

PLAN DE IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CON
ENFOQUE CMD EN LA EMPRESA GRAVILLERA ALBANIA S.A.Y SU
INFLUENCIA EN LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN.

MAURICIO ALBERTO LORA MORENO
HUGO ALFREDO PEREZ CALDERON

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

PLAN DE IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
CON ENFOQUE CMD EN LA EMPRESA GRAVILLERA ALBANIA S.A.Y SU
INFLUENCIA EN LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN.

MAURICIO ALBERTO LORA MORENO
HUGO ALFREDO PEREZ CALDERON

Monografía de grado presentada como requisito para optar por el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Diego Luis Ibarbo Ríos
Ingeniero Mecánico. Especialista en Gerencia de Empresas Constructoras

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2010

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la empresa GRAVILLERA ALBANIA S.A. por haber permitido realizar este proyecto y a todos aquellas personas que apoyaron de manera directa e indirecta el desarrollo del mismo.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y a su programa ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO por hacer de nosotros mejores profesionales para aportar al desarrollo de nuestras empresas y nuestro país.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ASPECTOS GENERALES DE GRAVILLERA ALBANIA S.A.	17
1.1 RESEÑA HISTORICA	17
1.2 MISIÓN	18
1.3 VISIÓN	18
1.4 OBJETIVOS Y POLITICAS DE CALIDAD	19
2. DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO	20
2.1 CONCEPTOS GENERALES	21
2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	22
2.2.1 Primera Generación	24
2.2.2 Segunda Generación	24
2.2.3 Tercera Generación	25
2.2.4 Cuarta Generación	25
2.2.5 Quinta Generación	25
2.3. TEROTECNOLOGÍA	26
2.3.1 Definición	26
2.4 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO	27
2.4.1 Unidad de Producción	28
2.4.2 Unidad de Mantenimiento	29
2.5 SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO	31
2.5.1 Niveles del mantenimiento	32
2.6 FUNDAMENTOS DEL MODELO CMD	39
2.7 CONFIABILIDAD	40
2.7.1 Curva de confiabilidad	41
2.7.2 Factores universales	42

2.8 MANTENIBILIDAD	43
2.8.1 Curva de la bañera o de Davies	46
2.8.2 Curva de Mantenibilidad	49
2.9 DISPONIBILIDAD	52
2.9.1 Tipos de disponibilidad	53
2.10 MODELO UNIVERSAL PARA PRONOSTICAR CMD	58
2.10.1 Fases para el cálculo de CMD	59
3. COSTOS DE MANTENIMIENTO	65
3.1 COSTO DE LAS INTERVENCIONES	67
3.2 COSTO DE FALLAS	68
3.3 COSTO DE ALMACENAMIENTO	68
3.4 COSTO DE SOBRE INVERSIONES	69
3.5 MANTENER UNA BASE DE DATOS	69
3.6 OBJETIVO DEL COSTO PARA EL CONTROL	70
3.7 ELABORACION DE LOS OBJETIVOS DE COSTO	70
3.8 SISTEMA PARA EL ANALISIS DE COSTO	70
3.9 TIPOS DE SISTEMA DE COSTO	71
3.10 LA TOMA DE DECISIONES	72
3.10.1 Identificación de los objetivos	73
3.10.2 Buscar alternativas para los cursos de acción	74
3.10.3 Recopilar datos relevantes para las alternativas	74
3.10.4 Seleccionar alternativas para los cursos de acción	74
3.10.5 Implementar las decisiones	75
3.10.6 Comparación de resultados	75
4 PROCESO DE IMPLEMENTACION DE LA ESTRATEGIA CMD	76
4.1 PLAN DE ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL	76
4.2 SISTEMA DE INFORMACION	76
4.2.1 Codificación y registro de equipos	78
4.2.2 Actividades estándar	78
4.2.3 Proceso para realización de las ordenes de trabajo	78

4.2.4 Tiempos perdidos	80
4.3 IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO	82
4.3.1 Generación de plan de mantenimiento	82
4.3.2 Análisis de fallas	93
4.3.3 Técnicas y metodologías de prevención y predicción de fallas	98
4.3.4 Proceso de ejemplo del Cono de Trituración Cónico HP 300	109
5. CONCLUSIONES	136
BIBLIOGRAFÍA	138
ANEXOS	140

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de procesos Gravillera Albania S.A.	20
Figura 2. Relación elementos sistema Kantiano	28
Figura 3. Unidad de producción	29
Figura 4. Unidad básica de Producción (Mora, 2007a)	29
Figura 5. Unidad elemental de Mantenimiento (Mora, 2007b)	30
Figura 6. Sistema Integrado de Ingeniería de Fábricas: Mantenimiento - Máquinas–Producción (Mora, 2007a)	31
Figura 7. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico (Mora, 1999)	34
Figura 8. Estructura sistémica, organizacional y funcional de mantenimiento	38
Figura 9 Descripción de CMD en el tiempo, funciones y responsabilidades (Mora, 2007a)	45
Figura 10. Curva de la bañera o de Davies (Mora, 2007b)	48
Figura 11. Curva de Davies, acciones y tácticas adecuadas, acorde al valor del β eta (Mora, 2007a)	49
Figura 12. Curva de mantenibilidad (Mora, 2007)	50
Figura 13. Cálculos disponibilidad genérica (Mora, 2007)	54
Figura 14. Tiempos importantes, siglas y demás convenciones que se usan en la medición y predicción CMD	58
Figura 15. Fases para el cálculo de CMD (Mora, 2007)	59
Figura 16. Primera fase (Mora, 2007)	60
Figura 17. Etapa dos de selección de disponibilidad a usar en predicción CMD	60
Figura 18. Etapa tres de parametrización y alineación de Weibull, o de uso de MLE	61
Figura 19. Cuarta fase de validación de ajuste y bondad de Weibull o	

búsqueda de otra función	62
Figura 20. Etapa cinco, para parametrizar y alinear o MLE de otra función	63
Figura 21. Etapa seis de cálculos, predicciones y estrategias CMD	63
Figura 22. Sistema de costeo tradicional en mantenimiento.	72
Figura 23. Proceso de toma de decisiones, planeamiento y control	73
Figura 24. Proceso de implementación de sistema de información	77
Figura 25. Elaboración plan de mantenimiento	86
Figura 26. Curva de vibración	99
Figura 27. Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo	100
Figura 28. Transformada tiempo-frecuencia	101
Figura 29. Proceso de trituración de la línea 6	109
Figura 30. Conjunto bastidor	111
Figura 31. Dispositivos de protección	113
Figura 32. Conjunto contraeje	115
Figura 33. Conjunto casquillo del excéntrico	117
Figura 34. Conjunto blindaje de contrapeso	118
Figura 35. Buje superior de la cabeza	119
Figura 36. Motor de ajuste del hidráulico	121
Figura 37. Cabeza de trituración	122
Figura 38. Manto	123
Figura 39. Excéntrica	125
Figura 40. Casquillos del contraeje	126
Figura 41. Corona y piñón	128
Figura 42. Buje inferior de la cabeza	130
Figura 43. Conjunto taza	132
Figura 44. Conjunto cilindros de bloqueo	133
Figura 45. Anillo de ajuste	134

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Funciones del equipo triturador cónico HP 300	110
Tabla 2. Frecuencia mantenimiento del conjunto bastidor	111
Tabla 3. Frecuencia de los dispositivos de protección	112
Tabla 4. Conjunto contraeje	114
Tabla 5. Conjunto casquillo del excéntrico	116
Tabla 6. Conjunto blindaje de contrapeso	118
Tabla 7. Buje superior de la cabeza	119
Tabla 8. Motor de ajuste del hidráulico	120
Tabla 9. Cabeza de trituración	122
Tabla 10. Mantos	123
Tabla 11. Excéntrica	125
Tabla 12. Casquillos del contraeje	126
Tabla 13. Corona y piñón	128
Tabla 14. Buje inferior de la cabeza	129
Tabla 15. Conjunto taza	132
Tabla 16. Conjunto cilindros de bloqueo	133
Tabla 17. Anillo de ajuste	134

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.	Cronograma de capacitación técnica	140
Anexo B.	Tiempos de paradas por línea año 2009 – 2010	141
Anexo C.	Equipos de la línea de trituración 2	143
Anexo D.	Equipos de la línea de trituración 5	144
Anexo E.	Equipos de la línea de trituración 6	145
Anexo F.	Formato de análisis de fallas Gravillera Albania S.A.	146
Anexo G.	Eficiencia y productividad de líneas 2008	150
Anexo H.	Eficiencia y productividad de líneas 2009	151
Anexo I.	Porcentual de costos mantenimiento y producción sobre el total de costos 2008	152
Anexo J.	Porcentual de costos mantenimiento y producción sobre el total de costos 2009	153
Anexo K.	Horas trabajadas vs Producción 2008	154
Anexo L.	Horas trabajadas vs Producción 2009	155
Anexo M.	Acta de constitución del proyecto	156
Anexo N.	Análisis de datos 2009 – 2010	158

RESUMEN

TITULO: INFLUENCIA EN LOS COSTOS BAJO LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CON ENFOQUE CMD EN LA EMPRESA GRAVILLERA ALBANIA S.A.*

AUTOR(ES): MAURICIO ALBERTO LORA MORENO Y HUGO ALFREDO PEREZ CALDERON**

PALABRAS CLAVES: MANTENIBILIDAD, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

En el presente trabajo se realiza una descripción de la metodología de gestión de mantenimiento denominada CMD, se describen los principales fundamentos de mantenimiento, su evolución, algunos conceptos de la terotecnología, el modelo kantiano y su modelo de mantenimiento. De este último están incluidos los niveles que lo fundamentan como son:

- Instrumental o de funciones y acciones
- Operacional o de acciones mentales
- Táctico enmarcado en el conjunto de acciones reales
- Estratégico o conjunto de funciones y acciones mentales

Pasando a los conceptos esenciales del modelo CMD, y las definiciones de confiabilidad allí de incluye la curva de la confiabilidad. La mantenibilidad, su respectiva curva, finalizando con la definición de disponibilidad, dentro de esta se amplía el concepto de la disponibilidad genérica por ser la inicial dentro de estos procesos, sin embargo se definen los otros tipos de disponibilidades.

Se pasa luego al plan de implementación en Gravillera Albania S.A. basando la información en los costos desde el año 2008 y 2009 y los datos de producción y eficiencia de las líneas que componen la planta de Tabio para luego analizar el proceso o fases por las que debe caminar la compañía en pro de llegar a tener un mantenimiento con enfoque CMD, poder medirlo y poder analizarlo para buscar resultados positivos en cuanto a disminución de costos, aumento de productividades, eficiencias, confiabilidades y mantenibilidades aportando también al conocimiento y desarrollo de habilidades en el personal. Es un cambio de estrategia para lograrlo y requiere de todo un procedimiento juicioso y comprometido para estar a tono con los objetivos, misión, visión y políticas que la compañía ha establecido como estandartes.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento, Director Ing. Diego Luis Ibarbo Ríos

SUMMARY

TITLE: LOW COST INFLUENCE ON THE IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PROGRAM TO FOCUS CMD ON THE COMPANY GRAVILLERA ALBANIA SA *

AUTHOR: MAURICIO ALBERTO LORA MORENO AND HUGO ALFREDO PEREZ CALDERON **

KEY WORDS:

DESCRIPTION OR CONTENT:

In this paper, a description of the methodology for maintenance management called CMD, describes the main grounds maintenance, evolution, some concepts of the terotecnología, the Kantian model and maintenance model. The latter are included levels that underlie such as:

- Instrumental or functions and actions
- Operational or mental actions
- Tactical framed in all real actions
- Strategic or set of functions and mental actions

Turning to the essential concepts of the model CMD, and the definitions of reliability there includes the reliability curve. Maintainability, its respective curve, ending with the definition of availability, within this concept of extending the general availability being the first in these processes, however defined other types of availability.

It then passes into the gravel implementation plan Gravillera Albania SA basing the information on the costs since 2008 and 2009 and data of production and efficiency of the lines that compose the plant Tabio then analyze the process or stages that must walk towards the company would have any maintenance CMD-focused, able to measure it and analyze it to find positive results in terms of lower costs, increase productivity, efficiency, reliability and maintainability also contributing to the knowledge and skills development of staff. It is a change of strategy to achieve and requires an entire procedure wise and committed to be in tune with the goals, mission, vision and policies that the company has set as standards.

* Monograph

** Faculty of Mechanical Engineering-Physical. Expertise in management of maintenance, Director: Eng. Diego Luis Ibarbo Ríos

INTRODUCCIÓN

Debido a la situación actual de ajustar cada vez más los costos y gastos de operación y administración de las empresas se hace necesaria la implementación de programas que permitan la reducción de costos en relación al mantenimiento, operación y producción.

Esta razón ha llevado a la gerencia de producción y mantenimiento de la Gravillera Albania s.a. planta Tabio, a buscar una estrategia gerencial que permita tener un departamento de mantenimiento orientado a la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos y a su vez que esta estrategia permita evaluar en el transcurso del tiempo su impacto sobre los costos de producción, debido al gran impacto que tiene el costo del mantenimiento de la maquinaria en el costo final del producto.

Debido entonces a la misión, visión, políticas y objetivos corporativos de la compañía se hace necesario entonces el establecimiento de estrategias de mantenimiento que garanticen el estado de funcionamiento, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad necesarias para alcanzar la maximización de la vida útil de los mismos a los mínimos costos.

Lo anterior se logra con el conocimiento empresarial e industrial, la experiencia y trayectoria del personal que se tiene en la empresa, el desarrollo de habilidades y competencias a través de la capacitación, el involucramiento de indicadores de clase mundial, de tal manera que se logre la consolidación de un buen equipo de trabajo que será la base para el desarrollo posterior de los programas que se ambiciona cumplir.

De igual forma poder documentar tanto el proceso realizado como los resultados obtenidos hasta el momento y mediante un análisis crítico determinar las oportunidades de mejora que permitan enriquecer el proceso de mejora continua,

pilar fundamental en el crecimiento de Gravillera Albania S.A. para llegar a futuro a estar dentro de las empresas de clase mundial, líderes en el manejo de CMD como herramienta de gestión.

1 ASPECTOS GENERALES DE GRAVILLERA ALBANIA S.A.

1.1 RESEÑA HISTORICA

GRAVILLERA ALBANIA S.A., antiguamente Los Topos Minería, es una empresa productora de agregados pétreos que viene trabajando en la Sabana de Bogotá desde el año 1983. Con base en el estudio EPAM – 1985 realizado por la CAR, en el cual se identifica la cuenca del Río Frío como una fuente alterna de materiales aluviales para la sabana de Bogotá, a la vista de la declinación de otras fuentes, decidimos explorar las áreas de norte de Bogotá, específicamente el valle del Río Frío en el municipio de Tabio. Hoy la empresa opera con el contrato de concesión minera No. 13475 y licencia ambiental vigente, en un área de 477 Hectáreas.

Actualmente la explotación minera da empleo a alrededor de 100 personas quienes en su mayoría viven en la región. Gravillera Albania S.A. aporta a la economía con su oferta de materiales para construcción en la sabana de Bogotá (especialmente en el norte). Si Gravillera Albania no existiera, los materiales tendrían que ser traídos desde el río Magdalena o los llanos orientales, hecho que encarecería los costos de construcción en Bogotá.

Gravillera Albania S.A. se reconoce en el mercado por el trabajo positivo en beneficio del medio ambiente y por el compromiso con la mejora de la región.

1.2 MISIÓN

- GRAVILLERA ALBANIA S. A. es una empresa productora y comercializadora de agregados pétreos que cumplen con los requisitos para las mezclas de concretos y asfaltos.
- Nuestras fortalezas son: La ubicación geográfica, altos volúmenes de agregados con buena calidad comparados con la competencia de la zona. Nos destacamos por el manejo ambiental de la mina.
- Contamos con el desarrollo tecnológico y el talento humano necesario para cumplir con las necesidades de nuestros clientes.
- Trabajamos con responsabilidad social en la investigación y desarrollo del sector productor de agregados pétreos.

1.3 VISIÓN

GRAVILLERA ALBANIA S.A. QUIERE SER EN EL 2015

1. Líder en el mercado de materiales pétreos a nivel nacional.
2. Tener los permisos ambientales en otras fuentes de materiales pétreos ampliando el portafolio de materias primas.
3. Estándares de producción de materiales especiales con mayor rentabilidad.
4. Mejorar las competencias del personal G.A.S.A.
5. Gestionar el flujo financiero siendo más eficientes.

Para ello GRAVILLERA ALBANIA S.A, debe gestionar:

1. Acciones de mejora teniendo como base la política y los objetivos de calidad. Se sigue el procedimiento de acción correctiva, preventiva y de mejora. Las acciones se pueden encontrar en el resumen de oportunidades

de mejora y en el análisis que se realiza en el cuadro de indicadores por procesos.

2. Proyectos de mejora teniendo como base las perspectivas macro determinadas por la gerencia. Se sigue el procedimiento del proceso planificación y seguimiento empresarial.

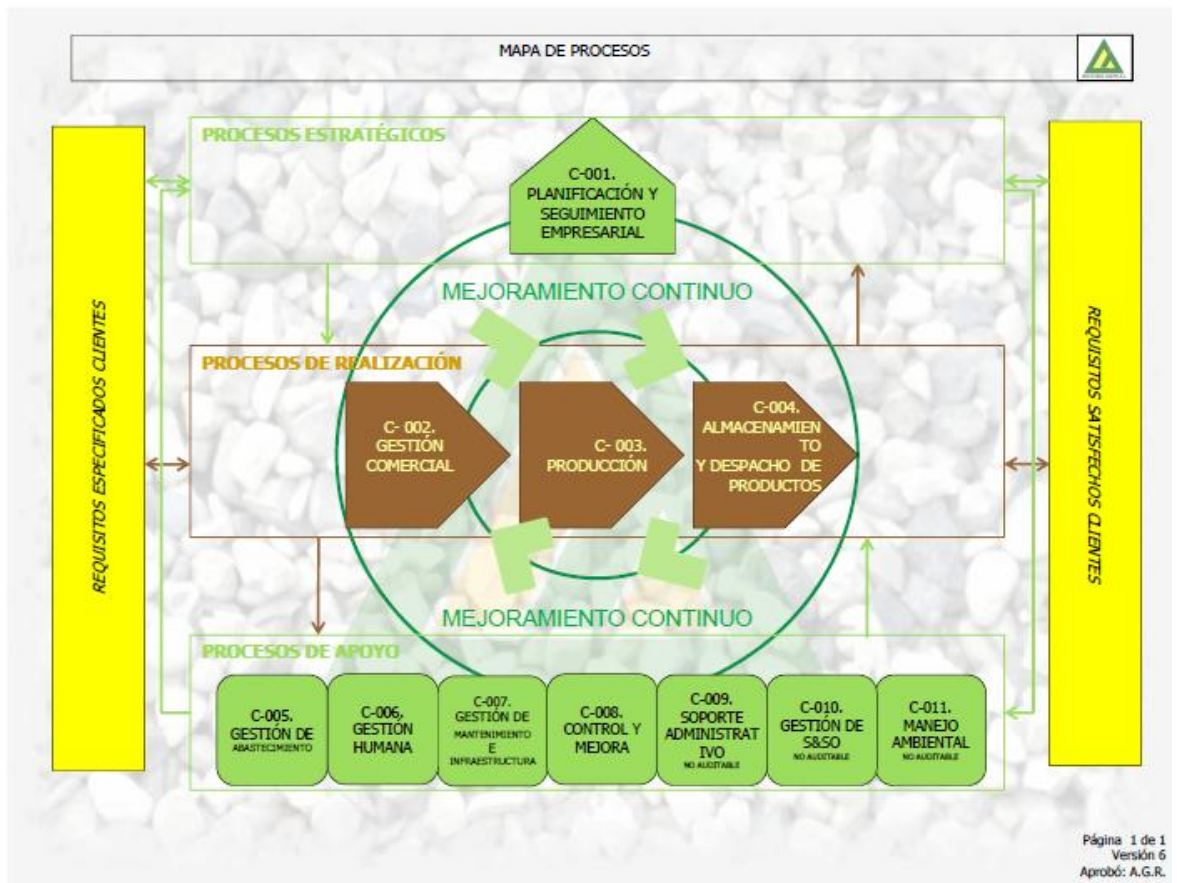
Se tramitan como proyectos, aquellas actividades de mejora, preventivas o correctivas porque son únicas, irrepetibles. El plan de acción puede extenderse por un tiempo superior a tres meses. Además, cada proyecto necesita de un seguimiento sistemático, un trabajo interdisciplinario y/o un presupuesto adicional a la operación normal.

