Crítico
Motor neumático de avance	4	6	2	1	2	15	60	Semi Crítico
Válvula versa de traslación	2	4	1	1	0	5	10	No Crítico
Chumaceras de apoyo	1	4	1	1	0	5	5	No Crítico
Acoplamiento	1	4	1	1	0	5	5	No Crítico
Transmisión	1	4	1	1	0	5	5	No Crítico
Piñón de avance	1	4	2	1	0	9	9	No Crítico
Ruedas de avance	3	4	1	1	0	5	15	Semi Crítico
Ruedas guías de avance	3	4	1	1	0	5	15	Semi Crítico
Mangueras neumáticas	2	4	1	1	0	5	10	No Crítico
Estructura de soporte superior	1	4	2	1	2	11	11	No Crítico
Estructura de soporte inferior	1	4	2	1	2	11	11	No Crítico
Rieles de desplazamiento	1	6	2	1	0	13	13	No Crítico
Riel Guía de desplazamiento	1	6	2	1	0	13	13	No Crítico
Cremallera	1	6	2	1	0	13	13	No Crítico
Subsistema motriz								
Circuito de fuerza	1	6	2	1	2	15	15	No Crítico
Circuito de control	1	6	1	1	0	7	7	No Crítico
Motor eléctrico	1	6	2	1	2	15	15	No Crítico
Acoplamiento	1	6	2	1	2	15	15	No Crítico
Reductor de velocidad	1	6	4	2	2	28	28	No Crítico
Caja de engranajes	1	6	4	2	2	28	28	No Crítico
Eje intermedio	1	6	4	1	0	25	25	No Crítico
Eje principal	1	6	4	1	0	25	25	No Crítico
Chumaceras de apoyo	1	6	2	1	2	15	15	No Crítico
Piñón de transmisión	1	6	2	1	3	16	16	No Crítico
Cremallera de transmisión	1	8	4	2	4	38	38	Semi Crítico
Freno electrohidráulico	1	6	2	1	2	15	15	No Crítico
Subsistema de rolado								
Válvula de 04 vías	1	8	2	1	3	20	20	No Crítico
Motor neumático	2	8	2	1	3	20	40	No Crítico
Caja de engranajes	1	8	2	1	3	20	20	No Crítico

TABLA 4.6. Jerarquización de Equipos del Sistema (continuación)

PROCESO DE ANALISIS RCM								
Paso No 2: Contexto Operacional								
Descripción: Jerarquización de los Equipos y Componentes del Sistema							Páginas: 03 de 03	
Sistema: Hornos Convertidores PS				Rev. No: 03			Fecha: 06/12/2004	
EQUIPOS / COMPONENTES	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SHE	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Subsistema de rolado (continuación)								
Eje de transmisión	1	8	2	1	3	20	20	No Crítico
Chumacera de apoyo	1	8	2	1	3	20	20	No Crítico
Embrague neumático	2	8	2	1	3	20	40	No Crítico
Subsistema de estructuras								
Carcaza	2	10	2	2	4	26	52	Semi Crítico
Tapa lateral, lado transmisión	1	8	2	2	4	22	22	No Crítico
Tapa lateral, lado op. transmisión	1	8	2	2	4	22	22	No Crítico
Pista lado transmisión	1	6	4	2	2	28	28	No Crítico
Pista lado opuesto a transmisión	1	6	4	2	2	28	28	No Crítico
Boca del convertidor	2	6	2	2	2	16	24	No Crítico
Base rodillos con pestaña	2	6	4	2	3	29	58	Semi Crítico
Base rodillos planos	2	6	4	2	3	29	58	Semi Crítico
Subsistema de evacuación de gases								
Circuito de control	2	4	1	1	0	5	10	No Crítico
Compuerta de la chimenea	2	4	2	1	2	11	22	No Crítico
Planchones inferiores chimenea	2	4	2	1	2	11	22	No Crítico
Mandil de contrapeso	2	2	2	1	2	7	14	No Crítico
Chaqueta de enfriamiento	1	4	2	1	2	11	11	No Crítico
Ducto de colección	1	4	2	1	1	10	10	No Crítico
Motor eléctrico de transportador	1	4	1	1	0	5	5	No Crítico
Reductor del transportador	1	4	2	1	0	9	5	No Crítico
Sistema transmisión transportador	2	4	1	1	0	5	10	No Crítico
Transportador de cadena	2	4	2	1	0	9	18	No Crítico

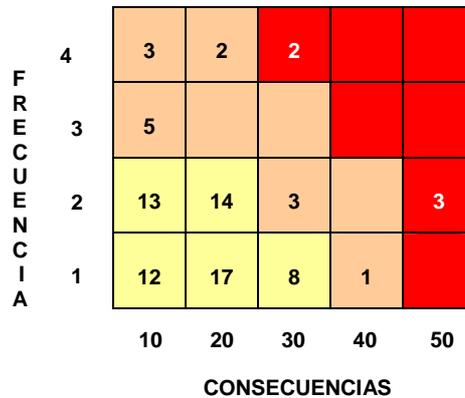
TABLA 4.7. Matriz de Criticidad de Equipos del Sistema

PROCESO DE ANALISIS RCM		
Paso No 2: Contexto Operacional		
Descripción: Matriz de Criticidad de Equipos del Sistema		Páginas: 01 de 01
Sistema: Hornos Convertidores PS	Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004

Resumen:

SUBSISTEMA	NC	MC	C
Subsistema de alimentación de silica	9	0	0
Subsistema de alimentación de aire	7	0	5
Subsistema de punzado	14	8	1
Subsistema motriz	11	0	0
Subsistema de rolado	5	0	0
Subsistema de estructuras	10	4	0
Subsistema de evacuación de gases	10	0	0

Entonces:



Equipos No Críticos (NC)	:	64
Equipos Semi Críticos (SC)	:	14
Equipos Críticos (C)	:	5
TOTAL		79

TABLA 4.8. Funciones y Fallas Funcionales

PROCESO DE ANALISIS RCM			
Paso No 3: Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMEA)			
Descripción: Funciones y Fallas Funcionales			Páginas: 01 de 01
Sistema: Hornos Convertidores PS		Rev. No: 03	Fecha: 06/12/2004
<u>No</u>	<u>FUNCIÓN</u>	<u>No</u>	<u>FALLA FUNCIONAL</u>
Subsistema de alimentación de silica			
1	Alimentar silica al convertidor con un flujo de 75 ton cortas por hora	1.A	No alimentar con silica al convertidor
		1.B	Alimentar con silica a una capacidad menor
		1.C	Alimentar con silica a una capacidad mayor
Subsistema de alimentación de aire			
2	Alimentar aire al convertidor con un flujo de 32000 scfm y una presión de 15 psi	2.A	No alimentar con aire al convertidor
		2.B	Alimentar aire con un flujo menor
Subsistema de punzado			
3	Mantener al baño de cobre entre una presión menor de 15 psi	3.A	No mantiene la presión metalostática del baño en el rango
		3.B	Mantiene la presión metalostática del baño fuera del rango
Subsistema motriz			
4	Girar al convertidor a una velocidad de rotación de 0.08 RPM	4.A	No gira el convertidor
		4.B	Girar a una velocidad menor
Subsistema de rolado			
5	Proteger al convertidor para cumplir su función de conversión en caso de corte de energía.	5.A	No protege al convertidor
Subsistema de estructuras			
6	Dar el soporte estructural necesario para fundir mate y producir cobre blister.	6.A	No da soporte estructural
		6.B	Dar soporte estructural parcialmente
7	Dar el soporte estructural necesario para cargar mate de los hornos reverberos o descargar cobre blister para los hornos de retención a través de las grúas puente	7.A	No da soporte estructural
		7.B	Dar soporte estructural parcialmente
Subsistema de evacuación de gases			
8	Evacuar los gases del convertidor	8.A	Evacúa parcialmente los gases del convertidor
9	Colectar polvo de los gases	9.A	No colecta polvo de los gases de la chimenea
		9.B	Colectar parcialmente el polvo de los gases de la chimenea

CAPITULO 5

SUSTENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

5.1. INTRODUCCIÓN

El programa de mantenimiento, basado en la filosofía del RCM, es dinámico, especialmente en las primeras etapas de un nuevo programa cuando esta basada en información limitada. Las organizaciones de mantenimiento deben estar preparadas para coleccionar, analizar, revisar y responder a la información de los equipos durante su vida de operación para poder refinar el programa de mantenimiento.

La base para las decisiones hechas durante un análisis RCM cambia continuamente con la madurez y experiencia del programa, a través del tiempo, uso, modificaciones, actualizaciones, etc. Debido a esto el programa de mantenimiento debe ser un proceso continuo y cambiante. Se requiere de un sistema de información organizado que provee información real de los acontecimientos, y por lo tanto, la supervivencia en sus condiciones de operación.

Esta información es recolectada para dos propósitos. Primero, se usa para determinar que ajustes y modificaciones se necesitan para hacer un programa de mantenimiento, incluyendo tareas e intervalos de tiempo.

Segundo, se usa para determinar la necesidad de tomar alguna otra acción, como mejorar un producto o hacer cambios operacionales. La unión de los dos se requiere para el monitoreo y ajuste de las tareas de mantenimiento existentes y desarrollos de requerimientos de emergencia. Esta información es usada para revisar el análisis del RCM, el cual debe reflejar cambios en el programa de mantenimiento.

El objetivo del sustento es del continuo monitoreo y actualizar el actual programa de mantenimiento, excluyendo requerimientos innecesarios, identificar tendencias de falla, identificar los nuevos modos de fallas y mejorar la eficiencia del sistema y efectividad del programa RCM.

5.2. SUSTENTO DEL ANÁLISIS

A continuación se presenta los resultados obtenidos de la primera implantación del RCM en la Fundición de Cobre, titulado: *"Implantación del RCM a las Grúas Puente de los Hornos Convertidores Peirce Smith"*, estudio realizado durante el mes de enero del año 2004 e implantado a partir del mes de Junio del mismo año.

La finalidad de la implantación fue incrementar la disponibilidad de los Hornos PS, debido a que uno de los modos de fallas existentes en los hornos convertidores, eran las paradas de las Grúas Puente, que afectaban al ciclo de operación de las instalaciones de la Fundición.

5.3. RESULTADOS IMPLANTACIÓN PROYECTO RCM-SPCC N°1

5.3.1. ANÁLISIS DE FALLAS EN HORNOS CONVERTIDORES PS - 2003.

De acuerdo al análisis realizado durante el periodo del 1 de Julio al 31 de octubre del 2003, en la TABLA 5.1 se muestra los códigos de operación y sus respectivos tiempos de los hornos convertidores PS.

Debido a la cantidad de códigos de operación ocurridos en el intervalo de tiempo mencionado, se resume los de mayor impacto, mostrándose en la TABLA 5.2.

El GRÁFICO 5.1 muestra la distribución porcentual de cada código de operación.

Analizando cada uno de los principales códigos de operación de los hornos convertidores, tenemos que el código TOPE – TIEMPO NETO OPERADO (54.31%) es todo el tiempo en que los hornos estuvieron operando sin fallar. El código ESGR - ESPERANDO GRUA (19.51%) es parte del proceso, interciclos, en el cual debido a la disposición geométrica de la planta, un horno debe esperar a ser atendido por la grúa, el cual no debe considerarse como falla.

Entonces, solamente realizando un análisis de los códigos de parada de los hornos, se tiene la TABLA 5.3.

En el GRÁFICO 5.2 se muestra la distribución porcentual de los códigos de parada de los hornos, para luego ser mostrados en un Diagrama de Pareto, GRÁFICO 5.3.

El primer código de parada SCPE – CORTES SCP (51.0%) representa el tiempo en cual los hornos estuvieron fuera de operación, debido a las condiciones atmosféricas.

TABLA 5.1. Tiempos Totales en Hornos Convertidores PS – 2003

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	11.223,84	54.31%
ESGR	ESPERANDO GRUA	4.032,15	19.51%
SCPE	CORTES SCP	2.759,09	13.35%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1.697,80	8.22%
FGCV	FALTA DE GRUA EN CONVERTIDORES	418,05	2.02%
TATM	TAPAS TOBERAS	110,48	0.53%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	106,07	0.51%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	68,81	0.33%
OCPS	OTROS NO PROGRAMADOS CPS	57,41	0.28%
TTBO	TAPADA / PERFORACIÓN DE TOBERAS	51,87	0.25%
TDEE	FALTA EQUIPO O HERRAMIENTA	21,92	0.11%
FMDS	FALTA DE MATA	13,53	0.07%
RRFO	REPARACIÓN NO PROGRAMADA DE REFRACTARIO	11,26	0.05%
RLBO	ROTURA DE LABIO	11,18	0.05%
TOBM	CAMBIO DE TOBERAS	11,13	0.05%
BAAO	BARRETAS ATASCADAS CPS	10,52	0.05%
ESPO	ESPUMACIÓN	7,64	0.04%
FCIM	FALLA DEL CONTROLADOR / INSTRUMENTACION	7,36	0.04%
LBCO	LIMPIEZA DE BOCA	5,43	0.03%
CCSB	CURANDO COBRE	5,36	0.03%
FRNM	FRENOS	5,09	0.02%
CREM	CREMALLERA	4,82	0.02%
BASM	BASES	4,69	0.02%
EMTO	ESPERA MATA	3,28	0.02%
STRM	SISTEMA DE TRANSMISION	3,22	0.02%
GUIM	GUITARRON	2,55	0.01%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	2,14	0.01%
MANM	CHISPERO MANDIL	2,07	0.01%
FBLW	FALLA DEL BLOWER	1,88	0.01%
SWIM	MASTER SWITCH	1,87	0.01%
ASIM	ALIMENTADOR DE SILICA	0,74	0.00%
CHSM	CHUTE SILICA	0,74	0.00%
LABM	LABIO CONVERTIDOR	0,74	0.00%
MELM	MOTOR ELECTRICO	0,54	0.00%
FFXO	FALTA DE SILICA	0,47	0.00%
SILM	SILENCIADORES	0,40	0.00%
TBMM	TOBERAS, MEDICION, AJUSTE	0,20	0.00%
TOTAL		20,666.34	100.00%

TABLA 5.2. Resumen de Tiempos en Hornos Convertidores PS – 2003

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	11,223.84	73.57%
ESGR	ESPERANDO GRUA	4,032.15	26.43%
SUBTOTAL		15,255.99	100.0%
SCPE	CORTES SCP	2,759.09	51.00%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1,697.80	31.38%
FGCV	FALTA DE GRUA EN CONVERTIDORES	418.05	7.73%
TATM	TAPAS TOBERAS	110.48	2.04%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	106.07	1.96%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	68.81	1.27%
TTBO	TAPADA/PERFORACIÓN DE TOBERAS	51.87	0.96%
OTROS	OTROS	198.18	3.66%
SUBTOTAL		5,410.35	100.0%
TOTAL		20,666.34	