1.4 OBJETIVOS Y POLITICAS DE CALIDAD

GRAVILLERA ALBANIA S. A. considera a la calidad como la clave para ser líder en la comercialización y producción de agregados pétreos, por eso establece, mantiene y mejora continuamente su sistema de gestión de calidad con el fin de dar satisfacción a sus clientes cumpliendo los requisitos legales aplicables. Atendiendo a ese compromiso establece los siguientes propósitos:

- Cumplir los requisitos legales, técnicos y de servicio convenidos con los clientes.
- Asegurar la rentabilidad para la permanencia del negocio y la participación activa en el mercado.
- Producir amigablemente con el medio ambiente y respetando el entorno
- Desarrollar integralmente a los empleados.
- Mejorar continuamente sus procesos

Figura 1 Mapa de procesos Gravillera Albania S.A.



2. DEFINICIONES DE MANTENIMIENTO

2.1 CONCEPTOS GENERALES

A continuación se citan las definiciones dadas por algunos de los principales autores de temas de mantenimiento.

“El objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación posible y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.”¹

“El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad el equipo de

¹ TORRES Leandro Daniel. Mantenimiento su implementación y gestión. Universitas. Argentina 2005. Pág. 19.

²DUFFUAA Salih, RAOUF A. DIXON John. Sistemas de mantenimiento. Limusa Wiley. Mexico

producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.”²

“La principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento a través de las distintas épocas acorde a las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos, para producirlos.”³

Como aspecto fundamental de estas definiciones esta que todas apuntan a mantener la funcionalidad de los equipos, es decir a generar los mecanismos y estrategias necesarias para garantizar que los equipos no pierdan la función que desempeñan dentro de la cadena productiva, contemplado factores tan importantes como el medio ambiente, el talento humano, el costo como componente fundamental del costo general del producto.

2.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Con la aparición de los primeros mecanismos y posterior a ello las maquinas desde las más sencillas hasta la complejidad de las actuales se ha tenido que realizar reparaciones, modificaciones, para garantizar la continuidad de los procesos, es así que a través de la historia desde las culturas primitivas hasta las tiempos actuales el mantener en buen estado los mecanismos, dispositivos, maquinas ha sido factor fundamental en el alivio de los esfuerzos requeridos por el hombre para desarrollar una actividad.

²DUFFUAA Salih, RAOUF A. DIXON John. Sistemas de mantenimiento. Limusa Wiley. Mexico 2005 Pág. . 29.

³ MORA Gutiérrez Alberto. Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios. AMG. Colombia 2008. Pág. 20.

La revolución industrial, sin duda marcó un punto importante en la evolución del mantenimiento es allí donde nacen las primeras metodologías para contrarrestar tanto los fallos presentados como el desgaste de los componentes, en esta época aparecen grandes inventos, mecanismos, máquinas y gran conocimiento, todos encaminados a lograr grandes volúmenes de producción, aparecen grandes creaciones de alta ingeniería como la máquina a vapor, los desarrollos en la industria textil, donde se logra aplicar el concepto que las máquinas no requieren del hombre para funcionar sino más bien que han de servirle a la humanidad para su bienestar y para mejorar su calidad de vida.

Posterior a estos inicios vendría desarrollos tan importantes y de gran ingeniería como: los motores y máquinas de vapor, los motores de combustión interna y con ellos la producción en serie del automóvil y el desarrollo de toda la industria automotriz contando los demás procesos requeridos para la fabricación del automóvil, como los desarrollos en maquinas y procesos de la industria metalúrgica, metalmecánica.

Vendría a seguir engrosando este listado la aparición de la aviación con sus primeros acercamientos, ensayos y prototipos hacia 1840 y en adelante toda la gran ingeniería vista hasta nuestros tiempos, sería esto el gran punto de partida de la industria aeroespacial.

Esto sin contar los inicios y los grandes avances en la industria de la medicina, la textil, del petróleo iniciando por su exploración y aun sin tener un fin por la cantidad de procesos y materiales que se descubren a diario.

Sin duda tanto la primera guerra mundial como la segunda ha sido un punto de partida fundamental en el desarrollo, la industria militar ha sido uno de los grandes inspiradores de tecnología.

Al revisar esta breve reseña de la evolución industrial, la cantidad, diversidad y complejidad de las maquinas en cada uno de los diferentes campos ha requerido

desarrollar una serie de estrategias de mantenimiento que al igual que los avances tecnológicos también han sido desarrollados y enmarcados en varias etapas.

El progreso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas en relación a los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura a través del tiempo; el análisis de lleva a cabo en cada una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción, para ese momento, la clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución.

Las principales etapas del desarrollo del mantenimiento se pueden resumir en las siguientes generaciones:

2.2.1 Primera Generación

Surge en la segunda guerra mundial la prioridad principal no era precisamente prevenir las fallas de los equipos sino más bien repararse en el menor tiempo posible careciendo por completo de algún programa de mantenimiento. Es decir fue el nacimiento del mantenimiento correctivo, la gestión de mantenimiento era encaminada a la reparación de los equipos cuando presentaran falla sin importar su impacto en el proceso o la clasificación de criticidad dentro de la cadena productiva.

2.2.2 Segunda Generación

Desarrollada en los años cincuenta, la complejidad de las máquinas obligó a realizar rutinas de mantenimiento surgiendo la prevención de las fallas. Se conoce como el nacimiento del mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, a esta altura en la industria los departamentos de mantenimiento eran conformados por las áreas de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y en algunos casos inicio el área de planeación, actualmente en muchas empresas se conserva esta estructura.

2.2.3 Tercera Generación

El proceso de cambio en la industria y la aparición creciente de tecnología forzaron al desarrollo de nuevas técnicas y filosofías de mantenimiento como estrategias para reducir costos aumentar la productividad, calidad y disminuir los tiempos muertos, entre ellas están:

TPM mantenimiento productivo total,

RCM mantenimiento centrado en confiabilidad,

Mantenimiento combinado (TPM – RCM),

Mantenimiento reactivo,

Mantenimiento orientado en resultados,

Esta etapa es muy importante dentro del desarrollo de las áreas de mantenimiento, se pasa de filosofías personalizadas al departamento de mantenimiento a conceptos de integración producción – mantenimiento es allí donde parte el gran desarrollo de la industria Japonesa por la implementación de estrategias como el TPM donde se busca la integración total de las áreas para el cumplimiento y mejora continua en los procesos, objetivos y en el desarrollo del talento humano. Esta generación se desarrollo entre mediados de los sesenta.

2.2.4 Cuarta Generación

Nace en los noventa buscando la máxima competitividad, llevando el mantenimiento al mundo exterior de la empresa, dentro de las principales metodologías están:

Mantenimiento centrado en habilidades y competencias

World class – mantenimiento de clase mundial

2.2.5 Quinta Generación

Es considerado el mantenimiento en todas sus fases están incluido el mantenimiento terotecnológico, estrategias integrales hacia el éxito y la rentabilidad.

2.3. TEROTECNOLOGÍA

2.3.1 Definición

La Tero tecnología (palabra proveniente de las raíces griegas: thero: cuidado; techno: técnica y logos: tratado) plantea el cuidado integral de la tecnología y su propósito es plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (Tero tecnología) (Kelly, y otros, 1998) (Rey, 1996).

“Un nuevo término se está tomando fuerza hace algunos años en el mantenimiento industrial este es Tero tecnología el cual ayuda, amplía y mejorar el concepto de mantenimiento, la palabra se derivada del griego y lleva como significado: "estudio y gestión de la vida de un activo, desde el comienzo hasta su propio final"; en otras palabras es el seguimiento de la vida de los recursos desde su adquisición hasta su destino final, esto incluye las formas de disponer del mismo, desmantelar, reciclar, etc.

Siendo esto un enfoque netamente económico. El mantenimiento desde esta perspectiva, lleva a la ingeniería de mantenimiento a una visión técnico-económica más amplia integrado prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costos económicos del ciclo de vida (CCV). Es decir su objetivo principal de esta práctica es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida. Combinando la experiencia y conocimiento (los intangibles) para lograr una visión integral del impacto del mantenimiento sobre la calidad de los elementos que constituyen un proceso de producción de mejora continua tanto técnica como económica.

La Tero tecnología a dado al mantenimiento un nuevo aire, un enfoque hacia el negocio, donde se busca analizar los costos de esta actividad de forma que el

punto de equilibrio de dichos costos se coherente; es decir que el mantenimiento industrial acompañe a la empresa en su fin último: "producir dinero para los inversionistas"; dinero que se adquiere de los consumidores del producto final (Bienes o Servicios) que a su vez se satisface la necesidad de quien demandan dicho producto".⁴

2.4 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO

“El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que un sistema, está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.”

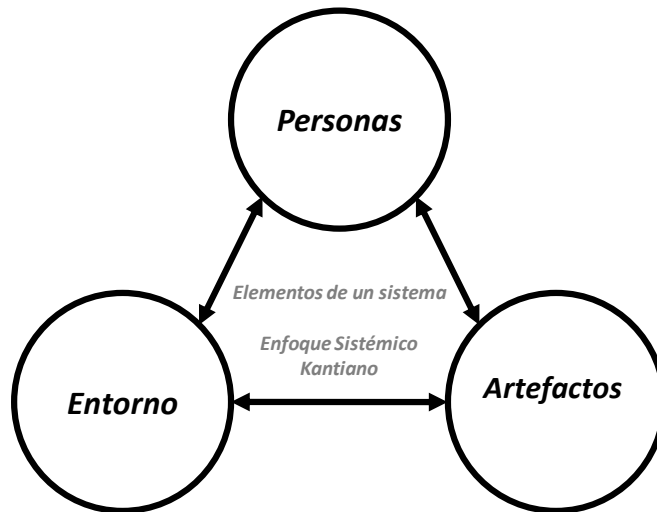
La participación de las personas en cualquier sistema es fundamental, ya que son éstas las que hacen que el sistema exista y son las que le dan ese carácter real, en forma contextual, de forma mental. Indudablemente el mantenimiento es un sistema mental que se construye de forma intelectual por el ser humano, que se basa en el estudio de los equipos y su comportamiento en el tiempo.

El segundo elemento de un sistema kantiano son los artefactos, en el caso particular del mantenimiento, constituyen el conjunto de máquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como órdenes de trabajo o historia de los equipos, aparatos, materias primas, insumos, repuestos, sistemas de información, entre otros; los cuales son los elementos reales requeridos para hacer el mantenimiento.

El tercer componente de un sistema kantiano es el entorno, es de carácter mental (o intelectual) y son todos aquellos sitios en que se desenvuelve la naturaleza del sistema, es donde se encuentran las máquinas que hacen posible la producción de bienes reales o de servicio (Chiavenato, 2005).

⁴ <http://barriodelingeniero.blogspot.com/2009/02/terotecnologia.html>

Figura 2 Relación elementos sistema Kantiano

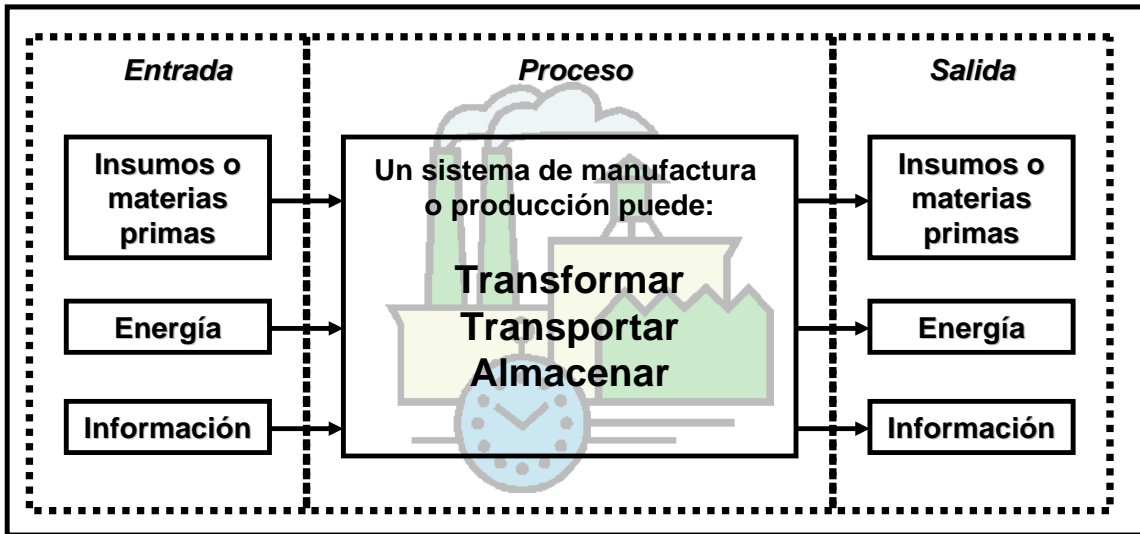


El enfoque kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental, para el caso del mantenimiento se reconoce la existencia de diferentes elementos que se entrelazan; entre ellos se pueden describir las personas: son de forma directa los usuarios o explotadores de los equipos de fabricación, los productores y los que preservan el activo o máquina denominados mantenedores; en cuanto a los artefactos, se incluyen en este grupo, todos los equipos o elementos productivos directos o indirectos que se describen en el texto; por último el entorno, es el que comprende los sitios de producción, como fábricas fijas o móviles, por un lado y, por el otro también incluye los espacios donde se prestan los servicios de mantenimiento.

2.4.1 Unidad de Producción

La función propia de un sistema de producción es lograr la agregación de valor, a partir de tres acciones básicas: transformación, transporte o almacenamiento; las cuales pueden estar presentes en forma combinada, es difícil encontrarlas puras en los procesos industriales.

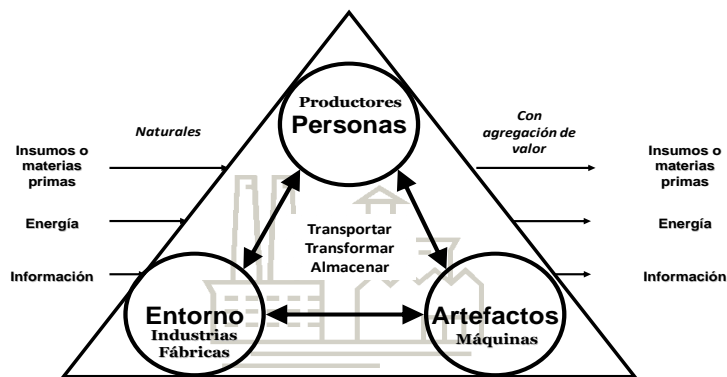
Figura 3 Unidad de producción



Las acciones básicas de producción son susceptibles de utilizar en insumos o materias primas (productos en proceso o terminados), información o energía; se logra un proceso de manufactura al aplicarles acciones que las permitan transformar y/o transportar y/o almacenar.

El enfoque kantiano en un sistema básico de producción, se pueden reconocer tres elementos: productores (Personas), fábricas (Entorno) y máquinas (Artefactos); los cuales interactúan y permiten la elaboración industrial de bienes y/o servicios.

Figura 4 Unidad básica de Producción (Mora, 2007a)

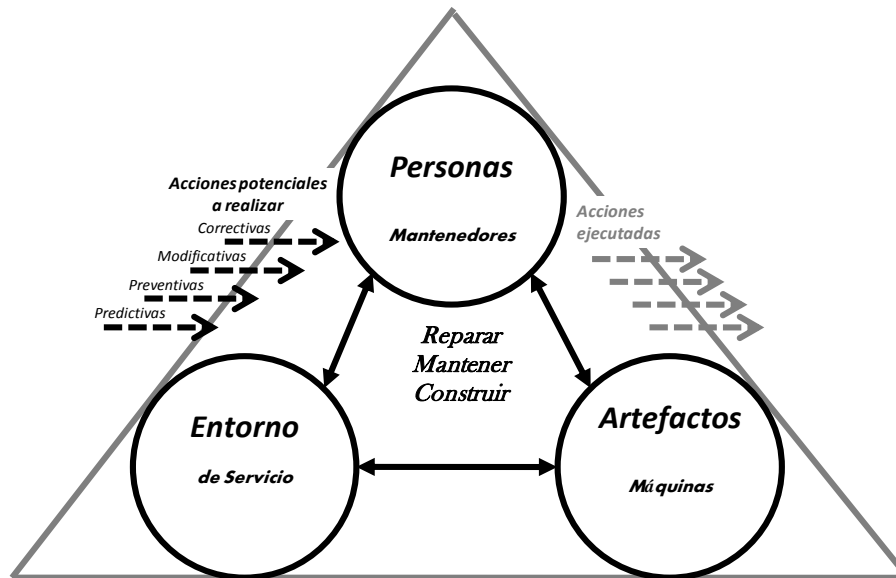


2.4.2 Unidad de Mantenimiento

El enfoque sistémico puro cuando se utiliza en mantenimiento, parece admitir el reconocimiento de tres elementos fundamentales: mantenedores (Personas),

máquinas o equipos industriales o de operación (Artefactos) y sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento (Entorno).

Figura 5 Unidad elemental de Mantenimiento (Mora, 2007b)



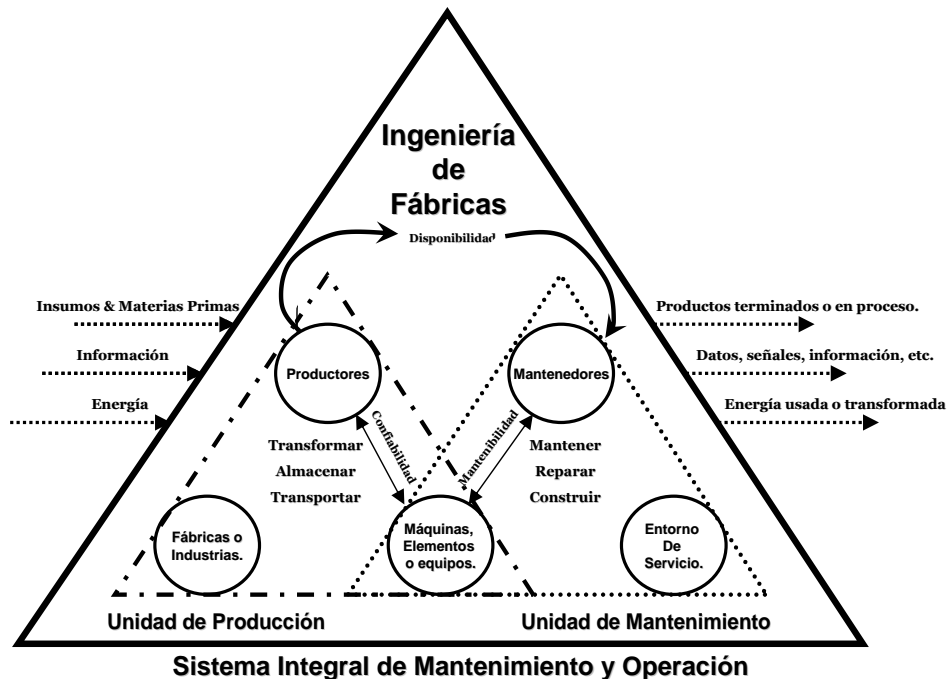
El mantenimiento y la reparación son partes esenciales del objeto de estudio (mantenimiento) en ingeniería de fábricas, donde se entiende que la función de mantenimiento depende del ciclo de vida de las máquinas (en sus tres etapas: mantenimiento, reparación o sustitución) y de la situación de reparación, como una especie de mantenimiento especializado en un estado de uso (o abuso) más avanzado del equipo, es decir con una mantenibilidad más reducida (Ávila, 1992).

Ahora, si se encuentran los elementos comunes entre las unidades de producción y mantenimiento, se puede enfocar con mayor precisión el estudio de los mismos, al igual que permite obtener un sistema más macro e integral, perteneciente a ingeniería de fábricas que contiene ambas divisiones de ingeniería: la de operación y la de sostenimiento.

2.5 SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO

Con el fin de determinar los actores principales de la ingeniería de fábricas, se presenta, en la siguiente ilustración los elementos superpuestos de las dos funciones básicas. El sistema integrado permite visualizarlos en un sistema de ingeniería de fábricas, que son : los mantenedores, los productores y las máquinas; de esta forma se pueden establecer las primeras leyes de mantenimiento, donde el sistema kantiano permite establecer que la relación entre Producción y Máquinas está gobernada por la confiabilidad, la correspondencia entre Mantenimiento y Máquinas, se estipula por la mantenibilidad; y la relación Mantenimiento-Máquina-Producción se define por la disponibilidad, que es el efecto integrado de la ingeniería de fábricas, donde se marca como el efecto o parámetro más relevante del sistema.

Figura 6 Sistema Integrado de Ingeniería de Fábricas: Mantenimiento–Máquinas–Producción (Mora, 2007a)



Se puede entonces afirmar que el enfoque sistémico kantiano de mantenimiento, que se define como ingeniería de fábricas, establece que la relación entre los tres elementos es permanente o cerrada entre máquinas (parque industrial) y los otros dos partícipes (mantenimiento y operación), siendo abierta entre estas dos, de tal forma que las mejores prácticas indican que la relación entre mantenimiento y producción, debe hacerse a través de los equipos y no en forma directa ya que, carece de sentido si no se habla de máquinas y de su comportamiento en el tiempo frente a sus fallas y a su disponibilidad.

El mantenimiento es el elemento que comprende a las personas que ofrecen y prestan el servicio de conservación de equipos a los departamentos o empresas que producen bienes o servicios, mediante los recursos de que disponen.

La producción, es el elemento que requiere y demanda el servicio de mantenimiento de los equipos que utiliza para producir bienes o servicios.

El parque industrial es el conjunto de elementos, equipos, artefactos, objetos, herramientas o líneas de producción, que se utilizan para la agregación de valor en los productos o servicios.

2.5.1 Niveles de Mantenimiento

El autor plantea cuatro niveles o categorías al jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento.

- **Nivel 1 - Instrumental (Funciones y Acciones)**

El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos, para que exista mantenimiento en las empresas, procura el manejo sistémico de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre Personas, Recursos Productivos y Máquinas; pertenecen a este grupo todos los registros, documentos, historia, información, codificación, entre otros; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de AOD y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento

estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de mantenimiento. Clasifican también en este nivel instrumentos más avanzados como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., también se encuentran aquí herramientas avanzadas específicas y de orden técnico, como análisis de fallas, manejos de inventarios, pronósticos, etc.

El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, incluye: la información, las máquinas, las herramientas, los repuestos, los utensilios, las materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, las inversiones, los inventarios, las refacciones, las modificaciones, los trabajadores, las personas, el entrenamiento y la capacitación de los funcionarios, entre otros.

- **Nivel 2 - Operacional (Acciones mentales)**

El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y deseos de los demandantes. Acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.

- **Nivel 3 - Táctico (Conjunto de Acciones Reales)**

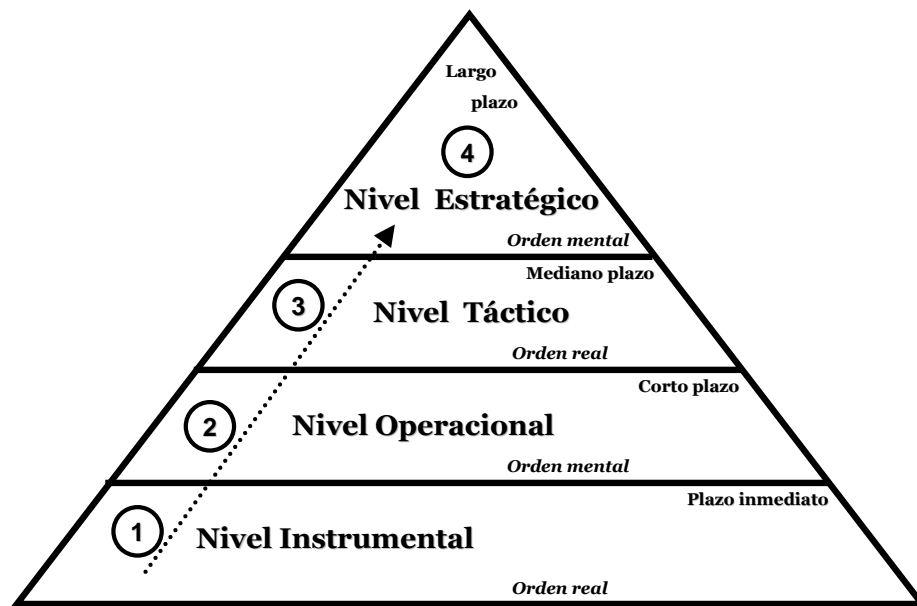
El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos), es el grupo de tareas de mantenimiento que realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir las normas y reglas para ello establecido. Aparecen en este nivel el TPM, RCM, TPM & RCM combinadas, PMO, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.

- **Nivel 4 - Estratégico (Conjunto de Funciones y Acciones mentales)**

El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otros de diferentes

industrias locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el estado de éxito propuesto y deseado. Se alcanza mediante el LCC, el CMD, los costos, la Tero tecnología, etc.

Figura 7 Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico (Mora, 1999)



- **Enfoque de acciones de mantenimiento etapa I y II**

En la etapa I aparecen instrumentos de mantenimiento, en ese momento se contrata o entrena el personal de mecánica, electricidad, neumática, hidráulica, etc., con el fin de capacitarlo y llevar a cabo las primeras acciones de mantenimiento, que son de índole correctiva, y procuran corregir la falla o parada imprevista en forma prioritaria; aparecen entonces elementos iniciales requeridos para sostener los equipos tales como las ordenes de trabajo, herramientas, utensilios, almacén de repuestos e insumos de mantenimiento, surgen las primeras informaciones que a la larga se convierten en las bases de datos y luego en sistemas de información, se desarrollan las técnicas y tecnologías propias de la empresa en particular y en general se dan las bases para que el mantenimiento funcione y la prioridad para producción es elaborar productos o generar servicios.

Las fallas imprevistas son entonces el mayor problema de producción porque se limita el normal desarrollo de su actividad y entonces aparece la etapa II de

mantenimiento que es donde el objetivo principal es la solución de las paradas imprevistas de los equipos y mantenimiento empieza a generar acciones de prevención o predicción de fallas, y empiezan a utilizarse técnicas y metodologías propias de las acciones planeadas, así la empresa adquiere conocimientos y destrezas para diferenciar actividades antes y después de la falla, se inicia la utilización de técnicas y tecnologías propias de la prevención y la predicción tales como rutinas de inspección, planes preventivos, mediciones técnicas, valoración de condiciones de estado de equipos, ensayos no destructivos, registro de datos técnicos, monitoreo de equipos, reposición de elementos antes de que entren en estado de falla, control de la vida útil de los elementos, medición de la funcionalidad de los dispositivos, análisis de vibraciones, tribología, ajustes de función antes de la falla, etc., y nace el control operativo de equipos y sus elementos. Esta etapa solo se practica el mantenimiento correctivo o reparativo, las piezas y equipos se llevan al límite de su vida útil, hasta la falla y la recuperación de la función inicial, consiste en reemplazar la pieza que no funciona sin aplicar un mayor análisis sobre la causa raíz del problema. Se realiza identificación de equipos, se determinan tareas de intervenciones planeadas o programadas (instrucción de mantenimiento), se definen las recomendaciones de seguridad, se establecen planes de mantenimiento (programa maestro) se delimitan y se generan las OT programadas (planeadas) y no programadas, se decide y se implementan los mecanismos de manejo y recolección de datos de forma sencilla, completa y eficiente que se convierte en el sistema de información También se relacionan los equipos con los respectivos repuestos específicos y genéricos.

- **Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento etapa III**

Una vez se alcanza la madurez en el manejo real y conceptual de mantenimiento se adopta una estructura para el desarrollo secuencial, lógico, y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento que aplican, para operarlo bajo un sistema [organizado al adoptar en esta fase una táctica de mantenimiento (TPM, RCM,

proactivo, reactivo, centrado en riesgo, centrado en objetivos y resultados, centrado en habilidades y competencias, etc.). Lo importante para producción es maximizar la explotación y combinación de sus factores productivos, en tanto que mantenimiento se constituye en unidad independiente de producción, de apoyo logístico a operación y manufactura.

- **Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV**

Se alcanza cuando la empresa ha desarrollado con suficiencia los niveles anteriores, se interesan por medir resultados y pretenden saber que tan bien hacen las cosas, establecen sistemas de costeo propios de mantenimiento como LCC, implementan registros históricos de fallas y reparaciones, se establecen sistemas de medición bajo parámetros propios o internacionales, interpretan y utilizan curvas de análisis, se comparan con otras empresas similares o diferentes para establecer el nivel de éxito. El área de producción aquí pretende mejorar su productividad y su mantenimiento, por lo que establece estrategias para llegar a controlar de forma integral y específica todas las actividades, elementos, acciones, táctica y todas las labores de mantenimiento, consolidando la función de mantener, hasta aquí el resultado de aplicar el conjunto de acciones y gestiones de las etapas anteriores de forma logística conduce a la tero tecnología o conocida también como mantenimiento integral logístico.

La tero tecnología se apoya en varias ciencias como la logística, administración, finanzas, necesidades, deseos, requerimientos, ingeniería, características de diseño, costos de fabricación, y sostenimiento de equipos, ciclos de vida de equipos y tecnología, construcción. Se involucran los directivos y todas las demás áreas corporativas en un solo objetivo para obtener la mayor eficiencia productiva y máxima reducción de costos. Se establecen metas alcanzables para todas las áreas, detectan necesidades reales de capacitación, para alcanzar niveles

adecuados de calificación para aplicación de nuevas tecnologías en procesos de gestión.

- **Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento etapa V**

(Cord competences) procura el desarrollo de habilidades y competencias, se consolidan FMECA, RCFA, RPN y en general se fortalece. Se consolida el sistema de información de mantenimiento y producción.

Es probable que se de una estrategia de mantenimiento integral basada en procesos, donde se analizan las actividades, los procesos y macro procesos, mediante implementación de índices e indicadores sobre calidad, el tiempo y los costos, se deben medir todos parámetros de proceso aplicado a mantenimiento bajo direccionamiento estratégico. Por otro lado producción implementa técnicas y tecnologías de punta o producción ajustada a la demanda, manejo de inventarios, ABC de inventarios, sistemas de control, justo a tiempo, APC administración de categorías, CPFR collaborative planning forecasting and replenishment, pronósticos de demanda, sistemas de simulación, y todas aquellas practicas que aumenten la productividad, la rentabilidad, la competitividad, la utilización de innovación tecnológica.

Después de pasar por todas las etapas anteriores se alcanza tal grado de conocimiento, experiencia, desarrollo de tecnologías propias, dominio de modernas técnicas de mantenimiento y producción, para dejar de mirar la maquina como un pasivo que se utiliza para producir y mantener a entenderlo como un activo que genera ingresos para la organización.

- **Enfoque hacia la gestión de activos etapa VI**

Esta etapa integra todo el conocimiento y las mejores prácticas aprendidas, con el fin de manejar la flexibilidad y el éxito de sus activos

Revisión de la estructura organizacional de mantenimiento es por el estudio de su organigrama funcional y los diferentes tipos de rol que asume el personal en el desarrollo de las funciones normales, este sistema es dinámico y flexible donde se conforman grupos de diferentes acciones de mantenimiento correctivo, modificativo y planeado; se pueden adoptar diferentes tácticas en simultaneo, y las funciones estratégicas son transversales. El éxito se basa en que se adapta a cada organización pero es una directriz benéfica en la medida que se acomode a las necesidades y a la etapa de desarrollo de mantenimiento en que se encuentre la empresa.

Figura 8. Estructura sistémica, organizacional y funcional de mantenimiento

Estructura organizacional y funcional, estilo matricial, el cual es flexible y dinámico, todo el personal interactúa; el sistema es transversal y no departamental.		Entidades indirectas de apoyo logístico					
		Taller	Almacén	Proveedores	Costos	Importaciones	Contratistas
		Otras áreas de apoyo a ingeniería de mantenimiento					
		Gestión y operación táctica y estratégica de mantenimiento					
		Planeación	Coordinación	Organización	Ejecución	Control	Análisis y estrategia
Acciones de mantenimiento							Se conforman grupos interdisciplinarios con miembros de reactivo modificativo planeado y de otras áreas que utilizan estrategias de análisis normales como CMD, LCC, RAM, MD, RPN, FMECA, etc., esta liderado por gerentes de ingeniería o directores
Correctivo	Se crea un grupo reactivo que atiende fallas de corto plazo y urgentes. Tendencia a disminuir los correctivos	Se adopta una táctica de tipo reactiva, realiza los correctivos y presta su servicio todo el tiempo en forma inmediata.					
Modificativo	Grupo activo de ingeniería de proyectos dentro de mantenimiento	Realiza pequeños proyectos y desarrollan todas las modificaciones a lugar derivadas de análisis de fallas, estudio y análisis de ingeniería de confiabilidad y CMD.					
Preventivo Predictivo	Grupo de mantenimiento planeado	Es el grupo líder de la aplicación de una táctica que puede ser TPM, RCM, WCM, etc., las empresas en etapas II, IV, V y VI adoptan una táctica proactiva que contiene las anteriores.					

2.6 FUNDAMENTOS DEL MODELO CMD

“La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad, son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis (Mora, 2007b) y su evaluación integral y específica; es a través del CMD que se puede planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y operación del mantenimiento.

Es curioso observar como la mayoría de las tácticas conocidas como TPM, RCM, proactiva, reactiva, clase mundial, PMO, RCM Scorecard, centrada en objetivos, basada en riesgos, tecnología, etc., fundamentan su establecimiento a partir de los indicadores CMD; los cuales proveen los principios básicos estadísticos y proyectivos de las dos manifestaciones magnas de mantenimiento: fallas y reparaciones. La mejor forma de controlar el mantenimiento y sus implicaciones es a través del componente confiabilidad y parámetros asociados (Barringer@, 2005).

La confiabilidad se mide a partir del número y duración de las fallas (tiempos útiles, reparaciones, tareas proactivas, etc.), la mantenibilidad se cuantifica a partir de la cantidad y de la duración de las reparaciones (o mantenimientos planeados (tareas proactivas según J. Moubray - RCM II); mientras que la disponibilidad se mide (o se obtiene por cálculo y deducción matemática) a partir de la confiabilidad y de la mantenibilidad”⁵.

Entre las ventajas del estudio científico y matemático del CMD, resalta que pretende buscar una metodología adecuada para medirlas y evaluarlas eficazmente, con el fin de brindar una herramienta fácil de usar para controlar la gestión y operación integral del mantenimiento, a la vez que permite predecir el

⁵ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Envigado.Ed. Coldi. 2009

comportamiento futuro de corto plazo de los equipos, en cuanto a fallas, reparaciones, tiempos útiles, etc.

En resumen, la confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

En síntesis, lo importante en la metodología CMD, consiste en poder predecir el comportamiento futuro de los equipos, en cuanto a saber sobre: las fallas o las reparaciones (tiempos y fechas de ocurrencia), los tiempos útiles (duración y días en que ocurrirán), los mantenimientos planeados (para su programación en tiempos y frecuencias) y demás actividades alusivas a la planeación de las máquinas, en aras de poder establecer planes concretos de operación y efectividad.

2.7 CONFIABILIDAD

“La medida de la confiabilidad de un equipo, es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo (ESReDa-Industrial, 1998). Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, el equipo es poco confiable. Un equipo con un muy buen diseño, con excelente montaje, con adecuadas pruebas de trabajo en campo y con un apropiado mantenimiento, no debe fallar nunca (en teoría); sin embargo, la experiencia demuestra que incluso los equipos con mejores: diseños, montajes y mantenimientos; fallan alguna vez (Bazovsky, 2004).