TABLA 5.3. Tiempos de parada en Hornos Convertidores PS – 2003

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
SCPE	CORTES SCP	2,759.09	51.00%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1,697.80	31.38%
FGCV	FALTA DE GRUA EN CONVERTIDORES	418.05	7.73%
TATM	TAPAS TOBERAS	110.48	2.04%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	106.07	1.96%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	68.81	1.27%
TTBO	TAPADA/PERFORACIÓN DE TOBERAS	51.87	0.96%
OTROS	OTROS	198.18	3.66%
SUBTOTAL		5,410.35	100.00%

GRÁFICO 5.1. Distribución de paradas en Hornos Convertidores PS – 2003

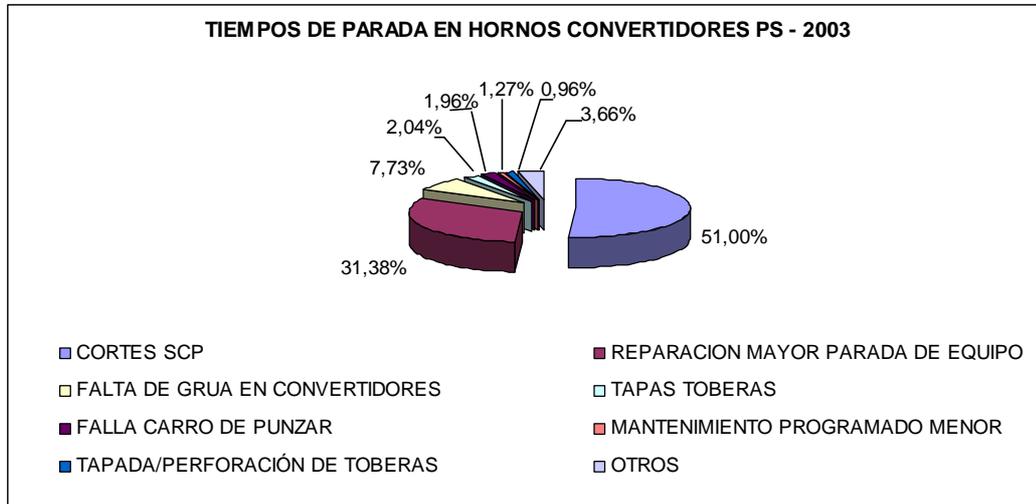
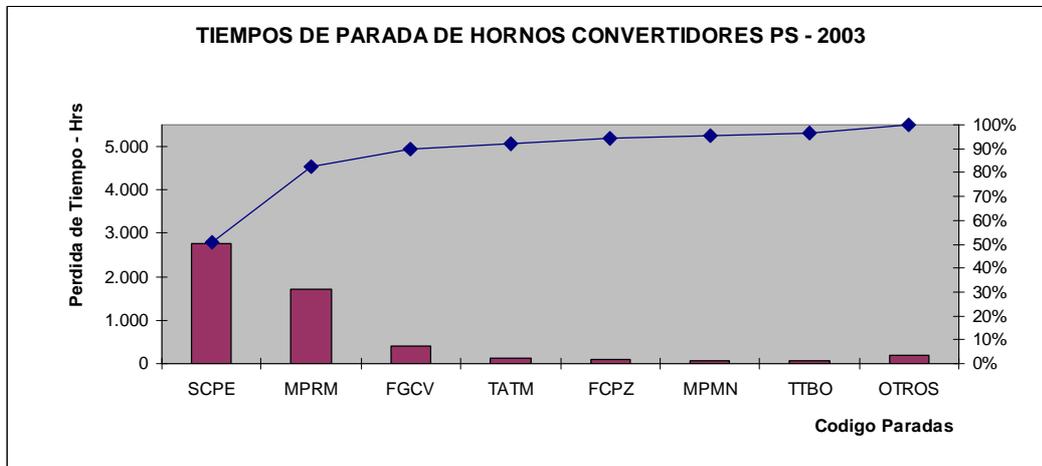


GRÁFICO 5.2. Diagrama de Pareto - Paradas en Hornos Convertidores PS – 2003



SCPE	CORTES SCP	TATM	TAPAS DE TOBERAS	TTBO	TAPADA/PERFOR. TOBERAS
MPRM	REPARACIÓN MAYOR	FCPZ	CARRO DE PUNZAR	OTROS	OTROS
FGCV	FALTA DE GRUA	MPMN	MANTTO PRO MENOR		

El código de parada MPRM – REPARACIÓN MAYOR DE EQUIPO (31.38%) representa el tiempo de reparación programada anual de los hornos (Overhauls)

El código FGCV – FALTA DE GRUA DE CONVERTIDORES (7.73%) en la TABLA 5.3, representa el tiempo fuera de operación de los hornos debido a las fallas de las grúas puente.

5.3.1.1. ANÁLISIS DE FALLAS EN GRÚAS PUENTE DE HORNOS

CPS - 2003

Entonces se analizan los modos de falla de las grúas puente, mostrándose en la TABLA 5.4 todos los códigos de operación de éstos equipos.

Analizando solamente los códigos de parada de las grúas puente, mostrado en la TABLA 5.5, se representa la distribución porcentual en el GRÁFICO 5.4 y el Diagrama de Pareto en el GRÁFICO 5.5.

TABLA 5.4. Tiempos Totales en Grúas Puente de Hornos CPS – 2003

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	8,322.13	93,97%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	379.52	4,29%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	38.69	0,44%
PTRM	PUENTE TROLEY	36.31	0,41%
CCPA	CAMBIO CABLES PASTECA AUX PROGRAMADO	17.31	0,20%
CCPP	CAMBIO CABLES PASTECA AUX NO PROGRAMADO	15.74	0,18%
RUEM	RUEDAS	13.90	0,16%
AGRO	REQUERIMIENTO DE GRUA CPS OPERACIONES	11.32	0,13%
ZPZM	ZAPATAS Y PORTAZAPATAS	9.67	0,11%
CRIM	CAMBIO DE RIELES	7.36	0,08%
VTLM	VENTILADOR	1.89	0,02%
GAUM	GANCHO AUXILIAR	1.76	0,02%
IGRU	IZAMIENTO DE GRUA EN NAVE CPS MANTENIMEINTO	0.40	0,00%
TOTAL		8,856.01	100%

TABLA 5.5. Tiempos de parada en Grúas Puente de Hornos CPS – 2003

Cód. Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	379.52	71.09%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	38.69	7.25%
PTRM	PUENTE TROLEY	36.31	6.80%
CCPA	CAMBIO CABLES PASTECA AUXILIAR PROGRAMADO	17.31	3.24%
CCPP	CAMBIO CABLES PASTECA AUXILIAR NO PROGRAMADO	15.74	2.95%
RUEM	RUEDAS	13.90	2.60%
AGRO	REQUERIMIENTO DE GRUA CPS OPERACIONES	11.32	2.12%
ZPZM	ZAPATAS Y PORTAZAPATAS	9.67	1.81%
CRIM	CAMBIO DE RIELES	7.36	1.38%
VTLM	VENTILADOR	1.89	0.35%
GAUM	GANCHO AUXILIAR	1.76	0.33%
IGRU	IZAMIENTO DE GRUA EN NAVE CPS MANTENIMEINTO	0.40	0.08%
SUBTOTAL		533.88	100.00%