La confiabilidad está estrechamente relacionada con la calidad de un producto y es con frecuencia considerada un componente de esta. La calidad puede ser definida cualitativamente como la cantidad de satisfacción, de los requerimientos de los usuarios de un producto. La confiabilidad se interesa por cuánto tiempo el

producto continúa en funcionamiento, después de entrar en operación. Una baja calidad del producto implica una disminución de su confiabilidad, de la misma manera que una calidad alta implica una confiabilidad elevada.”

La probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno, se define como confiabilidad (Blanchard, 1995) (Blanchard, y otros, 1994) (Ebeling, 2005) (Nachlas, 1995) (Ramakumar, 1996) (Sotskov, 1972) (Leemis, 1995) (O’Connor, 2002) (Kececioglu, 1995) (Kelly, y otros, 1998) (Dounce, 1998) (Rey, 1996) (Halpern, 1978) (Forcadas, 1983) (Modarres, 1993) (Barlow, 1998) (Barlow, y otros, 1996) (Bazovsky, 2004) (Lewis, 1995) (Nakajima, y otros, 1991)⁶.

2.7.1 Curva de confiabilidad

“La curva de confiabilidad es la representación gráfica del funcionamiento después de que transcurre un tiempo t en un período T total. Se puede entender de dos maneras: la primera consiste en la representación de la probabilidad de confiabilidad o supervivencia que tiene un elemento, máquina o sistema después de que transcurre un determinado tiempo t ; la otra forma de interpretarla es cuando se analizan varios o múltiples elementos (no reparables, normalmente) similares que tienen la misma distribución de vida útil, en este caso expresa el porcentaje de ellos que aún funcionan después de un tiempo t .”⁷

La forma gráfica en que se expresa la confiabilidad, depende de su formulación matemática. La probabilidad de ocurrencia de un evento se define mediante la expresión:

⁶ MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p.79

⁷ MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p.80, 81

$$P_f = \left(\frac{n}{N} \right)$$

donde n es (son) el (los) evento (s) de falla (en confiabilidad) a estudiar; N= es el número total de eventos posibles; Pf es la probabilidad de falla.

$$P_f = \underset{N \rightarrow \infty}{\text{Límite}} \left(\frac{n}{N} \right)$$

donde Pf se define como la probabilidad de que ocurra el evento n ante una serie grande o infinita N, de eventos posibles.

$$R_a = 1 - P_f ,$$

con Ra como la probabilidad de confiabilidad o de éxito o de supervivencia, en un tiempo a, siendo Pf la probabilidad de falla en ese mismo tiempo a.

La capacidad de un equipo para funcionar correctamente sin interrupciones se puede conocer mediante la utilización de los indicadores de confiabilidad, los cuales deben ser fáciles de manejar y entendibles, su procedimiento de cálculo debe estar al alcance de los usuarios normales, los indicadores deben ser la menor cantidad posible (González, 2004)

2.7.2 Factores universales

En la práctica la confiabilidad puede apreciarse por el estado que guarda o el comportamiento que tienen cinco factores llamados universalmente y que se consideran existen en todo recurso por conservar, estos factores son los siguientes:

- Edad del equipo
- Medio ambiente en donde labora
- Carga de trabajo
- Apariencia física
- Mediciones o pruebas de funcionamiento

2.8 MANTENIBILIDAD

“A la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción; se le denomina mantenibilidad. La normalidad del sistema al restaurarse su funcionalidad, se refiere a su cuerpo como a su función.

Se asume que para restaurar el nivel de confianza de funcionalidad al equipo, la reparación se hace con: personal adecuado con las habilidades necesarias y las herramientas adecuadas, con los datos e información técnica pertinente, con las características específicas de la función del equipo, con el conocimiento de los factores ambientales y de entorno que requiere el equipo para funcionar normalmente, con unos períodos de tiempo normales ya conocidos para realizar las tareas específicas de mantenimiento (Knezevic, 1996) (Kececioglu, 1995) (Rey, 1996) (Blanchard, y otros, 1994) (Kelly, y otros, 1998) (Blanchard, 1995).

La mantenibilidad se asocia a la facilidad con que un elemento o dispositivo se puede restaurar a sus condiciones de funcionalidad establecidas, lo cual implica tener en cuenta todas las características y hechos previos que ocurren antes de alcanzar ese estado de normalidad, tales como: el diseño, el montaje, la operación, las habilidades de los operarios, las modificaciones realizadas, las

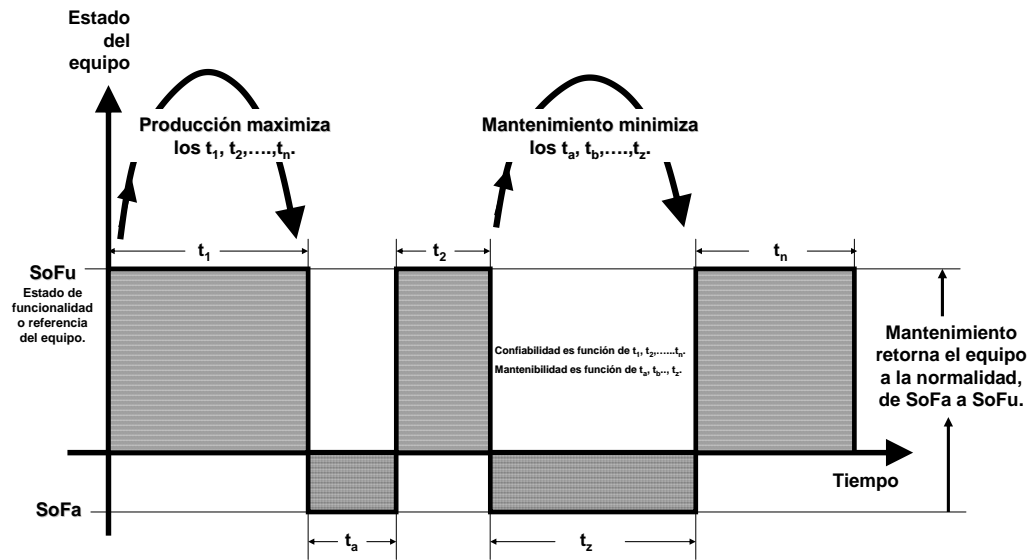
reparaciones anteriores, la capacidad de operación, la confiabilidad, los mantenimientos realizados a lo largo y ancho de la vida útil del equipo, el entorno, la legislación pertinente, la calidad de los repuestos, la limpieza, el impacto ambiental que genera, etc., que influyen directamente en el grado de mantenibilidad de un equipo.

En general la forma más clara de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de funcionalidad y normalidad. La mantenibilidad expresa la capacidad con que un equipo se deja mantener para regresarlo a su estado de referencia. El mantenimiento, son las acciones concretas que se realizan para mejorar la mantenibilidad, siendo esta última la calificación de cómo se realiza el mantenimiento.

En síntesis hasta el momento se puede afirmar que la confiabilidad permite establecer y medir cómo actúa el área de producción en la administración y explotación de los equipos para generar bienes y servicios y, por otro lado la mantenibilidad evalúa la gestión y operación del mantenimiento (Mora, 2007c) (Mora, 1999) que se realiza a esos elementos o máquinas. La disponibilidad es el adjetivo calificativo integral de las dos áreas (producción y mantenimiento, actuando conjuntamente), como de otras divisiones de la empresa; mide la obtención de productos y bienes intangibles de la empresa en general. La confiabilidad es responsabilidad de producción, la mantenibilidad es compromiso de mantenimiento y la disponibilidad es encargo de la gerencia o dirección que está por encima de ambas y que abarca probablemente otras áreas de la compañía.”⁸

⁸ MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p.84, 85

Figura 9 Descripción de CMD en el tiempo, funciones y responsabilidades (Mora, 2007a)



La ingeniería de mantenibilidad se crea cuando los diseñadores y fabricantes comprenden la carencia de medidas técnicas y disciplinas científicas en el mantenimiento. Por esto es una disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que debe realizar el usuario para mantener la mantenibilidad de un producto y que elabora métodos para su cuantificación, evaluación y mejora (Mora, 2007b).

“La forma en que se pueden reducir los costos de mantenimiento, se enfoca en dos ambientes: en la confiabilidad mediante el control de sus indicadores (González, 2004), en especial el indicador β para garantizar el nivel de funcionalidad y fiabilidad del equipo, al ampliar los tiempos entre mantenimientos planeados y por otro lado en la mantenibilidad contribuye a disminuir los tiempos de reparaciones y servir de base para el análisis de fallas FMECA en la erradicación de las fuentes de paradas imprevistas y fallas.

2.8.1 Curva de la bañera o de Davies

Las diferentes acciones que se deciden sobre las tareas a realizar por parte de mantenimiento (y producción), dependen entre otros parámetros de la curva de la bañera o de Davies (Ebeling, 2005) donde se muestra la evolución en el tiempo frente a la Tasa de Fallas $\lambda(t)$ y el valor del parámetro de forma β del equipo que se evalúa, acorde a su valor para ese momento del equipo, se selecciona si las tareas de mantenimiento deben ser correctivas, modificativas, preventivas o predictivas, al tener en cuenta la fase en que se encuentre el elemento o sistema. A partir de la curva de Davies se define el nivel II operacional de mantenimiento.

En la Fase I sirven mucho las acciones correctivas dentro de un proceso FMECA y las modificativas aparte de que son útiles en la I, sirven en la fase dos siguiente, donde las causas de fallas son utilizaciones por debajo o por encima de lo nominal. Las acciones modificativas permiten corregir cualquier defecto de diseño o montaje, calidad de materiales, métodos inadecuados de mantenimiento o cualquier otra falla característica de esta Fase I o de la II. La acción sistémica de eliminación de causas de fallas se denomina debugging

La fase II se tipifica por fallas **Error! Marcador no definido.** enmarcadas en origen técnico, ya sea de procedimientos humanos o de equipos, las acciones que más se adaptan a esta etapa son de las de tipo modificativo, ya que al generarse por utilizaciones fuera del estándar (de equipos o de personas), se requiere modificar esos equipos y/o procesos, dentro de nuevos estándares, mediante técnicas modificativas, cuando las fallas son esporádicas o recurrentes; en el evento de ser fallas crónicas se actúa con FMECA y acciones modificativas.

La probabilidad de falla en esta Fase II es constante, indiferente del tiempo que transcurra, por ejemplo si se tienen dos elementos similares y uno de ellos se le acaba de hacer un mantenimiento o reparación, mientras al otro desde hace algunos años no se le realizan tareas de mantenimiento, en el instante actual ambos tienen la misma probabilidad de tener una falla.

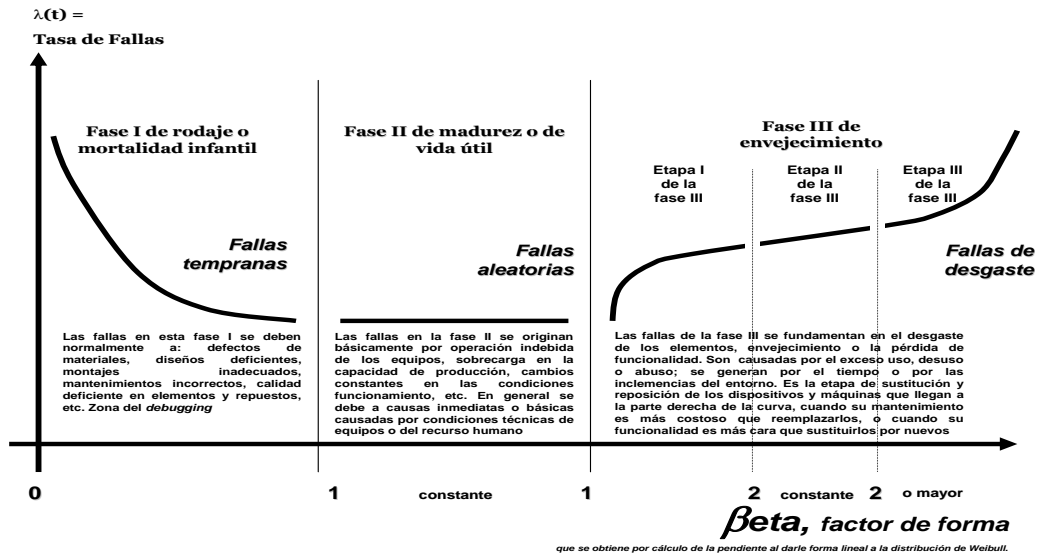
Durante la Fase III se observa un incremento paulatino de la tasa de fallas en la medida que aumenta el tiempo hacia la derecha, en esta sección se presentan varias etapas: en el ciclo I de la Fase III, la tasa de fallas empieza a aumentar en forma suave, es decir su incremento es bajo y crece hacia la derecha en forma leve, las fallas que aparecen son conocidas y se empieza a tener experiencia y conocimiento sobre ellas, son debidas a los efectos del tiempo por causas de uso, abuso o desuso; en esta fase ya se pueden empezar a utilizar acciones planeadas de tipo preventivo ya que las fallas se conocen y se tiene algún control sobre ellas, es la etapa donde la ingeniería de confiabilidad principia a tener dominio sobre el sistema, es la zona de ingeniería por excelencia.

En la etapa II de la Fase III se incrementa la tasa de fallas en forma constante con pendiente positiva en forma rectilínea, en esta sección se inicia la transición de acciones preventivas hacia acciones predictivas, el comportamiento de las fallas empieza a ser predecible, es la franja donde se logra implementar de una forma sólida las acciones preventivas.

Por último aparece la zona III de la Fase III de envejecimiento puro, donde la vida útil del elemento se acelera y la tasa de fallas se incrementa aceleradamente, en esta etapa normalmente se estabiliza el uso de acciones predictivas y cuando estas ya no mejoran la mantenibilidad de la máquina se usa la reposición o sustitución como única alternativa, en esta etapa III de la Fase III aún se continúa con el uso de técnicas preventivas y eventualmente correctivas y modificativas, la mayoría de las fallas son causadas por acción del tiempo y como tal, se usan las acciones predictivas para tipificar el comportamiento futuro de los elementos con el fin de conocer su verdadera vida útil en tiempo presente.”⁹

⁹ MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p. 86, 87

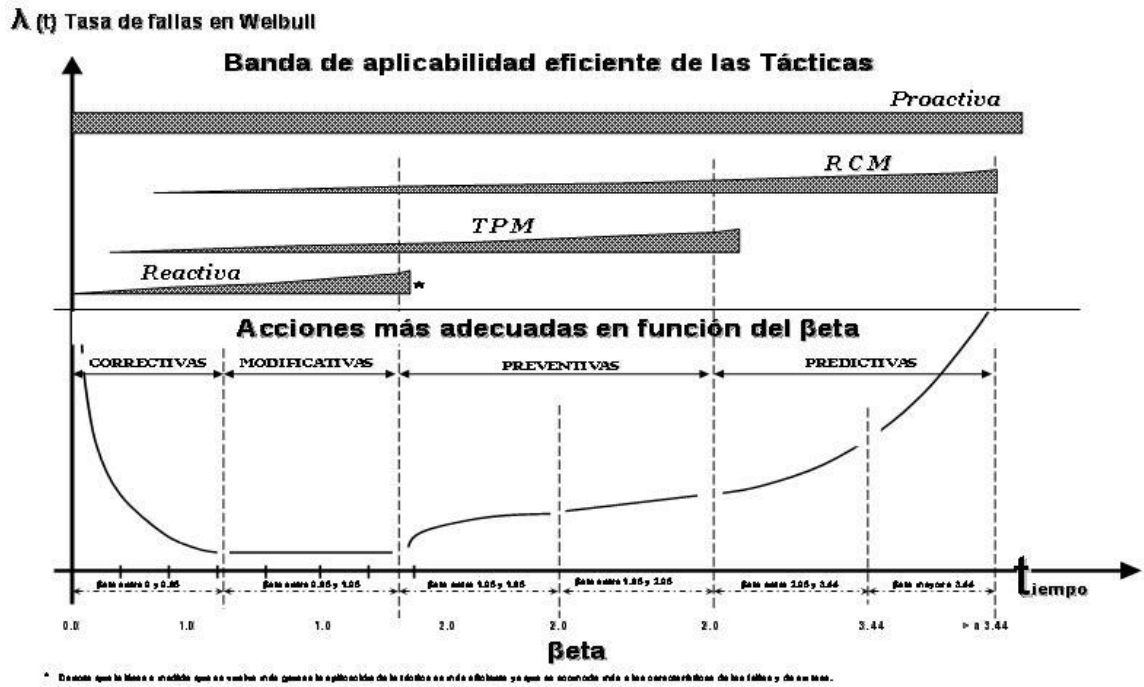
Figura 10 Curva de la bañera o de Davies (Mora, 2007b)



“El indicador de confiabilidad β es una medida de dispersión del comportamiento de las fallas y es inverso a la duración promedio de estas; en la fase I de la curva de Davies aparecen fallas minúsculas e intensas en tiempo, las fallas son impredecibles y de comportamiento atípico, en la fase II ya se empieza a tener cierto control sobre las fallas imprevistas y estas empiezan a estabilizarse en tiempo de duración, normalmente desaparecen en esta fase II las fallas intempestivas y desconocidas, en la etapa I de la fase III ya las fallas se vuelven muy similares en tiempo y se conocen con antelación, en la zona II de la fase III la duración de las fallas tiende a estabilizarse y en la sección III de la fase III es donde ocurren fallas totalmente predecibles y sus tiempos de duración se normalizan totalmente.”¹⁰

¹⁰ MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p. 87, 88

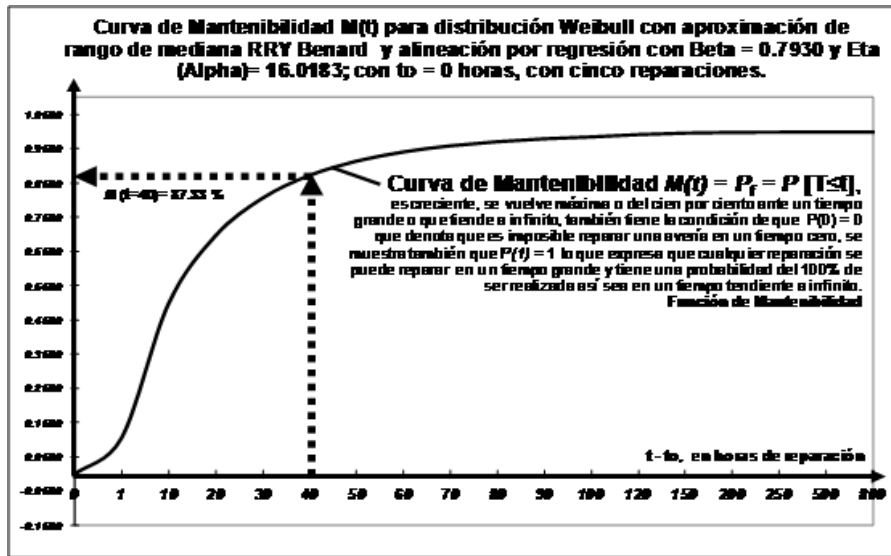
Figura 11 Curva de Davies, acciones y tácticas adecuadas, acorde al valor del β (Mora, 2007a)



2.8.2 Curva de Mantenibilidad

El tratamiento de la curva de Mantenibilidad es similar al de la curva de confiabilidad; esta función se representa por $M(t)$ e indica la probabilidad de que la función del sistema se recupere y el equipo se repare dentro de un tiempo definido t antes de un tiempo especificado total T .

Figura 12 Curva de mantenibilidad (Mora, 2007)



Representación matemática de la función de mantenibilidad

$M(t) = P[T \leq t]$, donde $M(t)$ es la función de mantenibilidad o de reparación, la cual es creciente, va aumentando en la medida que se incrementa el tiempo t . Al igual

$\lim_{t \rightarrow 0} M(t) = 0$ o enunciado como $M(0) = 0$ denota que siempre, la probabilidad de realizar un mantenimiento en un tiempo cero es cero, en la medida que se amplía el tiempo de realización, la curva de mantenibilidad aumenta para volverse máxima en un tiempo mayor o infinito; esto revela que en la medida que se asigne un tiempo más grande y máximo T para realizar un mantenimiento, la probabilidad exitosa de realizarlo en un tiempo t crece. T es el tiempo máximo o límite superior total, t es el tiempo determinado para realizar la acción de mantenimiento; la

expresión $T \leq t$ denota que siempre el tiempo total T es menor o igual que el tiempo de evaluación t de estudio de la reparación, o dicho de otra manera, la finalización de la reparación se logra siempre en un tiempo T menor a t , t siempre es mayor o

igual a 0 y el $\lim_{t \rightarrow \infty} M(t) = 1$, o expresado como $M(t) = 1$ que denota que cualquier elemento tiene una probabilidad tendiente al 100% de ser bien reparado, así sea en un tiempo infinito.

“La mantenibilidad se afecta por los tiempos de mantenimiento o reparaciones, los cuales la influyen, a través de los siguientes conceptos:

- En la disponibilidad genérica: TTR, PM, ADT, LDT', LDT y demás factores.
- En la disponibilidad inherente solo el TTR.
- En la disponibilidad alcanzada el TTR y el PM.
- En la disponibilidad operacional por TTR, PM, ADT, LDT' y LDT. A pesar de que son similares a la genérica no dan igual que ella pues el cálculo se realiza en forma diferente.
- En la disponibilidad operacional por TTR, PM, ADT, LDT' y LDT (el Ready Time no afecta la mantenibilidad).

Los cálculos de la mantenibilidad se realizan en forma diferente y dependen de la disponibilidad que se use, los elementos que se deben estimar son en cada caso:

- Para disponibilidad genérica MDT.
- Para disponibilidad inherente MTTR.
- Para disponibilidad alcanzada \bar{M} el cual se obtiene del correctivo con MTTR y de lo planeado con MP.

Para disponibilidad operacional y operacional generalizada \bar{M} y \bar{M}' respectivamente, el cual se obtiene del correctivo con MTTR y de lo planeado con MP, pero sus valores son diferentes a los de la AA debido a que se tienen en cuenta los tiempos logísticos de Down Time tanto en el caso de reparaciones como de mantenimientos planeados.”¹¹

¹¹ MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p.90, 91

2.9 DISPONIBILIDAD

“La probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como disponibilidad (Ramakumar, 1996) (Blanchard, 1995) (Nachlas, 1995) (Smith, 1983) (Leemis, 1995) (Kececioglu, 1995) (Díaz, 1992) (Knezevic, 1996) (Ebeling, 2005) (Kelly, y otros, 1998) (Kapur, y otros, 1977) (Rey, 1996) (Halpern, 1978) (Navarro, y otros, 1997) (Modarres, 1993).

Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el otro es que sean confiables, y por lo tanto, demasiado costosos (Knezevic, 1996).

La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, satélites, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una confiabilidad alta no es suficiente, por sí misma, para asegurar que el sistema esté disponible para cuando se necesite (O'Connor, 2002).

También es una medida relevante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la

disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen completa sobre el perfil de funcionalidad (Nachlas, 1995) (O'Connor, 2002) (Mora, 2007b).”¹²

2.9.1 Tipos de disponibilidad

Para efectos prácticos se dará una síntesis de los tipos de disponibilidad tan solo se explicará la disponibilidad genérica ya que fue la aplicada en la práctica de la monografía.

- **Disponibilidad Genérica**

Sirve para organizaciones que no predicen ni manejan CMD, la información que se dispone, solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo). Es muy adecuada para inicializar pruebas pilotos en las empresas. Los parámetros que usa, son: UT y DT.

Es muy útil cuando se tienen los tiempos totales de funcionamiento y de no funcionalidad; **Error! Marcador no definido.**, los cuales se miden en forma global (no discrimina los tiempos correctivos, preventivos, predictivos, las demoras o los Ready time), los DT se miden al bulto, en este caso no se poseen los tiempos exactos de demoras logísticas, suministros, retrasos, acciones correctivas ni modificativas, tiempos planeados, otros. Es muy útil para empresas principiantes en el tema de predicción del CMD.

Los MUT en la AG solo consideran los tiempos en que el equipo funciona correctamente, como a su vez los MDT contemplan todo lo que genere no disponibilidad o no funcionalidad, los tiempos de paradas previstas o planeadas por mantenimiento (u otra causa) deben descontarse del tiempo en que el equipo puede operar. Por ejemplo en el evento en que se tuviera un equipo que tiene tiempo útil UT, otro tiempo DT por fallas que generan reparaciones y además de lo

¹² MORA GUTIERREZ, Alberto, Op Cit.- p.60, 63

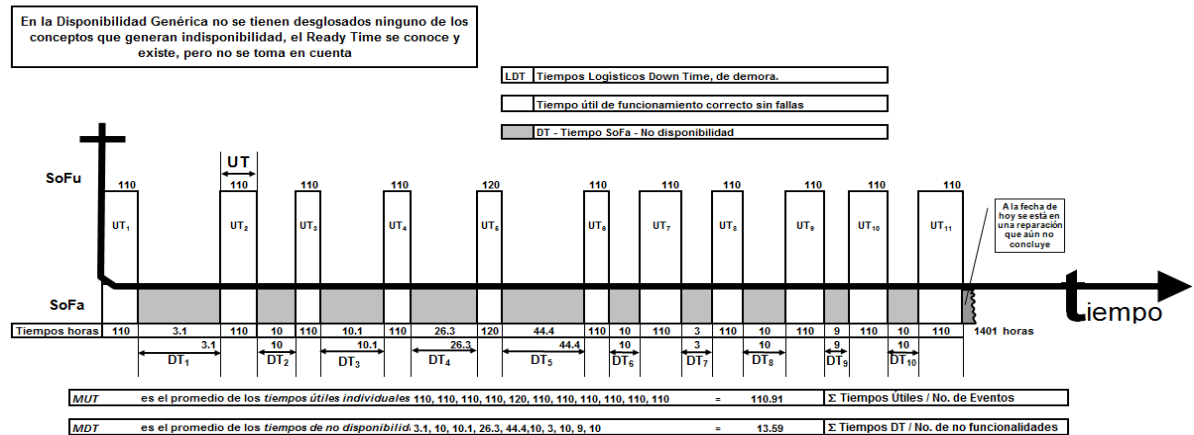
anterior se tiene tiempo invertido en PM mantenimiento preventivo, con un tiempo total TT, se calcula así, la disponibilidad (Vallejo, y otros, 2004):

Disponibilidad Genérica con mantenimientos preventivos

$$A_G = \frac{\text{Tiempo Funcionamiento}}{\text{Tiempo en que puede operar}} = \frac{TT - \sum PM - \sum DT}{TT - \sum PM}$$

Si durante los tiempos de mantenimiento preventivo aparece una falla se consideran como hechos independientes el PM y la reparación, tratándose como eventos diferentes.

Figura 13 Cálculos disponibilidad genérica (Mora, 2007)



Disponibilidad Genérica (cálculos puntuales sin distribuciones) - DG

$$\text{Disponibilidad Genérica} = A_G = \frac{MUT}{MUT + MDT} = \frac{110.91}{110.91 + 13.59} = 89.08 \%$$

Para poder utilizar cualquiera de las otras disponibilidades: Intrínseca o Inherente, Alcanzada, Operacional u Operacional Generalizada, se deben cumplir varias cosas:

El MUT debe ser infinitamente superior al MDT, al menos unas diez veces.

Los tiempos logísticos ADT y LDT' deben tender a cero o no existen, con lo cual LDT tiende a ser mínimo, cero o no hay.

Ambas situaciones sucede en las empresas muy maduras u organizadas en mantenimiento y en el área de ingeniería de fábricas. En las siguientes ecuaciones se vislumbra la transformación de MTBF y de DT.

Transformaciones de MTBF, UT, MTTR, DT, etc.

En la Disponibilidad Genérica se cumple que:

$MTBF = UT + DT$, pero si $UT \gg \gg \gg DT$, entonces queda que $MTBF \cong UT$

$DT = LDT + MTTR$, con LDT despreciable o igual a cero, de donde $DT \cong MTTR$

Si ambos resultados se reemplazan en la Disponibilidad Genérica, esta se transforma en:

$$D_G = \frac{MUT}{MUT + MDT}, \text{ queda como } D_{Inherente} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

De donde se deduce que los términos MUT y MDT son propios de la Disponibilidad Genérica, MTBF de la Disponibilidad Inherente o Intrínseca y MTTR de las Disponibilidades Intrínseca o Inherente, Alcanzada, Operacional y Operacional Generalizada.

Al asumir varias consideraciones, como: que el MTTR tiende en el tiempo a ser igual al MDT, que el MTBF es mucho mayor que MTTR (al menos unas 10 veces), que el tiempo total de análisis de eventos es muy largo y superior al menos a 10 veces el MTTR, que el MLDT tiende a cero en el tiempo; se puede suponer como válido que:

Equivalencias de UT con TBF y de DT con TTR

$$\frac{MUT}{MUT + MDT} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

De donde se puede asumir que $MUT \approx MTBF$, que es usado por algunos autores, debe recordarse que esto es válido solo bajo las premisas enunciadas.

Las modelaciones Markovianas simples y complejas de procesos estocásticos donde se representan los estados posibles de un sistema y las probabilidades de transición entre estos estados, al asumir que las probabilidades de transición entre estados posibles (funcionamiento u ocurrencia de falla con reparación) son constantes (hipótesis cierta solo en procesos de Poisson), al considerar que la Tasa de Fallas $\lambda(t)=1/MTBF$ y la Tasa de Reparaciones $\mu(t)=1/MTTR$ bajo hipótesis de comportamiento poissoniano y resolver el sistema mediante ecuaciones diferenciales, permiten demostrar la validez de la disponibilidad en función de MTBF y MTTR (Díaz, 1992), así:

- **Disponibilidad Inherente o Intrínseca**

Es muy útil cuando se desea controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos). Solo contempla su posible uso cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los DT y los tiempos de retraso o demora administrativos o físicos son mínimos o tienden a cero (al igual las otras tres disponibilidades que siguen: Alcanzada, Operacional y Operacional generalizada). Sus parámetros son MTBF y MTTR. Solo tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo y no exógenas al mismo.

- **Disponibilidad Alcanzada**

Es magnífica cuando se desean controlar las tareas planeadas de mantenimiento (tareas proactivas: preventivas o predictivas) y las correctivas por separado, no le interesan los tiempos de espera (demora), ni los registra obligatoriamente. Es muy rigurosa en el manejo y especificación de la información y de los datos, requiere

un manejo detallado y preciso. Usa como parámetros de cálculo, a: MTBM, MTBMC, MTBMP, MTTR, MP, \overline{M} , etc.

- **Disponibilidad Operacional**

Es adecuada cuando se desea vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos, trabaja con las actividades planeadas (preventivas o predictivas) y no planeadas (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa, exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior Alcanzada más los correspondientes a demoras: ADT, LDT' y LDT.

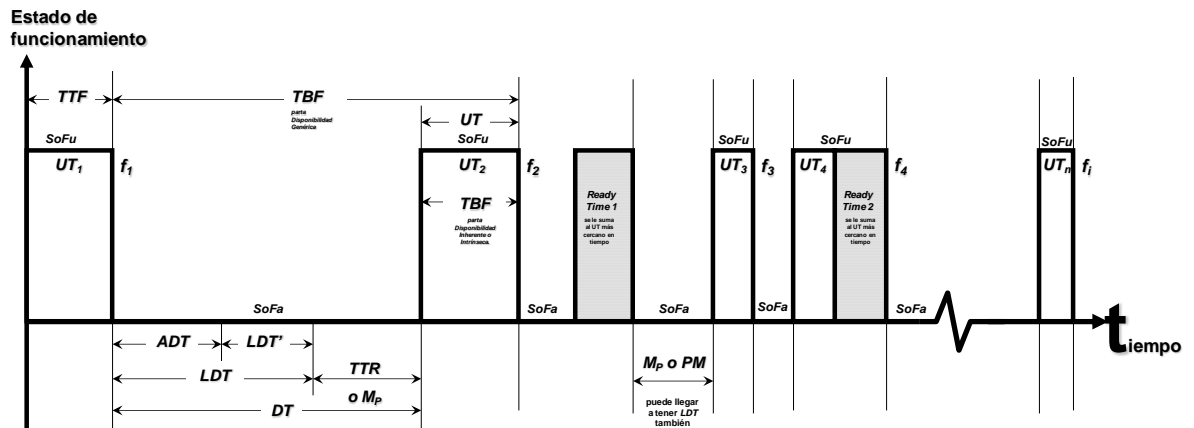
- **Disponibilidad Operacional Generalizada**

Básicamente se usa cuando se predice el CMD en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen, algo así como trabajar en vacío, por ejemplo una turbina de generación a carga mínima, un compresor de aire al mínimo, una bomba de agua en recirculación por no tener carga, un vehículo detenido y encendido pero en neutro en su caja de cambios. Trabaja con los mismos parámetros de la Operacional, solo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce (denominados en inglés Ready Time) se les agrega a los tiempos útiles más cercanos en fecha; para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no se registrasen los Ready Time. Es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero así mismo la más exigente y costosa de implementar, aparte de que la empresa debe tener ya mucha experiencia en el tema.

2.10 MODELO UNIVERSAL PARA PRONOSTICAR CMD

El método internacional, se conforma de varias etapas, en la primera de ellas se dedica a definir los pasos claves para la obtención, tabulación, manipulación y tratamiento de los datos; con el fin de que sean compatibles en su forma, estilo y composición básicos para los cálculos en los métodos puntual y de distribuciones.

Figura 14 Tiempos importantes, siglas y demás convenciones que se usan en la medición y predicción CMD (Mora, 2007)



Donde

TTF = Time To Failure = Tiempo hasta Fallar (se usa en equipos que solo fallan una vez, no reparables)

f_i = Falla i -ésima

n = número de fallas ocurridas en el tiempo que se revisa, desde f_1 hasta f_i

TTR = Time To Repair = Tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos

MTTR = Mean Time To Repair = Tiempo Medio para Reparar = $\sum TTR / n$

TBF = Time Between Failures = Tiempo entre Fallas

m = número de eventos de tiempos útiles que ocurren durante el tiempo que se evalúa

MTBF = Mean Time Between Failures = Tiempo Medio entre Fallas = $\sum TBF / m$

UT = Up Time = Tiempo Útil en el que equipo funciona correctamente.

MUT = Mean Up Time = Tiempo Medio de Funcionamiento entre Fallas = $\sum UT / m$

DT = Down Time = Tiempo no operativo

MDT = Mean Down Time = Tiempo Medio de Indisponibilidad o no funcionamiento entre Fallas = $\sum DT / n$

ADT = Administrative Delay Time = retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo neto de la reparación; ejemplos de estos son: suministro de personal especializado, entrenamiento de recursos humanos requeridos para esa reparación, revisión de manuales de mantenimiento u operación, localización de herramientas, cumplimiento de procesos y/o procedimientos internos, etc.

LDT' = Logistics Delay Time = retrasos logísticos la obtención de insumos para la reparación, en los procesos de mantenimiento o de producción, en los tiempos de suministros, etc. como por ejemplo el tiempo requerido para transporte de repuestos, o el tiempo que hay que esperar a que se construya un repuesto especial por parte de los fabricantes, etc.

LDT = ADT + LDT' = Logistic Down Time = Tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos al equipo que retrasan el tiempo activo

MLDT = Mean Logistics Down Time = Tiempo Medio de Tiempos Logísticos de demora

SoFa = State of Failure = Estado de Falla, el equipo no funciona correctamente

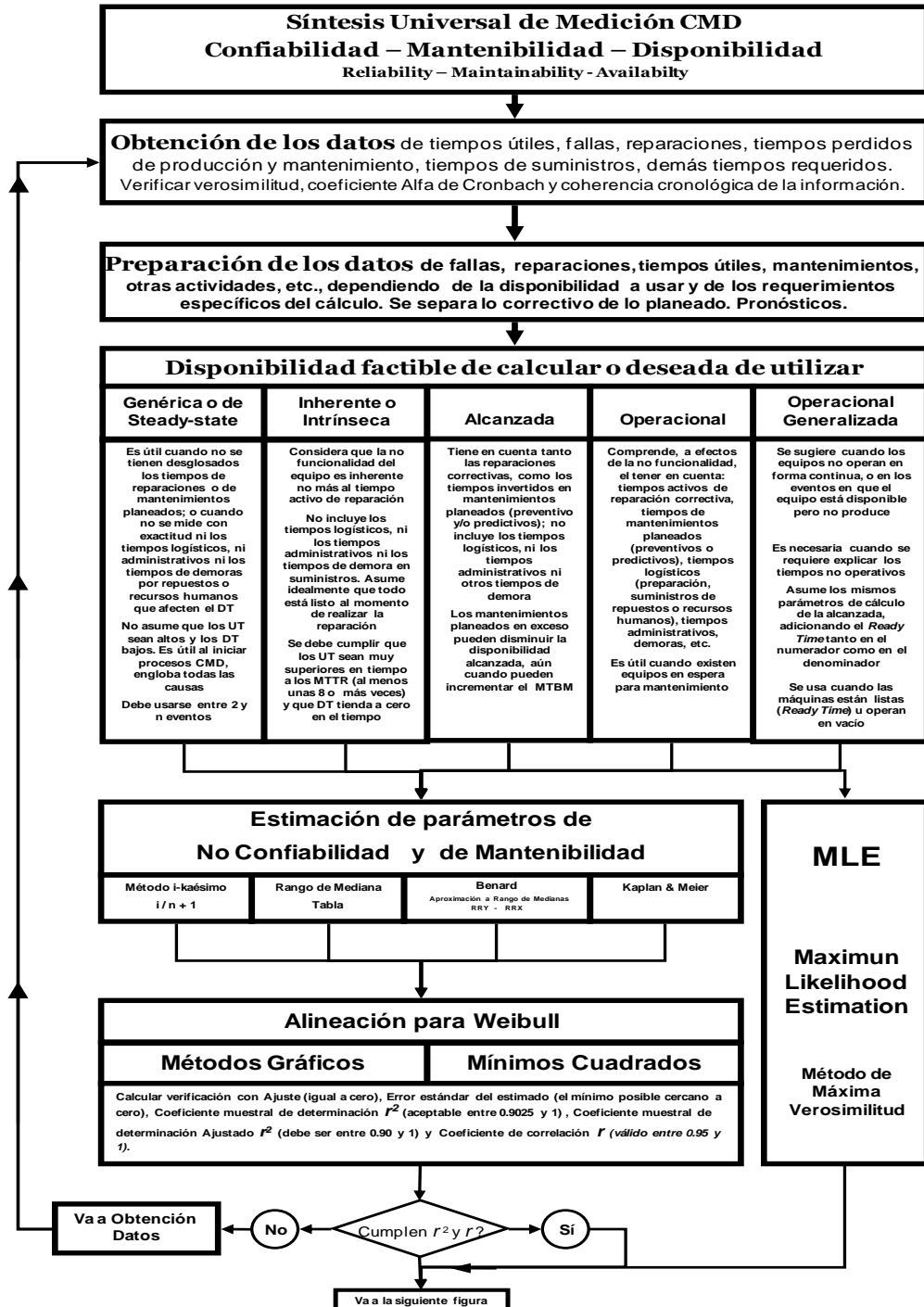
SoFu = State of Functioning = Estado de Funcionamiento correcto

Mp = PM = Planned Maintenances = Mantenimientos Planeados, pueden ser preventivos o predictivos.