GRÁFICO 5.3. Distribución de paradas en Grúas Puente de Hornos CPS – 2003

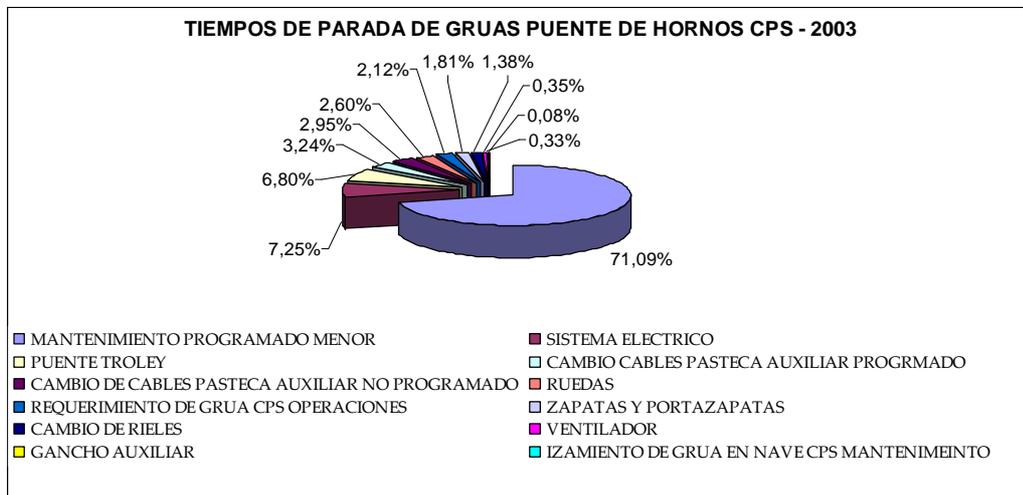
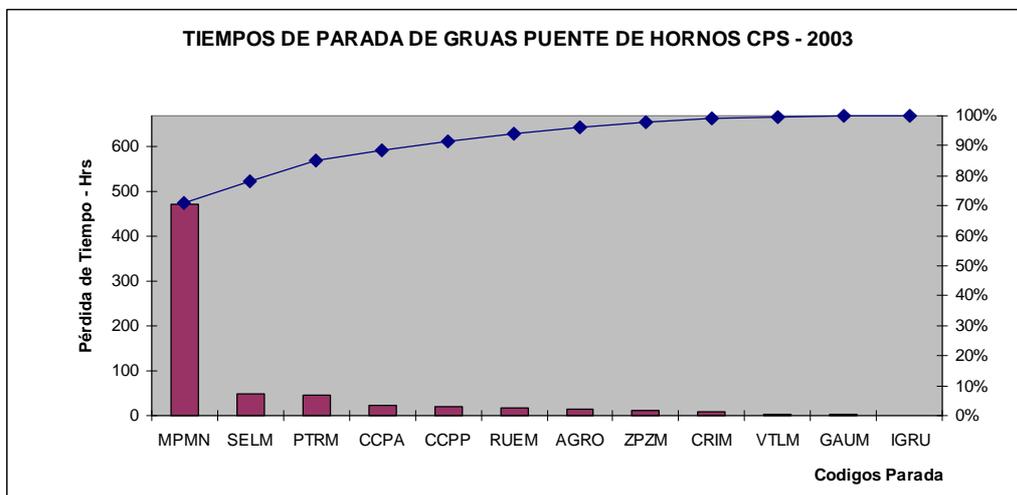


GRÁFICO 5.4. Diagrama de Pareto - Paradas en Grúas Puente de Hornos CPS – 2003



MPRM	REPARACIÓN MAYOR	SELM	SISTEMA ELECTRICO	PTRM	PUENTE TROLLEY
CCPA	CAMBIO CABLES P.	CCPP	CAMBIO CABLES N. P.	RUEM	RUEDAS
AGRO	REQ. GRUAS OPERAC.	ZPZM	ZAPATAS Y PORTAZAP	CRIM	CAMBIO DE RIELES
VTLM	VENTILADOR	GAUM	GANCHO AUXILIAR	IGRU	IZAMIENTO GRUA EN NAVE

5.3.2. ANÁLISIS DE FALLA EN HORNOS CONVERTIDORES PS - 2004.

En el segundo semestre del año 2004, se analizó los resultados de la implantación del RCM a los hornos convertidores PS, durante el periodo del 1 de Julio al 31 de Octubre del 2004.

Los respectivos códigos de operación de mayor impacto se resumen en la TABLA 5.6 y en el GRÁFICO 5.5 se grafica la distribución porcentual de cada código de operación.

A continuación, en la TABLA 5.7 se muestra una comparación de los códigos de operación de los años 2003 y 2004; además se muestra el aumento de disponibilidad de las Grúas Puente de Hornos CPS debido a la implantación del primer proyecto, TABLA 5.8.

En los GRÁFICOS 5.6 y 5.7 se presentan los diagramas comparativos porcentuales de cada código de operación.

TABLA 5.6. Tiempos Totales en Hornos Convertidores PS – 2004

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	11,897.26	74.37%
ESGR	ESPERANDO GRUA	4,099.64	25.63%
SUBTOTAL		15,996.90	100.00%
SCPE	CORTES SCP	2,687.46	13.00%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	1,386.75	6.71%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	120.72	0.58%
TATM	TAPAS TOBERAS	103.05	0.50%
COEN	CORTE DE ENERGIA	84.98	0.41%
EMTO	ESPERA MATA	64.00	0.31%
TTBO	TAPADA / PERFORACIÓN DE TOBERAS	46.92	0.23%
OTROS	OTROS	175.56	0.85%
SUBTOTAL		4,667.44	100.00%
TOTAL		20,666.34	

GRÁFICO 5.5. Distribución de paradas en Hornos Convertidores PS – 2004

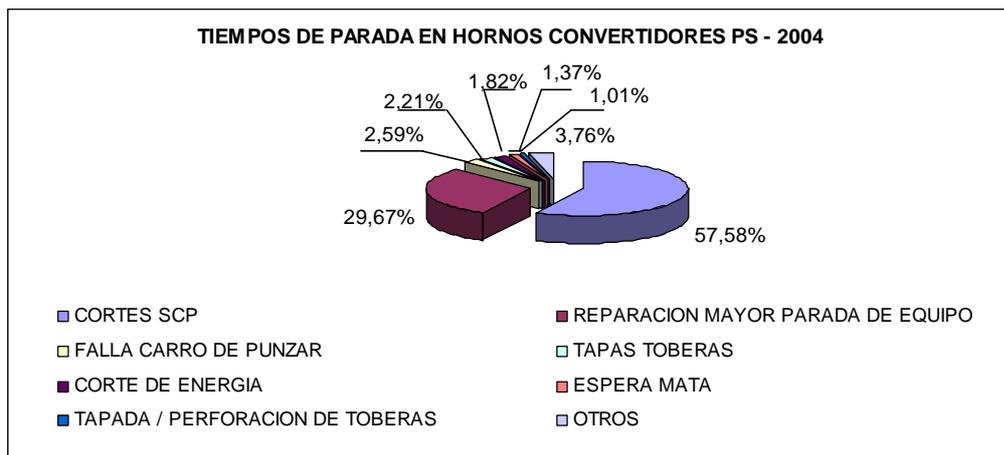


TABLA 5.7. Cuadro Comparativo de Hornos Convertidores PS 2003 - 2004

Código Parada	Descripción Parada	2003		2004	
		Total Horas	% Horas	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	11,223.84	54.31%	11,897.26	57.57%
ESGR	ESPERANDO GRUA	4,032.15	19.51%	4,099.64	19.84%
SCPE	CORTES SCP	2,759.09	13.35%	2,687.46	13.00%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO	1,697.80	8.22%	1,386.75	6.71%
FGCV	FALTA DE GRUA EN CONVERTIDORES	418.05	2.02%	0.00	0.00%
TATM	TAPAS TOBERAS	110.48	0.53%	103.50	0.50%
FCPZ	FALLA CARRO DE PUNZAR	106.07	0.51%	120.72	0.58%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	68.81	0.33%	0.00	0.00%
COEN	CORTE DE ENERGIA	0.00	0.00%	84.98	0.41%
TTBO	TAPADA / PERFORACIÓN DE TOBERAS	51.87	0.25%	46.92	0.23%
EMTO	ESPERA MATA	0.00	0.00%	64.00	0.31%
OTROS	OTROS	198.18	0.96%	175.56	0.85%
TOTAL		20,666.34	100.00%	20,666.79	100.00%

TABLA 5.8. Disponibilidad de Hornos Convertidores PS 2003 - 2004

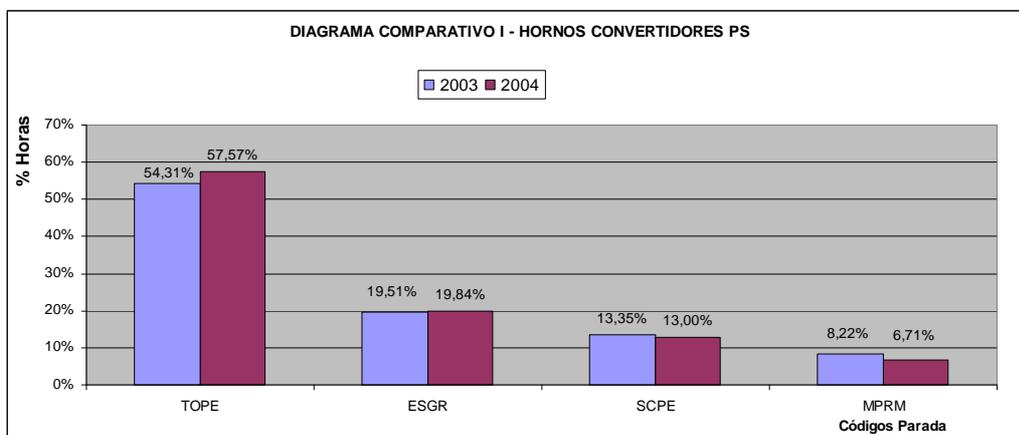
AÑO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. Man. (%)
2003	2,919.17	11,223.84	4,085.15	103.42	215.99	1,685.61	427.16	20,666.33	74.60	90.80
2004	2,772.44	10,900.17	4,162.64	112.34	207.28	1,384.75	120.72	20,666.34	78.29	92.29

TEXT: TIEMPO EXTERNO

TOPE: TIEMPO NETO OPERADO STBY: TIEMPO EN STAND BY TDOP: TIEMPO DEMORA OPERACIONAL

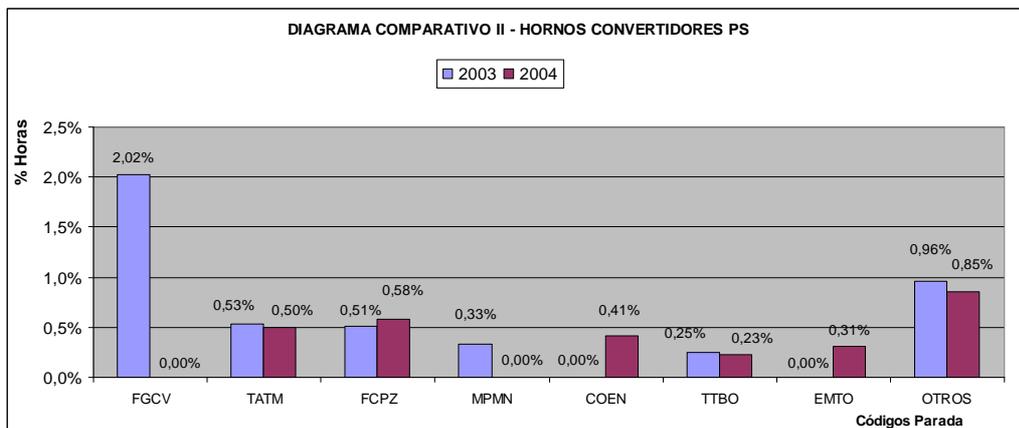
TNPR: MANT. NO PROGRAMADO TMPR: MANTO. PROGRAMADO TMDR: MANT. FALTA DE RECURSO

GRÁFICO 5.6. Diagrama Comparativo I - Hornos Convertidores PS 2003 – 2004



TOPE TIEMPO OPERADO ESGR ESPERANDO GRUA
 SCPE CORTE SCP MPRM MANTTO MAYOR PARADA EQUIPO

GRÁFICO 5.7. Diagrama Comparativo II en Hornos Convertidores PS 2003 - 2004



FGCV FALTA DE GRUA CPS TATM TAPAS DE TOBERAS FCPZ FALLA CARRO PUNZAR
 MPMN MANTTO PROG MENOR COEN CORTE DE ENERGIA TTBO TAPADA / PERF. TOBERA
 EMTO ESPERA MATA OTROS OTROS

5.3.2.1. ANÁLISIS DE FALLA DE GRÚAS PUENTE DE HORNOS

CPS - 2004

En la TABLA 5.9 se muestra todos los códigos de operación de las grúas puente de los hornos CPS, para el mismo periodo.

En el GRÁFICO 5.8 se grafica la distribución porcentual de los códigos de parada.

A continuación, en la TABLA 5.10 se realiza una comparación de los códigos de operación y de parada de los años 2003 y 2004; además se muestra el aumento de disponibilidad de las Grúas Puente de Hornos CPS debido a la implantación del primer proyecto, TABLA 5.11.

En los GRÁFICOS 5.9 y 5.10 se grafican la variación porcentual de cada código de parada.

TABLA 5.9. Tiempos Totales en Grúas Puentes de Hornos CPS – 2004

Código Parada	Descripción Parada	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	8,534.32	100.00%
SUBTOTAL		8,534.32	100.00%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	226.81	70.51%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	22.39	6.96%
PTRM	PUENTE TROLEY	21.31	6.62%
IGRU	IZAMIENTO DE GRUA EN NAVE CPS MANTENIMEINTO	10.11	3.14%
LGCM	LINEA DE GRUAS	7.14	2.22%
CCPA	CAMBIO CABLES PASTECA AUXILIAR PROGRMADO	7.11	2.21%
CCPP	CAMBIO CABLES PASTECA AUXILIAR NO PROGRAMADO	6.28	1.95%
GAUM	GANCHO AUXILIAR	5.26	1.64%
MPRM	REPARACION MAYOR PARADA DE EQUIPO Y/O PLANTA	4.19	1.30%
RUEM	RUEDAS	4.17	1.30%
FRNM	FRENOS	2.01	0.62%
OTRO	OTROS	4.91	1.53%
SUBTOTAL		321.69	100.00%
TOTAL		8,856.01	