Ready Time = Tiempo de Alistamiento = el equipo o sistema está disponible, opera pero no produce, no está en carga operativa; funciona mas no produce

2.10.1 Fases para el cálculo de CMD

Figura 15 Fases para el cálculo de CMD (Mora, 2007)



- **Primera etapa de datos, para la predicción CMD**

Figura 16 Primera fase (Mora, 2007)



- **Segunda fase**

En la segunda fase, se debe decidir la disponibilidad más adecuada acorde a los datos que se posean y a las expectativas de la empresa, acorde a los elementos que desea controlar, todas difieren y prestan diferentes servicios, en síntesis sus ventajas son:

Figura 17 Etapa dos de selección de disponibilidad a usar en predicción CMD.

específicos del cálculo.

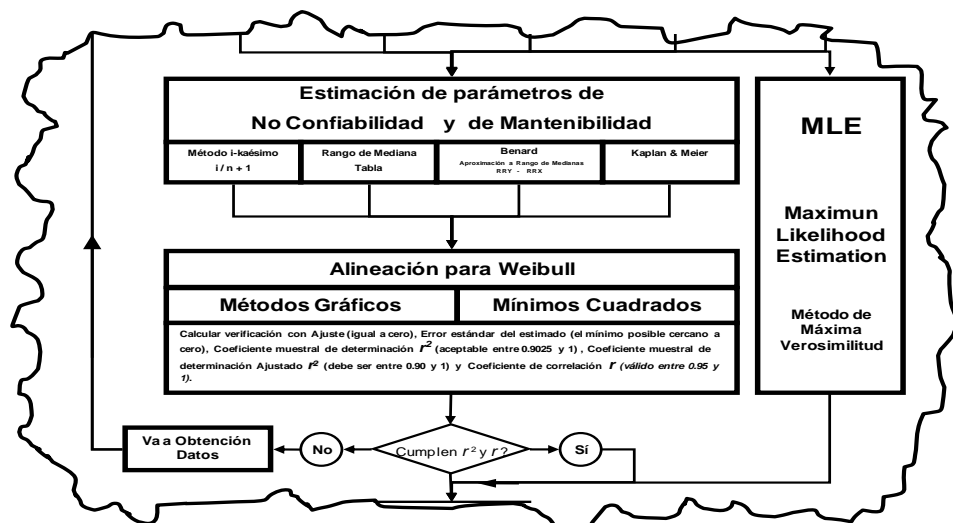
Disponibilidad factible de calcular o deseada de utilizar				
Genérica	Inherente o Intrínseca	Alcanzada	Operacional	Operacional Generalizada
<p>Es útil cuando no se tienen desglosados los tiempos de reparaciones o de mantenimientos planeados; o cuando no se mide con exactitud ni los tiempos logísticos, ni administrativos ni los tiempos de demoras por repuestos o recursos humanos que afecten el DT.</p> <p>No asume que los UT sean altos y los DT bajos. Es útil al iniciar procesos CMD, engloba todas las causas.</p> <p>Debe usarse entre 2 y n eventos.</p>	<p>Considera que la no funcionalidad del equipo es inherente no más al tiempo activo de reparación.</p> <p>No incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos ni los tiempos de demora en suministros. Asume idealmente que todo está listo al momento de realizar la reparación.</p> <p>Se debe cumplir que los UT sean muy superiores en tiempo a los MTR (al menos unas 8 o más veces) y que DT tienda a cero en el tiempo.</p>	<p>Tiene en cuenta tanto las reparaciones correctivas, como los tiempos invertidos en mantenimientos planeados (preventivo y/o predictivos); no incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos, mora en suministros.</p> <p>Los mantenimientos planeados pueden disminuir la disponibilidad alcanzada al realizarlos muy frecuentemente, aún cuando puede incrementar el MTBM.</p>	<p>Comprende a efectos de la no funcionalidad el tener en cuenta: los tiempos activos de reparación correctiva, los tiempos de mantenimientos planeados (preventivos o predictivos), los tiempos logísticos (preparación, suministros de repuestos o recursos humanos) y tiempos administrativos, las demoras, etc.</p> <p>Es útil cuando existen equipos en espera para mantenimiento.</p>	<p>Se sugiere cuando los equipos no operan en forma continua, o en los eventos en que el equipo está disponible pero no produce.</p> <p>Es necesaria cuando se requiere explicar los tiempos no operativos exentos ya de: los de los cálculos de mantenimientos planeados o reparaciones imprevistas, como del detalle logístico o demora del MTR.</p> <p>Se usa cuando las máquinas están listas (<i>ready time</i>), es decir operan en vacío.</p>

- **Tercera fase**

Para completar con la tercera fase, debe tomar la decisión de si utiliza el método directo de Máxima Verosimilitud que no hace alineación, o si se resuelve usar el método de alineación con sus dos facetas: estimación de parámetros $F(t)$ (función de no confiabilidad) y de $M(t)$ de mantenibilidad), con las opciones que se muestran (i-kaésimo, Rango de Medianas con Tablas, de Benard (de aproximación de rango de mediana) o Kaplan & Meyer) y luego la alineación para la función de Weibull (en dos versiones: gráfica o numérica de mínimos cuadrados o de regresión) que permite hallar todos los parámetros requeridos para estimar UT, DT, MTBF, MTBM, MTBMC, MTBMP, MTTR, MP, etc., en función de la disponibilidad que se usa.

En ambas opciones de la tercera etapa (sea para el método de máxima verosimilitud o el de Weibull) se deben comprobar los valores de ajuste que se obtienen, mediante la valoración de los índices de bondad de ajuste: r (coeficiente de correlación múltiple) y r^2 (coeficiente de determinación muestral); que sirven para saber el grado de ajuste de los resultados que se obtienen en cualquiera de los casos.

Figura 18 Etapa tres de parametrización y alineación de Weibull, o de uso de MLE

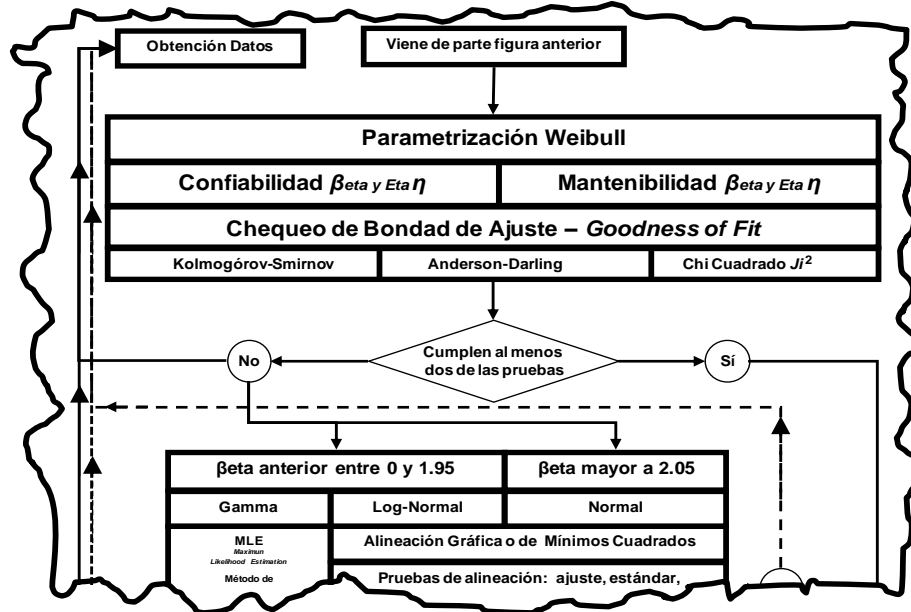


- **Cuarta fase**

La cuarta fase se trata de los cálculos en sí y de las pruebas de bondad de ajuste de Weibull, que se realiza con tres pruebas: Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y Chi cuadrado Ji.

El gran aporte de esta Metodología Universal propuesta es que directamente desde el inicio usa la metodología de Weibull que sirve para las tres etapas de la curva de Davies (o de la bañera): infancia, rodaje y envejecimiento (igual que la de Hjorth) y, en el evento en que no sirve se va directamente a la función específica (Gama, Normal, LogNormal, Rayleigh, etc.) que más se adecua con el valor del beta que se obtiene en esa etapa de Weibull, lo cual garantiza mayor precisión y rapidez en la estimación futura del CMD.

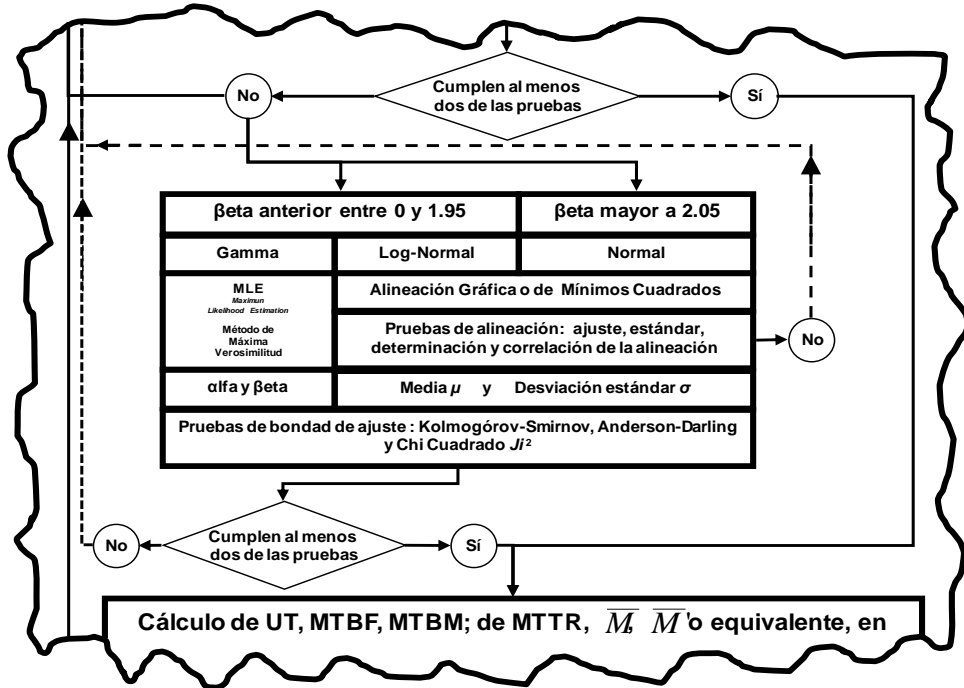
Figura 19 Cuarta fase de validación de ajuste y bondad de Weibull o búsqueda de otra función



- **Quinta fase**

La quinta etapa sirve para parametrizar y realizar la alineación o MLE, que se requiere con otra función diferente a Weibull, como para estimar sus bondades de ajuste.

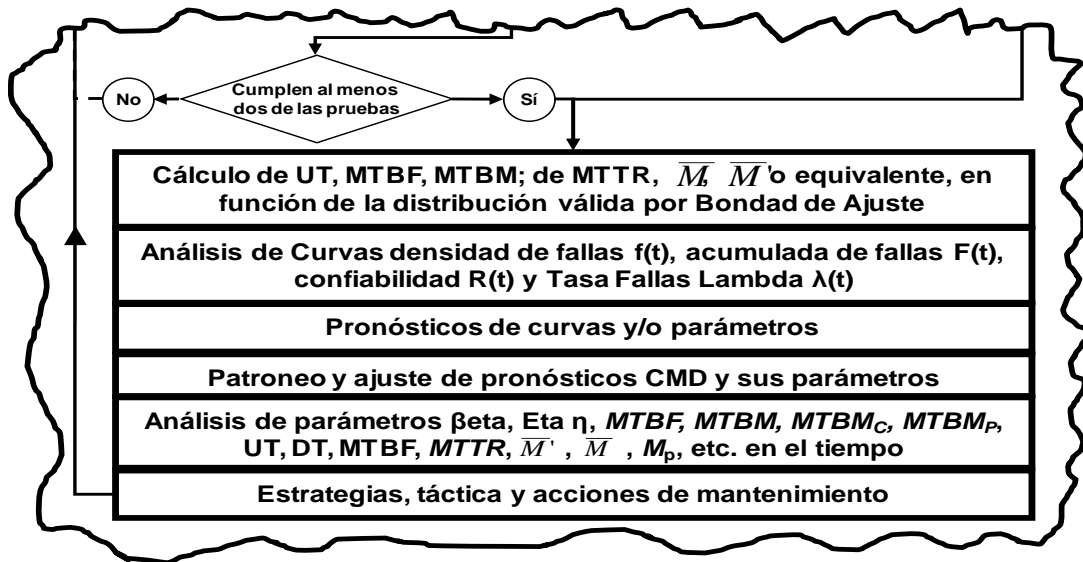
Figura 20 Etapa cinco, para parametrizar y alinear o MLE de otra función



- **Sexta fase**

En la etapa seis, se realizan todos los cálculos CMD, con la función que se seleccione y cumpla bien todos los ajustes.

Figura 21 Etapa seis de cálculos, predicciones y estrategias CMD



Cualquier eficiencia, en el ámbito empresarial, se mide a partir de los siguientes conceptos: el total es lo bueno más lo no bueno para el fin que se persigue, lo bueno es la cifra que se adecua a la meta que se desea y lo no bueno, es la medida de las fines que no alcanzan a cumplir con el nivel de los parámetros, que se plantean como requisitos para calificarlos como buenos.

Eficiencia general de cualquier índole

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Metas que cumplen o sea lo bueno}}{\text{Metas que cumplen o sea lo bueno} + \text{Lo no bueno o sea lo que no cumple}}$$

Si se hace la analogía con los términos de la ecuación anterior y el CMD, se determina que lo bueno es la Confiabilidad, lo no bueno es la Mantenibilidad, de donde se deduce que se puede establecer una fórmula genérica de CMD, así:

Relación de disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Confiabilidad}}{\text{Confiabilidad} + \text{Mantenibilidad}}$$

Donde interactúan los tiempos útiles UT y los tiempos de fallas debidas a reparaciones (imprevistas) DT o a mantenimientos planeados MP, como de otros tiempos relevantes en la disponibilidad o no de las máquinas.

Se puede aproximar la medición de disponibilidad, a la relación entre:

Relación de disponibilidad¹³

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien}}{\text{Tiempo en que el elemento o máquina puede operar}}$$

¹³ MORA Gutiérrez Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Coldi Ltda. Libro tomado como referencia del marco teórico.

3. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Bajo el enfoque del negocio del mantenimiento el concepto "Costeo" es el proceso que ocurre en un sistema de información y que se refleja en una cifra mostrando el desempeño puntual de la gestión y que en el tiempo permite analizar unos patrones y tendencias para el uso de los recursos de la compañía.

Por lo tanto todas las actividades de mantenimiento exigen un consumo de recursos que afectado por tarifas estándar permiten obtener un valor que en sí, no significa nada; sino se contrasta o compara con unidades tipo que indican el concepto de bien, mal, mejor o peor. Es decir el concepto "costoso" se debe referir también al resultado obtenido y a la respuesta en la operación o producción.

La función mantenimiento es tratada, desde el punto de vista de costos, como un ente de servicio con criterio de costo cero. Es decir, mantenimiento al interior de la empresa debe "cobrar" sus servicios a los usuarios de forma que al final de un período dado, el valor "cobrado" tienda a ser igual al costo total de mantenimiento incurrido en ese período. O de otro lado la diferencia entre lo facturado y lo invertido es "pérdida" para mantenimiento, que puede ser conocido para mejorar su productividad.

El mantenimiento no debe generar utilidad económica interior de la empresa.

El valor que se carga a las órdenes de trabajo tiene como fin distribuir el costo del área de mantenimiento a las diferentes áreas usuarias del servicio. Los modelos de costos de mantenimiento son herramientas para la administración de los mismos, se han diseñado para asistir a los directores de mantenimiento

en el proceso de toma de decisiones. Es una HERRAMIENTA DE GESTIÓN sin incidencias contables.

El conjunto de costos directos e indirectos en que incurre mantenimiento durante un período, por la prestación de sus servicios debe recuperarse a través de las ordenes de trabajo en el mismo período. O sea la totalidad de costos presupuestados al inicio del período debe distribuirse en las órdenes de trabajo que se ejecuten en el período (Está referido al monto total). En otras palabras los costos que generalmente se conocen contablemente están distribuidos bajo criterios que aunque útiles, son insuficientes para ofrecer oportunidades de mejoramiento, algunos de los cuales no se pueden usar en órdenes de trabajo y por eso se requieren factores multiplicadores en algunos casos.

Para algunos eso es aumentar el valor del servicio prestado y dicho aumento realmente significaría improductividad, ineficiencia o desperdicio que el usuario no desea que se le traslade al cliente, pero que necesita conocer para optimizarse como elemento de mejoramiento.

Cuando se comparan los presupuestos y valores reales de los costos; los resultados que se obtienen al final del período no coinciden generalmente, es un signo de la necesidad de mejorar los procedimientos de presupuestación o el desempeño y la necesidad de utilizar los recursos con adecuados procesos de programación y planeación de mantenimiento. Los elementos del modelo de costos son: La orden de trabajo, las tarifas, los costos diferidos. Para la toma de decisiones basada en la estructura de costos y teniendo en cuenta que lo se busca es la minimización de los costos se hace importante conocer los componentes del mismo. Se agrupan en dos categorías: a) costos relacionados directamente con las operaciones de mantenimiento como: costos administrativos, mano de obra, materiales, repuestos, subcontratación, almacenamiento y de capital; b) costos por perdidas de producción a causa de fallas de los equipos, disminución de tasa de producción y perdidas por fallas en calidad del producto debido a mal funcionamiento de las maquinas.