GRÁFICO 5.8. Distribución de paradas en Grúas Puentes de Hornos CPS – 2004

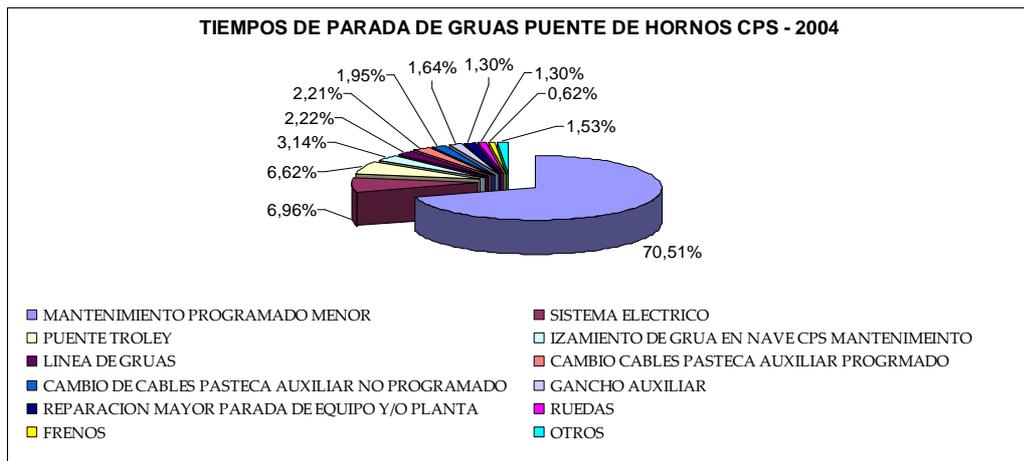


TABLA 5.10. Cuadro Comparativo Grúas Puente de Hornos CPS 2003 - 2004

Código Parada	Descripción Parada	2003		2004	
		Total Horas	% Horas	Total Horas	% Horas
TOPE	TIEMPO NETO OPERADO	8,322.13	93.51%	8,534.32	96.37%
MPMN	MANTENIMIENTO PROGRAMADO MENOR	379.52	4.29%	226.81	2.56%
SELM	SISTEMA ELECTRICO	38.69	0.61%	22.39	0.25%
PTRM	PUENTE TROLEY	36.31	0.54%	21.31	0.24%
CCPA	CAMBIO CABLES PASTECA AUX. PROGR.	17.31	0.25%	7.11	0.08%
CCPP	CAMBIO CABLES PASTECA AUX. NO PROGR.	15.74	0.22%	6.28	0.07%
RUEM	RUEDAS	13.90	0.19%	4.17	0.05%
AGRO	REQUERIMIENTO GRUA CPS OPERACIONES	11.32	0.13%	0.00	0.00%
ZPZM	ZAPATAS Y PORTAZAPATAS	9.67	0.12%	0.00	0.00%
CRIM	CAMBIO DE RIELES	7.36	0.08%	0.00	0.00%
VTLM	VENTILADOR	1.89	0.02%	0.00	0.00%
GAUM	GANCHO AUXILIAR	1.76	0.04%	5.26	0.06%
IGRU	IZAMIENTO DE GRUA EN NAVE CPS MANTTO	0.40	0.00%	10.11	0.11%
OTRO	OTROS	0.00	0.00%	18.25	0.21%
TOTAL		8,856.01	100.00%	8,856.01	100.00%

TABLA 5.11. Disponibilidad de Grúas Puente de Hornos CPS 2003-2004

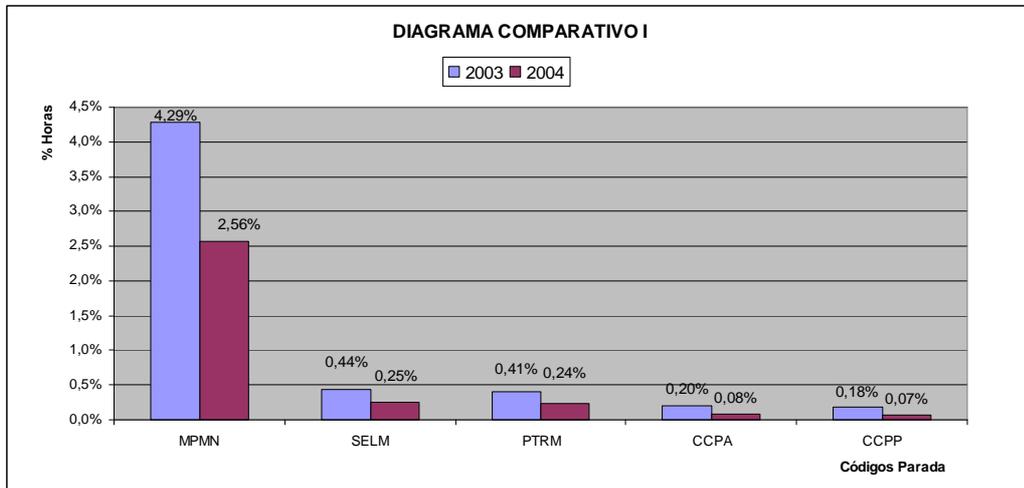
AÑO	TEXT	TOPE	STBY	TDOP	TMNP	TMPR	TMDR	TTOT	Disp. Fis. (%)	Disp. Man. (%)
2003	0.00	8,322.13	49.92	3.08	98.55	382.33	0.00	8,856.01	94.57	94.57
2004	0.00	8,534.32	0.00	1.50	81.69	238.50	0.00	8,856.01	96.38	96.38

TEXT: TIEMPO EXTERNO

TOPE: TIEMPO NETO OPERADO STBY: TIEMPO EN STAND BY TDOP: TIEMPO DEMORA OPERACIONAL

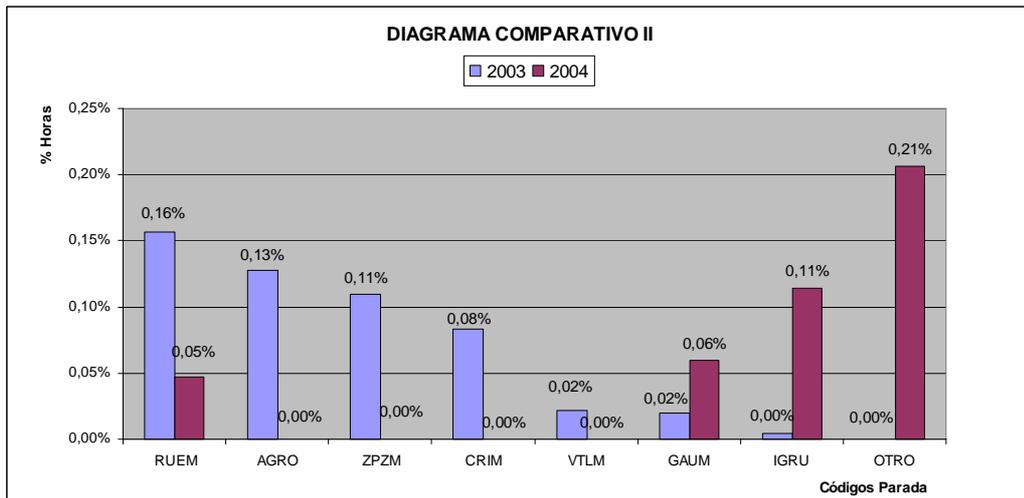
TNPR: MANT. NO PROGRAMADO TMPR: MANTO. PROGRAMADO TMDR: MANT. FALTA DE RECURSO

GRÁFICO 5.9. Diagrama Comparativo I - Grúas Puente CPS 2003 - 2004



MPMN MANTTO PROG MENOR SELM SISTEMA ELECTRICO PTRM PUENTE TROLLEY
 CCPA CAMBIO CABLES PROG CCPP CAMBIO CABLES NO PROG

GRÁFICO 5.10. Diagrama Comparativo II en Grúas Puente CPS 2003 - 2004



RUEM RUEDAS AGRO REQ. GRUA CPS ZPZM ZAPATAS Y PORTAZAPATAS
 CRIM CCAMBIO RIELES VTLM VENTILADOR GAUM GANCHO AUXILIAR
 IGRU IZAM. GRUA EN NAVE OTRO OTROS

5.3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO - 2004

De acuerdo al Departamento de Procesos, en la TABLA 5.12 se muestra el costo por pérdida de producción de los principales equipos en la Fundición, siendo la más crítica la sección de los hornos convertidores.

Además se analiza un ejemplo de pérdida de producción debido a la parada de una grúa puente, TABLA 5.13, ocurrido a finales del año 2004, donde se puede observar el efecto global de una parada imprevista en las grúas puente que trae consecuencias en los hornos convertidores PS.

Del cuadro de variación de disponibilidad de Hornos Convertidores PS 2003 y 2004, TABLA 5.8, se obtiene claramente un aumento del índice de disponibilidad física de 3.69%, obteniéndose:

Disponibilidad 2003:	74.60%	
Disponibilidad 2004:	78.29%	Δ 3.69%

Entonces:

Horas de operación:	20,666.34 horas
Reducción de horas:	762.58 h/ 4 meses
Reducción de horas anual:	2,287.76 h/ año
Costo de parada de horno:	2,770.00 US\$/h
Ahorro anual:	6'337,105.83 US\$

TABLA 5.12. Costos por pérdida de producción – Enero 2004

EQUIPO	COSTO US\$ / hora
HORNOS REVERBEROS	
HORNO REVERBERO	7750.00
PRECALENTADOR DE AIRE	1,990.00
CALDERO DE CALOR RESIDUAL	3,700.00
HORNOS CONVERTIDORES	
CONVERTIDOR MODIFICADO EL TENIENTE	8,100.00
CONVERTIDOR PIERCE SMITH	2,770.00
GRUAS DE CONVERTIDORES	3,875.00

TABLA 5.13. Pérdida de producción por falta de Grúa Puente de Hornos CPS – Enero 2004

REPORTE DE PERDIDA DE PRODUCCIÓN – CONVERTIDORES							
MOTIVO: GRUA 1: CAMBIO DE RUEDA MOTRIZ, LADO ESTE				ESTIMACIÓN DE LA PERDIDA DE PRODUCCIÓN			
TIEMPO NO DISPONIBLE DE LA GRUA 1 Inicio: 11 – 01 – 2004 8:45 Final: 11 – 01 – 2004 15:20 Duración: 6.58 horas				1	Capacidad de producción: (Mata / hr. Conv)	1.05	¹
TIEMPO C/ PERDIDA DE PRODUCCIÓN EN CPS: 9.25 Hrs – CPS				2	Equivalente concentrado x olla de mata (TM conc.)	18.00	
				3	Ganancia por tonelada de concentrado (US\$)	147.00	²
DETALLE: 02 NOVIEMBRE				4	Duración efectiva de la parada en CPS (horas)	9.25	³
				5	Ollas de mata dejadas de procesar (ollas)	9.71	
Detalle Conv 2 Conv 3 Conv 4 Conv 5 Conv 6 Conv 7				6	Concentrado dejado de fundir (TM concentrado)	174.8	
Inicio: 10:00 10:15 8:45 11:00 10:40 10:30				7	Perdida de Producción	US\$ 25,695	
Fin: 13:00 12:45 9:15 12:00 11:40 12:00				Referencias:			
Horas: 3:00 2:15 0:30 1:00 1:00 1:30				1 Reporte Performance de Conv's – Mes de Diciembre 2003			
				2 Ganancia por ton concentrado (33.28 US\$ / barril de petróleo)			
				3 Información obtenida de la Sabana de convertidores			

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Para el año 2005, mediante la implantación del segundo proyecto RCM a los Hornos Convertidores PS, se propone un incremento del índice de disponibilidad operacional del 1.89%, que involucra un ahorro inicial de 4'241.807.40 US\$ al año, ya que el precio del cobre ha aumentado en un 7.3% en el primer trimestre del año.
- En el presente año, el código de falla MPRM de reparaciones mayores u overhauls, se han disminuido los estándares de mantenimiento reduciendo a 9 y 11 días las reparaciones parciales y generales respectivamente.
- La propuesta de reducción de tiempo del 50% del código de falla TATM de tapas de toberas, se justifica mediante el benchmarking realizado en la fundición de cobre de la compañía minera Codelco de Chile, mediante la operación de un nuevo diseño de toberas, el cual permitió la reducción del 50% de las fallas en los hornos convertidores PS.
- Para el año 2006, se propone la misma distribución de tiempos para los Hornos Convertidores PS; y para el año 2007, cuando comience a operar la nueva fundición el índice de disponibilidad será de aproximadamente 95.1%, incremento del 14.9%, debido a que se eliminará los tiempos por SCP.

- Para el año 2004, mediante la implantación del primer proyecto RCM a las Grúas Puente de Hornos CPS en la fundición, se propuso un incremento en la disponibilidad operacional de la Grúas Puente y Hornos Convertidores en un 1.5% y 3.5 % respectivamente; a finales del 2004, mediante la implantación del RCM, el incremento real fue del 1.81% en la Grúas Puente y 3.69% en los Hornos Convertidores PS.
- El incremento de disponibilidad de los Hornos Convertidores PS obtuvo un ahorro entre los 6'337,105.83 y 8'225,563.36 US\$ al año debido al incremento del precio del cobre del 29.8%, durante todo el año 2004. Ver Apéndice C.
- Mediante la jerarquización de equipos y la formulación de los criterios necesarios para el análisis, se incrementó la importancia de la seguridad operacional y la protección ambiental, como primeros factores a tomar en cuenta en las nuevas tareas y procedimientos de trabajo.
- Al reunir toda la información necesaria de operación y mantenimiento de los Hornos Convertidores PS, los ingenieros de las áreas involucradas establecieron los requerimientos reales de mantenimiento de dicho equipos, aprovechando al máximo el recurso humano y tecnológico existente, para la realización de las actividades de mantenimiento, en forma efectiva y racional.
- La implantación del RCM, fomentó el trabajo en equipo, convirtiéndolo en algo rutinario; donde las reuniones fueron dinámicas, logrando sinergia al interior del grupo natural de trabajo y ayudando al personal a comprender la labor de su compañero.

- De acuerdo a la metodología de registro del RCM, éste facilita el proceso de normalización (ISO 9000) a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y un manejo adecuado de la información.
- La metodología de trabajo del RCM asigna responsabilidades a todo el personal que esta involucrado con la organización, desde la alta gerencia hasta los trabajadores de la planta, mejorando la efectividad de las actividades propuestas a través de una gerencia más horizontal.

BIBLIOGRAFÍA

- **“Reliability Centered Maintenance”**
Programa de Especialización y Diplomado en Gestión Productiva del
Mantenimiento.
Universidad de Piura – Área Departamental de Ingeniería Eléctrica
Año 2004
- **“Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM”**
Ing. Carlos Parra – ASME Internacional
Año 2003
- **“Reliability-Centered Maintenance”**
Anthony M. Smith
MC Graw Hill Edition, 2001
- **“Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral
Equipment”**
National Aeronautics and Space Administration – NASA USA
Año 2000
- **“Guideline for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance
Process”**
Direction of Commander Naval Air Systems Command – NAVAIR USA
Año 2003

- **Proyecto RCM-SPCC N° 1: “Implantación del RCM a Grúas Puente de Hornos Convertidores PS de la Fundición de Cobre”**
Gerencia de Mantenimiento Ilo – Southern Peru
Año 2004
- **SAE JA1011 “Evaluation Criteria for RCM Process”**
Society of Automotive Engineers – SAE
- **SAE JA1012 “Guide to the RCM Standar”**
Society of Automotive Engineers – SAE
- **“Manual de Operación y Mantenimiento de Hornos Convertidores PS”**
Gerencia de Fundición Ilo – Southern Peru
Año 1997
- **“Manual Técnico de Instrumentación, Control de Procesos y Electricidad de Hornos Convertidores PS”**
Superintendencia de Mantenimiento Eléctrico Ilo – Southern Peru
Año 1997
- **ISSN0716-8462 “Estadística del Cobre y otros minerales 1994-2003”**
Comisión Chilena del Cobre – COCHILCO, 2004. Santiago – Chile.
Año 2004
- **Informe de Prensa “Mercado Internacional del Cobre – Semana del 07 al 11 de Marzo del 2005”**
Comisión Chilena del Cobre – COCHILCO, 2005. Santiago – Chile.
Año 2004

GLOSARIO

Benchmarking.