Costo global de mantenimiento: Es la suma de cuatro costos:

Costo de intervenciones (C_i)

Costo de fallas (C_f)

Costo de almacenamiento (C_a)

Costo de sobreinversiones (C_{si})

$$C_s = C_i + C_f + C_a + C_{si}$$

3.1 COSTO DE LAS INTERVENCIONES

Son los gastos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo. No se incluyen los costos de inversión ni de actualización tecnológica ya que son producto de proyectos que se relacionan con el aumento de la producción, por esto deben estar considerados en el flujo financiero, tampoco se incluyen ajustes de los parámetros de producción, reubicación de equipos, tareas de limpieza, etc.

Este costo está compuesto principalmente por:

Mano de obra interna y externa.

Repuestos de bodega comprados para la intervención.

Material fungible ocupado en la intervención.

El costo por mano de obra es el tiempo empleado en la intervención por el costo de hora hombre especificada. La mano de obra externa es un monto con venido con el contratista y están estimados de antemano.

Los repuestos usados en la reparación deben ser valorados a precio actual y no al valor que ingresaron a la bodega o almacén.

El material fungible se costea de acuerdo a la cantidad usada. La amortización de equipos de apoyo y herramientas se consideran de forma proporcional al tiempo de intervención.

3.2 COSTO DE FALLAS

Son las pérdidas del margen de utilidad por problemas directos de mantenimiento que redundan en reducciones de la tasa de producción por calidad, por multas debidas a daños ambientales, aumento en costos de la seguridad del personal por fallas en dispositivos de seguridad, pérdidas de negocios, pérdidas de materias primas, costos de explotación, etc. Los problemas de mantenimiento son por causa de:

Mantenimiento preventivo mal definido.

Mantenimiento preventivo o correctivo mal ejecutado.

Uso de repuestos de baja calidad.

Mantenimientos realizados en plazos muy largos por falta de comunicación entre departamentos.

Falta de métodos, procedimientos, planificación y personal mal calificado.

3.3 COSTO DE ALMACENAMIENTO

Representa los costos incurridos en financiar y manejar el inventario de piezas de recambio e insumos necesarios para mantenimiento y son:

Interés financiero del capital inmovilizado por el inventario.

Mano de obra e infraestructura computacional dedicada a gestión y manejo de inventario.

Costos de explotación de edificios: energía, seguridad y mantenimiento.

Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, tratamientos especiales, etc.

Costos en seguros.

Costos de obsolescencia.

3.4 COSTO DE SOBRE INVERSIONES

En el diseño inicial de una planta es ideal tomar decisiones correctas sobre la adquisición de los equipos para que se minimice el costo global de mantenimiento durante el ciclo de vida.

3.5 MANTENER UNA BASE DE DATOS

Un sistema de costeo genera una gran cantidad de datos e información que sirve para:

Diferenciar los tipos de costos presentes en mantenimiento.

Proveer información relevante que ayude a tomar decisiones.

Proveer información para planear, controlar y medir eficiencia.

Esta debe ser mantenida, con costos codificados de manera adecuada y clasificados, esto permite que los costos se agrupen por el objeto (mantenimiento preventivo, correctivo, tercerizado, áreas productivas, centros de responsabilidad, centros de costos, etc.), así también como por categorías (mano de obra,

materiales directos, gastos indirectos) y por tipo (fijos y variables).

3.6 OBJETIVO DEL COSTO PARA EL CONTROL

Tiene como propósito reducir el costo global de mantenimiento a un nivel mínimo, además de mantener un buen nivel de producción, alta calidad y buen estado de las instalaciones, por esto debe ser realista este objetivo. Se pueden elaborar objetivos de costo para piezas específicas de maquinaria, grupo de maquinas, equipos auxiliares, funciones de apoyo o instalaciones y se expresan en valores monetarios, así también se pueden establecer objetivos de costo para áreas o actividades específicas.

3.7 ELABORACION DE LOS OBJETIVOS DE COSTO

Requieren del análisis de costos pasados, deben ser exactos de lo contrario pueden no ser confiables. Es necesario modificar los cifras anteriores por mano de obra y material para que su nivel sea constante y suele ser el año corriente, estas cifras se ajustan para que reflejen las diferencias en los niveles de tasa base y los cambios ocurridos durante el periodo abarcado.

3.8 SISTEMA PARA EL ANALISIS DE COSTO

Existen tres razones para la justificación de un sistema de costos:

Muchos costos indirectos son relevantes para tomar decisiones

Se requiere de una alerta en el sistema para identificar áreas cuyos costo sobrepasa lo planeado.

Las decisiones sobre cambios en determinadas áreas de la actividad del mantenimiento no son independientes, siempre hay repercusiones. Los costos directos son transparentes y como son afectados por las decisiones esto es claramente observable. De otro lado, los costos indirectos al ser afectados por las decisiones esto no es claro de observar.

3.9 TIPOS DE SISTEMA DE COSTO

Son clasificados como:

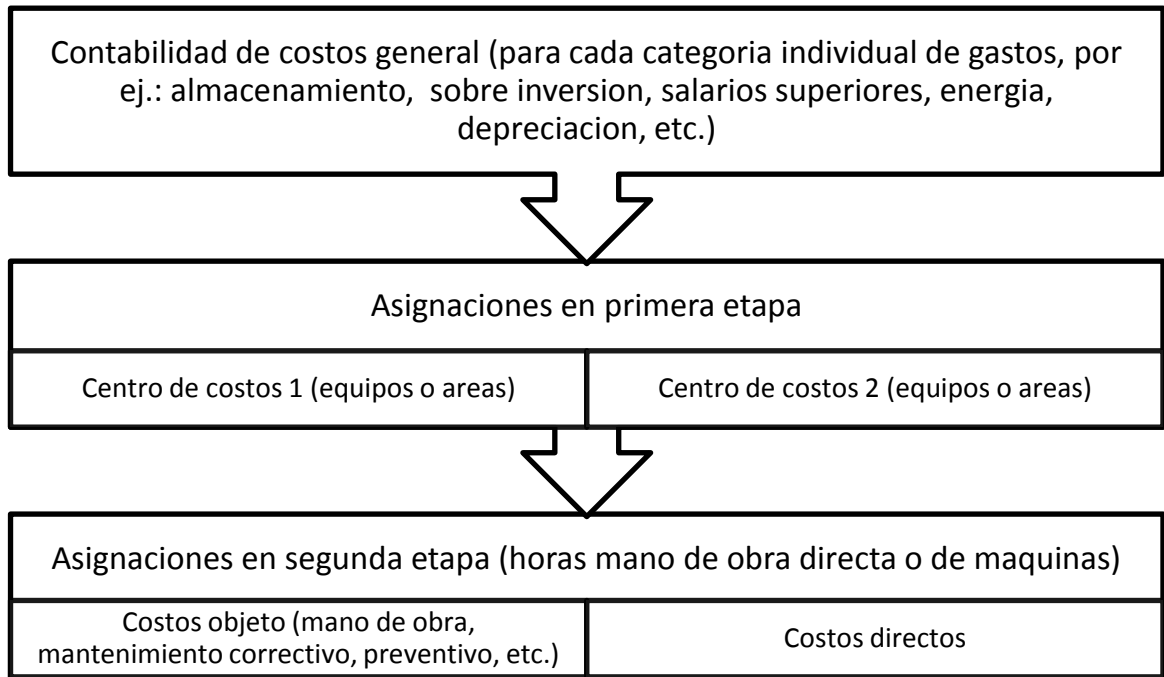
Sistema de costo directo: solo asigna costos directos a los costos objeto. Son apropiados para apoyar la toma de decisiones donde el costo de aquellos recursos adjuntos que varían de acuerdo a la demanda es insignificante. Su desventaja es que no esta en condiciones de medir y asignar los costos indirectos a los costos objeto. Se recomienda donde los costos indirectos son una proporción muy baja en el total de los costos de la organización.

Sistema tradicional de costeo por absorción

Sistema de costos basado en actividades (Sistema ABC)

En los dos anteriores sistemas se asignan los costos indirectos a los costos objeto. En la primera asignación los costos generales son asignados a centros de costos. En la segunda fase los costos acumulados en los centros de costos son trasladados a los costos objeto usando base de asignación bien definidos. El sistema ABC difiere del tradicional porque tien un gran numero de centros de costos en la primera etapa o fase y gran numero y variedad de bases de asignación en la segunda fase.

Figura 22 Sistema de costeo tradicional en mantenimiento.

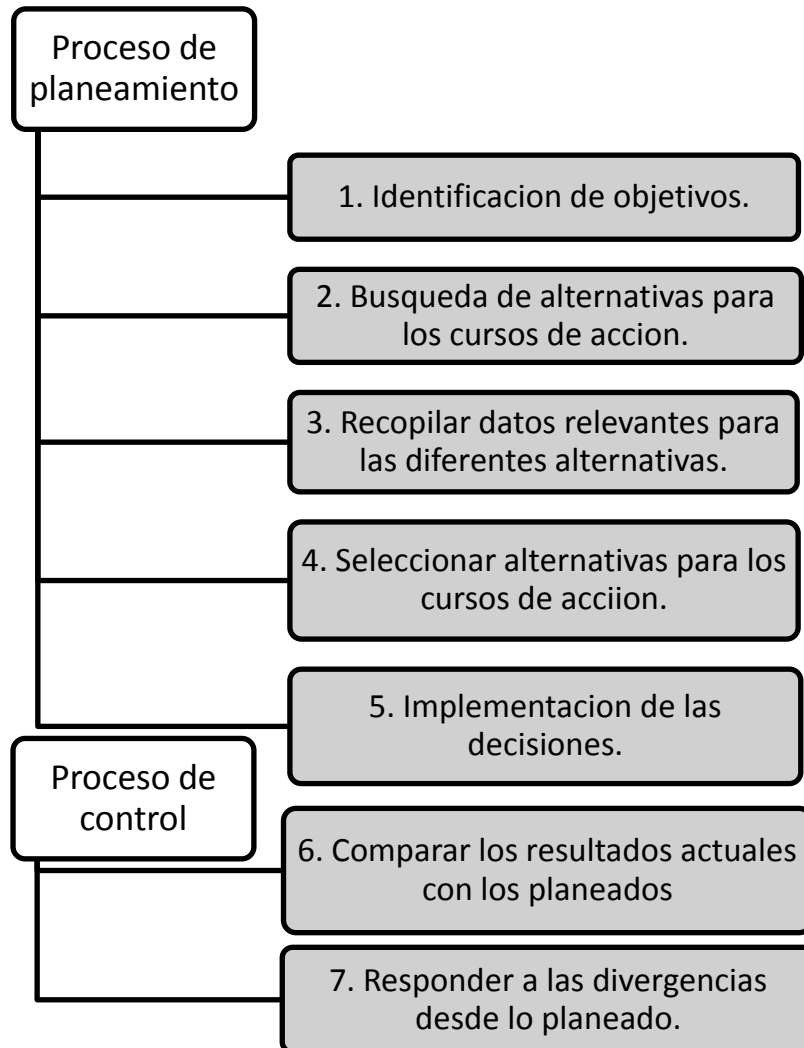


3.10 LA TOMA DE DECISIONES

La contabilidad debe proveer información financiera y no financiera que ayude al proceso de toma de decisiones, por lo tanto la estructura de costos definida requiere de un entendimiento del proceso de toma de decisiones y del conocimiento de los usuarios de esa información. Es por esto que se requieren antecedentes y conocimientos para entender la potencialidad de la gestión de costos.

La Figura 23 es un modelo de proceso de toma de decisiones. Los cinco primeros pasos son el planteamiento que involucra elegir entre alternativas y es la actividad principal. Las últimas dos fases representan el proceso de control en el cual se mide y se corrige el actual rendimiento para asegurar que las actividades escogidas y los planes de implementación sean bien llevados.

Figura 23 Proceso de toma de decisiones, planeamiento y control.



3.10.1 Identificación de los objetivos

Previo a tomar decisiones el encargado de mantenimiento debe tener guías o directrices que hagan posible priorizar o favorecer algún curso de acción sobre otro. Entonces la primera etapa para el encargado es especificar metas u objetivos de su organización compatibles además con los objetivos de la empresa y debe

estar basada en parámetros manejables y definidos claramente para medir la efectividad de las acciones implementadas.

3.10.2 Buscar alternativas para los cursos de acción

La segunda etapa es la búsqueda de un rango de posibles cursos de acción que permitan la consecución de los objetivos de la función de mantenimiento, donde deben considerarse acciones como mayor automatización, inserción de nuevos materiales, rediseños, cambio de configuraciones, capacitación a los operarios, reestructuraciones, definición de responsabilidades, cambios de métodos, mejora de los sistemas de información, etc.

3.10.3 Recopilar datos relevantes para las alternativas

Cuando las potenciales áreas para las actividades son identificadas, el equipo de trabajo debe fijar la tasa de crecimiento potencial de las actividades, las habilidades necesarias para priorizar actividades y planes alternativos para situaciones que se salen de control, debido a la variabilidad inherente del entorno industrial. Dichas situaciones fuera de control de mantenimiento pueden ser la variación de las divisas, desaparición de proveedores, regulaciones ambientales, aparición de nuevas tecnologías, migración de profesionales, nuevas decisiones estratégicas, cambio de escenarios competitivos, etc.

3.10.4 Seleccionar alternativas para los cursos de acción

La toma de decisiones involucra escoger entre cursos de acción alternativos y se selecciona la alternativa que mejor satisface el objetivo de la organización para el mantenimiento. El modelamiento para calificar las distintas alternativas debe estar a cargo de especialistas que conozcan y valoren las distintas estructuras para reingeniería de los equipos productivos. Se debe elegir aquella configuración que asegure la mayor confiabilidad del para el conjunto de equipos en las líneas de producción.

3.10.5 Implementar las decisiones

Una vez seleccionado el curso de acción debe ser implementado como parte del plan financiero de la empresa, teniendo en cuenta que un plan de mantenimiento debe estar acompañado de un financiamiento efectivo para alcanzar las metas definidas y tener herramientas de análisis para explicar las causas de los indicadores de eficiencia.

3.10.6 Comparación de resultados

Es la etapa final del proceso, se comparan los resultados actuales con los planificados y se responde a las diferencias con la implementación de planes de mejoramiento, que es la aplicación del control de la ejecución basado en un conjunto de indicadores convenidos para tal efecto. El conjunto de indicadores debe ser planteado de tal forma que entregue toda la información que conduzca a las fuentes de desvío y así la retroalimentación tiene significado en el proceso y permite verificar la efectividad de las decisiones implementadas y verificar si el rumbo elegido es correcto.

4. PROCESO DE IMPLEMENTACION DE LA ESTRATEGIA CMD

4.1 PLAN DE ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

Para este proceso se parte de la exigencia técnica requerida para desarrollar todas las actividades de mantenimiento necesarias para complementar el buen desarrollo de la implementación de la estrategia de CMD. Por esto se diseño el siguiente plan de capacitación que abarque las principales dificultades y problemas generados por imprevistos en el desarrollo de los ciclos de producción. Ver anexo 1 con plan de capacitación.

Para ello se tomaron de base los reportes de paradas o imprevistos presentados durante el año 2008 y 2009. Ver anexo 2 Tiempos de paradas por línea año 2008 - 2009

4.2 SISTEMA DE INFORMACION

Para el manejo del mantenimiento se debe contar con una infraestructura organizada y efectiva. Para ello se debe soportar la compañía en un sistema integral de gestión de activos, no obstante, no siempre se tiene muy claro cómo alcanzar un mantenimiento efectivo a través de él. Es por esto que a través de un proceso de selección de herramientas de este tipo se llego a la selección del software **infom@nte®**, es un sistema integral de gestión de activos por computador, que tiene como objetivo la optimización y logro de resultados positivos de gestión. Es un producto diseñado, desarrollado e implementado por Soporte y Cía. Ltda., lo que permite dar apoyo local a los usuarios, de manera oportuna y rápida. Puede usarse integrado a los sistemas corporativos o ERP de las empresas. Facilita la implementación de la gestión de equipos y/o activos, inventarios, compras, documentos e información técnica, entre otros. Permite la identificación, planeación, programación y documentación de los trabajos. Es una

herramienta muy útil para la automatización del plan de mantenimiento, la obtención de los costos, la elaboración de presupuestos, la estandarización de procedimientos, la generación de indicadores de la gestión de mantenimiento en tiempo real. Se requiere para el montaje de infom@nte® de las siguientes etapas:

- Instalación
- Recopilación de información
- Capacitación integral de infom@nte®
- Parametrización – Definición del modelo conceptual.
- Integración
- Pruebas
- Entrenamiento

Figura 24 Proceso de implementación de sistema de información

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN



4.2.1 Codificación y registro de equipos

Se ingresa la información técnica correspondiente a los equipos ó elementos a los cuales se desea conservar historia de mantenimiento.

El conocer cuántos recursos físicos de cada tipo se tienen, mejora las labores de planeación y el montaje de un sistema de Mantenimiento periódico. Este conocimiento se refiere a los siguientes aspectos:

- Información técnica acerca de sus características funcionales, de fabricación e instalación.
- Tipo y cantidad de repuestos necesarios para su observación.
- Tipo y cantidad de equipos y subconjuntos instalados en cada equipo.
- Clase y frecuencia de las actividades sistemáticas preventivas a realizar a cada recurso físico, hoja de vida, recuento cronológico y secuencial de las intervenciones realizadas a cada máquina

Un equipo puede permanecer en estado Inactivo ó Retirado, pero no puede borrarse totalmente su información. Si el equipo es retirado conservará la historia de las intervenciones de mantenimiento realizadas.

4.2.2 Actividades estándar

Se puede ingresar toda la información referente a las actividades que generan trabajos de mantenimiento. Permite documentarla en forma completa y con los respectivos asociados de tareas, repuestos, materiales y oficios.

4.2.3 Proceso para realización de las órdenes de trabajo

El proceso se desarrolla en las etapas de Solicitud, Aprobación, Estimación, Planeación y Cierre.

Una Orden de Trabajo es la fuente primaria de información costos, ya que toda intervención de mantenimiento emplea recursos y está respaldada por una orden de trabajo, para que los recursos planeados y empleados dentro de la orden de trabajo se puedan referir a la cantidad consumida; la orden de trabajo facilita la aprobación de la actividad al posibilitar la estimación y la posterior ejecución; permite que se asocien sus insumos o elementos utilizados, lo que se involucran un costo al "liquidar" estos recursos con tarifas establecidas. (Costear).