Es un proceso sistemático y continuo de evaluación de los productos, servicios y procedimientos de trabajo de las empresas que se reconocen como representantes de las mejores prácticas y el propósito es el mejoramiento organizacional.

Coaching.

Sistema que incluye conceptos, estructuras, procesos, herramientas de trabajo e instrumentos de medición para seleccionar gente o crear grupos de personas en desarrollo. Ayuda a los empleados a mejorar sus destrezas de trabajo a través de elogios y retroalimentación positiva basado en observación. Es una actividad que mejora el desempeño en forma permanente.

Confiability

Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

EAM

El EAM, **Enterprice Asset Management**, Sistema de información dirigido para la gestión total de las empresas al nivel corporativo. Requerido principalmente para empresas, donde las necesidades primordiales son los activos físicos.

ERP

El ERP, **Enterprice Resource Planning**, Sistema de información dirigido a sistemas de planeación de recursos de materiales y recursos humanos basados en los requerimientos de producción.

Efectividad.

Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

Eficiencia.

Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado

Estratificación.

Proceso por el cual, se forma una masa mineral en forma de capa de esp más o menos uniforme.

Filosofía.

Conjunto de saberes que busca establecer, de manera racional, los principios más generales que organizan y orientan el conocimiento de la realidad, así como el sentido del obrar humano. Manera de pensar o de ver las cosas.

Implantar.

Plantar, encajar, injertar. Establecer y poner en ejecución nuevas doctrinas, instituciones, prácticas o costumbres.

Implementar.

Poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, etc., para llevar algo a cabo.

Sinergia.

Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

Sistema de Información.

Son sistemas usados para la administración general de una empresa o corporación, donde las características de estas empresas dependen fuertemente del rendimiento de sus activos físicos y de producción.

APENDICE

APENDICE B - Cálculos de Índices de Gestión de Mantenimiento

Disponibilidad Operacional ó Física :

$$DF = \frac{TPRO}{TTOT} = \frac{TOPE + STBY + TDOP}{TTOT} = \frac{TTOT - TEXT + TMAN}{TTOT}$$

Disponibilidad de Mantenimiento:

$$DM = \frac{TTOT - TMAN}{TTOT} = \frac{TOPE - TMNP - TMPR - TMDR}{TTOT}$$

Utilización:

$$UDF = \frac{TOPE}{TPROD} = \frac{TOPE}{TOPE + STBY + TDOP}$$

APENDICE C – Tipos de Mantenimiento de Clase Mundial

- **Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición.**

Consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

- **Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo.**

Consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

- **Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas.**

Consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

- **Mantenimiento Correctivo o a la Rotura.**

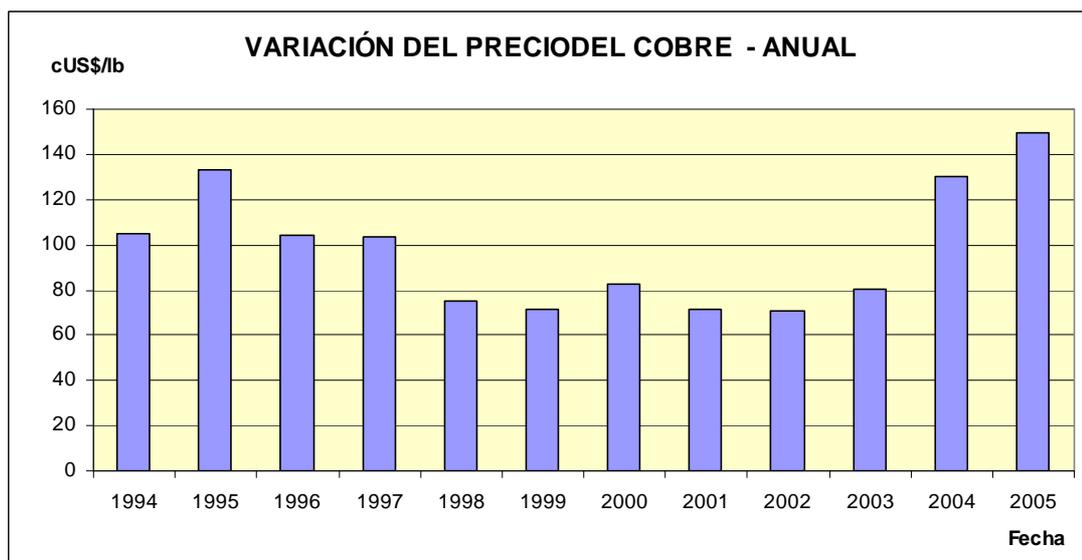
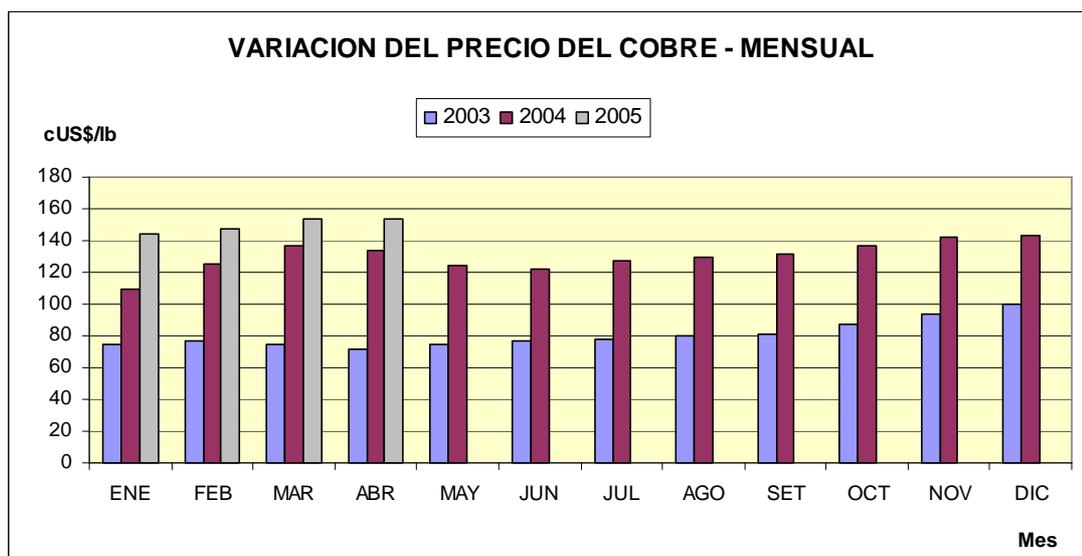
Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

- **Mantenimiento Mejorativo o Rediseño.**

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

APENDICE D - Estadística del Precio del Cobre

cUS\$/lb	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	74.70	76.40	75.30	72.00	74.8	76.50	77.60	79.80	81.20	87.10	93.20	99.80
2004	109.93	125.17	136.47	133.75	123.99	121.87	127.39	129.10	131.31	136.63	141.65	142.68
2005	143.79	147.59	153.30	154.28								



APENDICE E - Estadística de Producción del Cobre

TMF	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	72,400	64,300	70,200	68,200	66,100	69,500	64,600	69,700	65,600	75,700	71,200	75,100
2004	74,800	82,300	87,200	86,200	76,100	93,900	79,900	86,100	91,500	84,800	85,800	103,400
2005	80,600	76,100	85,700									