Se realiza el ingreso de las solicitudes de trabajos que provienen de los clientes de mantenimiento. Las solicitudes de trabajo deben ser aprobadas para que pasen a ser una orden de trabajo y poder ser planeadas. Cuando se recibe una Solicitud de Trabajo, el sistema permite hacer su estimación, para saber si se cuenta o no con los recursos de personal, repuesto/materiales y herramientas para su ejecución.

En la planeación de Órdenes de Trabajo, se centralizan las opciones empleadas en la realización de una labor de mantenimiento ya sea programada ó no.

Por medio del manejo de la Planeación de la Orden de Trabajo se obtiene:

- Conseguir información de las labores de mantenimiento.
- Obtener los costos de cada labor de mantenimiento.
- Realizar una buena distribución de los recursos.

El cierre de ordenes de trabajo realiza la confirmación y actualización en el sistema de los trabajos de mantenimiento realizados a los equipos tanto programados como sistemáticos, elaborando un correcto cierre de órdenes de trabajo se obtiene:

- Información real de las labores de mantenimiento realizadas.
- Costos reales de los recursos utilizados en las órdenes.
- Retroalimentar al sistema con el fin de optimizar recursos en los trabajos pendientes a realizar.

4.2.4 Tiempos perdidos

Se debe también ingresar toda la información correspondiente al tiempo y tipo de paro de los equipos, a los tiempos no requeridos de funcionamiento y la productividad de los equipos/subconjuntos/sistemas. A los Sistemas se les puede dar tratamiento de de Equipo, para ello en el Módulo de Equipo en Tablas Básicas cuando lo crea está la opción de convertirlo a Equipo.

Generalmente las direcciones de fabricación o producción dirigen sus esfuerzos a cumplir cuotas de producción que aunque cumplen cifras de negocio satisfactorias, generalmente no están relacionadas con la eficiencia de los equipos; la orientación a una maximización de la productividad de los equipos permite y facilita verificar su rentabilidad y versatilidad y contribuye a conocer la manera como son operados y mantenidos los recursos físicos.

No siempre es atribuible al Mantenimiento el mayor porcentaje de tiempo de paro en los procesos productivos, el conocimiento de las causas reales de paro de un equipo o sistema permite el planteamiento de estrategias de correcciones de los tópicos de mayor influencia; esto exige un compromiso de cada una de las partes involucradas, con el fin de poder manejar con profesionalismo la información conseguida, para ello es preciso definir algunos parámetros en función del tiempo.

Analizando el tiempo de una máquina en detalle y recorriendo el árbol mostrado en la Figura llamado Diagrama de Tiempos se puede concluir los siguientes:

- **EL TIEMPO TOTAL:** De un período de fabricación es el tiempo de referencia que cubre todos los estados posibles y comprende el TIEMPO REQUERIDO y el NO REQUERIDO, siendo este último compuesto por PAUSAS, MANTENIMIENTO SISTEMATICO y el TIEMPO DE NO UTILIZACION del equipo por su liberación.

- **EL TIEMPO REQUERIDO:** Es aquel durante el cual el usuario usa el medio con la voluntad de producir y esta compuesto por tres clases de tiempos: TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO, DE PARO PROPIO Y DE PARO INDUCIDO.
- **EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO:** Lo constituyen el TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO y el de FUNCIONAMIENTO DEGRADADO.
 - **TIEMPO DE BUEN FUNCIONAMIENTO:** Aquel en el que se producen piezas sin anomalías.
 - **TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DEGRADADO:** Aquel en el cual la máquina opera en condiciones anormales, con bajo rendimiento o produce gracias a mecanismos excepcionales para suplir el defecto.
 - **TIEMPO DE PARO PROPIO:** En el cual el equipo está fuera de servicio por intervenciones programadas y no programadas comprendiendo tiempo de falla (paro) y el tiempo de paro funcional.
 - **TIEMPO DE FALLA (PARO):** Ligado a los medios de producción por ajustes y cambios de elementos desgastados no programados tales como mordazas, electrodos, soldadura, buriles, etc., también se deben incluir aquellos tiempos ligados a los paros de las máquinas por Mantenimiento y finalmente el tiempo asociado a problemas del producto. Este tiempo de paro se registra automáticamente desde las Ordenes de Trabajo.
 - **TIEMPO DE PARO FUNCIONAL:** Asociado a cambios de programas o gamas de producción, tiempo de control al producto y los cambios sistemáticos de partes desgastables.

- **TIEMPO DE PARO INDUCIDO:** Es el ocasionado por falta de piezas y componentes, saturación, cumplimiento del programa o falta de espacios para almacenamiento y el tiempo atribuible a la falta de recursos tales como fluidos, servicios y operarios.

El conocimiento de estos valores puede facilitar el visualizar la utilización cualitativa y cuantitativamente de todos los recursos de la compañía. Estos paros se capturan como tiempos de paro y no se consideran los de mantenimiento

TIEMPOS NO REQUERIDOS

En esta opción se ingresa la información que permita llevar un control de la fecha y las horas en la cual el equipo no estuvo o no va a estar en funcionamiento por necesidades de producción. Las horas de tiempo no requerido no debe exceder a las de disponibilidad diaria del equipo. Para complementar dicha información se debe anexar la observación correspondiente que permita llevar un control de los motivos por los cuales los equipos no se utilizan para el sistema productivo de la Empresa.

4.3 IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

4.3.1 Generación de plan de mantenimiento

La fiabilidad y la disponibilidad de una planta industrial o de un edificio dependen, en primer lugar, de su diseño y de la calidad de su montaje. Si se trata de un diseño robusto y fiable, y la planta ha sido construida siguiendo fielmente su diseño y utilizando las mejores técnicas disponibles para la ejecución, depende en segundo lugar de la forma y buenas costumbres del personal de producción, el personal que opera las instalaciones.

En tercer y último lugar, fiabilidad y disponibilidad dependen del mantenimiento que se realice. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable. Debemos imaginar el mantenimiento como un gran depósito. Si realizamos un buen mantenimiento preventivo, tendremos el depósito siempre lleno. Si no hacemos nada, el depósito se va vaciando, y puede llegar un momento en el que el depósito, la reserva de mantenimiento, se haya agotado por completo, siendo más rentable adquirir un nuevo equipo o incluso construir una nueva planta que atender todas las reparaciones que van surgiendo.

Debemos tener en cuenta que lo que hagamos en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que tomamos se revelan con seis meses o con un año de retraso. Hoy pagamos los errores de ayer, o disfrutamos de los aciertos.

La ocasión perfecta para diseñar un buen mantenimiento programado que haga que la disponibilidad y la fiabilidad de una planta industrial sea muy alta, es durante la construcción de ésta. Cuando la construcción ha finalizado y la planta es entregada al propietario para su explotación comercial, el plan de mantenimiento debe estar ya diseñado, y debe ponerse en marcha desde el primer día que la planta entra en operación. Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el error (un grave error de consecuencias económicas nefastas) de que sean las averías las que dirijan la actividad del departamento de mantenimiento.

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos adicionales o auxiliares. Desde luego es otro grave error, pues una simple bomba de refrigeración o un simple transmisor de presión pueden parar una planta y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo de producción más costoso que tenga la instalación. Conviene, pues, prestar la atención debida no

sólo a los equipos más costosos económicamente, sino a todos aquellos capaces de provocar fallos críticos.

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta.

Por desgracia, esto raramente se realiza. Sólo en los equipos más costosos de la planta industrial suele haberse realizado este pormenorizado análisis, y lo suele haber realizado el fabricante del equipo. Por ello, en esos equipos principales debe seguirse lo indicado por el fabricante. Pero el resto de equipos y sistemas que componen la planta, capaces como hemos dicho de parar la planta y provocar un grave problema, también deben estar sujetos a este riguroso análisis.

Ocurre a veces que no se dispone de los recursos necesarios para realizar este estudio de forma previa a la entrada en funcionamiento de la planta, o que ésta ya está en funcionamiento cuando se plantea la necesidad de elaborar el plan de mantenimiento. En esos casos, es conveniente realizar este plan en dos fases:

1. Realizar un plan inicial, basado instrucciones de fabricantes (modo más básico de elaborar un plan) o en instrucciones genéricas según el tipo de equipo, completados siempre por la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta, y las obligaciones legales de mantenimiento que tienen algunas instalaciones. Este plan puede elaborarse con rapidez. Hay que recordar que es mejor un plan de mantenimiento incompleto que realmente se lleva a cabo que un plan de mantenimiento inexistente. Este plan de mantenimiento inicial puede estar basado únicamente en las instrucciones de los fabricantes, en instrucciones genéricas para cada tipo de equipo y/o en la experiencia de los técnicos.

2. Una vez elaborado este plan y con él ya en funcionamiento (es decir, los técnicos y todo el personal se ha acostumbrado a la idea de que los equipos hay que revisarlos periódicamente), realizar plan más avanzado basado en el análisis de fallos de cada uno de los sistemas que componen la planta. Este análisis permitirá no sólo diseñar el plan de mantenimiento, sino que además permitirá proponer mejoras que eviten esos fallos, crear procedimientos de mantenimiento o de operación y seleccionar el repuesto necesario

La elaboración de un plan de mantenimiento puede hacerse de tres formas:

Modo 1: Realizando un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta.

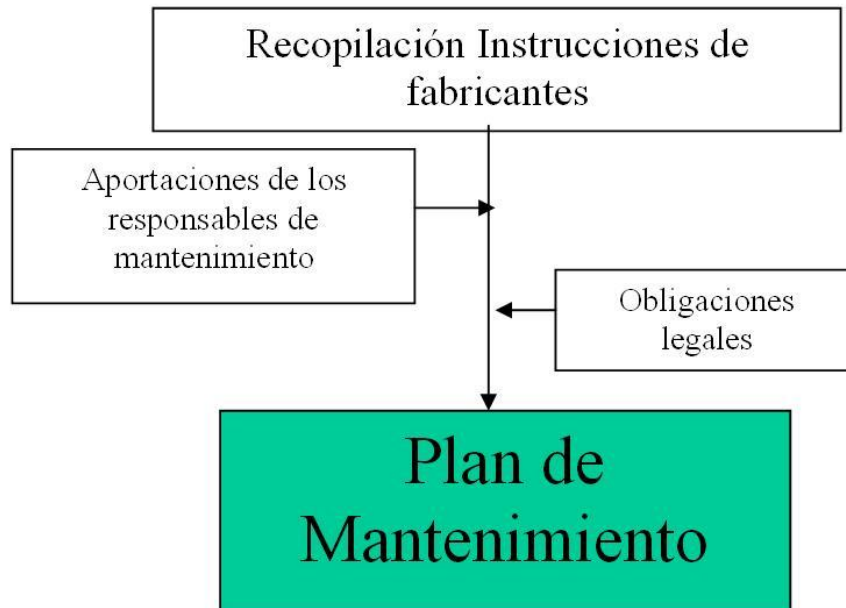
Modo 2: Realizando un plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.

Modo 3: Realizando un plan basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse.

En plantas que no tienen ningún plan de mantenimiento implantado, puede ser conveniente hacer algo sencillo y ponerlo en marcha. Eso se puede hacer siguiendo las recomendaciones de los fabricantes o basándose en la experiencia propia o de otros.

Esta forma de elaborar el plan tiene generalmente 3 fases, como se aprecia en la Figura adjunta:

Figura 25 Elaboración plan de mantenimiento



Fase 1: Lista de equipos significativos

Del inventario de equipos de la planta, deben listarse aquellos que tienen una entidad suficiente como para tener tareas de mantenimiento asociadas. Este listado puede incluir motores, bombas, válvulas, determinados instrumentos, filtros, depósitos, etc.

Una vez listados, es conveniente agrupar estos equipos por tipos, de manera que sepamos cuantos tipos de equipos significativos tenemos en el sistema que estamos analizando.

Fase 2: Recopilación de manuales y de instrucciones de los fabricantes

Realizar un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta no es más que recopilar toda la información existente en los manuales de operación y mantenimiento de estos equipos y darle al conjunto un formato determinado. Es conveniente hacer una lista previa con todos los equipos significativos de la planta.

A continuación, y tras comprobar que la lista contiene todos los equipos, habrá que asegurarse de que se dispone de los manuales de todos esos equipos. El último paso será recopilar toda la información contenida en el apartado 'mantenimiento preventivo' que figura en esos manuales, y agruparla de forma operativa.

Si el equipo de mantenimiento está dividido en personal mecánico y personal eléctrico, puede ser conveniente dividir también las tareas de mantenimiento según estas especialidades.

Fase 3: Recopilación de la experiencia de los técnicos

Con esta recopilación, el plan de mantenimiento no está completo. Es conveniente contar con la experiencia de los responsables de mantenimiento y de los propios técnicos, para completar las tareas que pudieran no estar incluidas en la recopilación de recomendaciones de fabricantes. Es posible que algunas tareas que pudieran considerarse convenientes no estén incluidas en las recomendaciones de los fabricantes por varias razones:

El fabricante no está interesado en la desaparición total de los problemas. Diseñar un equipo con cero averías puede afectar su facturación.

El fabricante no es un especialista en mantenimiento, sino en diseño y montaje.

Hay instalaciones que se han realizado en obra, y que no responden a la tipología de 'equipo', sino más bien son un conjunto de elementos, y no hay un fabricante como tal, sino tan solo un instalador. En el caso de que haya manual de mantenimiento de esa instalación, es dudoso que sea completo. Es el caso, por ejemplo, de un ciclo agua-vapor: es un conjunto de tuberías, soportes y válvulas. Podemos encontrar instrucciones de mantenimiento de válvulas, porque hay un libro de instrucciones para ellas, pero también las tuberías y los soportes necesitan determinadas inspecciones. Además, el ciclo agua-vapor se comporta

como un conjunto: son necesarias determinadas pruebas funcionales del conjunto para determinar su estado.

Hay ocasiones en que el Plan de Mantenimiento que propone el fabricante es tan exhaustivo que contempla la sustitución o revisión de un gran número de elementos que evidentemente no han llegado al máximo de su vida útil, con el consiguiente exceso en el gasto. Cuantas más intervenciones de mantenimiento preventivo sean necesarias, más posibilidades de facturación tiene el fabricante. Además está el problema de la garantía: si un fabricante propone multitud de tareas y estas no se llevan a cabo, el fabricante puede alegar que el mantenimiento preventivo propuesto por él no se ha realizado, y esa es la razón del fallo, no haciéndose pues responsable de su solución en el periodo de garantía (con la consiguiente facturación adicional).

Fase 4: Listado de tareas genéricas para cada tipo de equipo

Para cada uno de los tipos de equipos, debemos preparar un conjunto de tareas genéricas que les serían de aplicación. Así, podemos preparar tareas genéricas de mantenimiento para transformadores, motores, bombas, válvulas, etc.

Fase 5: Aplicación de las tareas genéricas

Para cada motor, bomba, trafo, válvula, etc, aplicaremos las tareas genéricas preparadas en el punto anterior, de manera que obtendremos un listado de tareas referidas a cada equipo concreto

Fase 6: Mantenimiento legal

Por último, no debe olvidarse que es necesario cumplir con las diversas normas reglamentarias vigentes en cada momento. Por ello, el plan debe considerar todas las obligaciones legales relacionadas con el mantenimiento de determinados equipos. Son sobre todo tareas de mantenimiento relacionadas con la seguridad. Algunos de los equipos sujetos a estas normas en una planta son los siguientes:

- ERM
- Sistemas de Alta Tensión.
- Torres de Refrigeración.
- Puentes grúa.
- Vehículos.
- Tuberías y Equipos a presión.
- Instalaciones de tratamiento y almacenamiento de aire comprimido.
- Sistemas de control de emisiones y vertidos.
- Sistemas contra incendios.
- Sistemas de climatización de edificios.
- Intercambiadores de placas.
- Almacén de productos químicos.

Errores habituales en la elaboración e implantación de planes de mantenimiento

Al elaborar un plan de mantenimiento para una planta nueva o una planta industrial que nunca ha tenido uno, en muchas ocasiones el proyecto fracasa. Es decir: se pretende mejorar los resultados de la producción y del mantenimiento mediante la implantación de un mantenimiento programado que ayude a fiabilizar la planta, y el proyecto termina abandonándose o ejecutándose sin resultados aparentes. Algunos de los errores más comunes, y cuyo conocimiento puede ayudar a hacer las cosas bien y a conducir el proyecto hacia una implantación exitosa, son los que se exponen a continuación:

Error 1: Seguir en exceso las recomendaciones de los fabricantes.

Basar el plan únicamente en las recomendaciones de los fabricantes de los distintos equipos que componen la planta. Es un error por tres razones:

1.- El fabricante no conoce la importancia relativa de cada equipo, por lo que puede excederse o quedarse corto a la hora de proponer tareas de mantenimiento

2.- Su interés se centra sobre todo en que el equipo no falle en el tiempo en que éste está en garantía. El interés del propietario es diferente: necesita que el equipo esté en servicio durante toda la vida útil de la planta.

3.- El sistema en su conjunto necesita de la realización de una serie de tareas y pruebas que no están incluidas en ninguno de los equipos por separado. Por ejemplo, si tenemos 2 bombas duplicadas, suele resultar interesante probar periódicamente la bomba que permanece parada. El fabricante de la bomba nunca propondrá esta tarea, entre otras razones porque no sabe cuántas de esas bombas hay en la instalación.

Un buen plan de mantenimiento debe tener en cuenta las recomendaciones del fabricante, considerando además que durante un periodo inicial los equipos estarán en garantía. Pero es mucho más útil elaborar el plan basándose en el análisis de los sistemas y sus fallos potenciales, completando ese plan con las recomendaciones del fabricante.

Error 2: Orientar el Plan de Mantenimiento a equipos, en vez de orientarlo a sistemas.

Cuando un plan de mantenimiento se enfoca como el mantenimiento de cada uno de los equipos que componen la planta, el resultado suele ser una carga de trabajo burocrática inmensa, además de un plan incompleto.

Imaginemos una planta que tiene, digamos, 5000 referencias o ítem y que referimos el plan de mantenimiento a cada uno de estos ítem (un ítem puede ser un motor, una bomba, una válvula, un instrumento). Eso supone unas 90.000

gamas de mantenimiento (u órdenes de trabajo tipo) que llegarían a generar más de 4.000.000 de órdenes en un solo año (unas 11.000 diarias). El trabajo burocrático y la complicación de manejar tal cantidad de órdenes es implanteable. La elaboración de las gamas de mantenimiento no se acabaría nunca, el plan de mantenimiento siempre estaría incompleto, y actualizarlo será una labor casi imposible.

La solución más interesante consiste en no referir el plan de mantenimiento a cada uno de los ítems que componen la planta, sino dividir la planta en áreas o sistemas, y referir el plan a ellas.

Error 3: No contar con el personal de operación para el mantenimiento diario.

El trabajo diario, sobre todo el de baja cualificación, debería ser realizado por el personal de operación. Esto ayuda, por un lado, a disminuir la carga de trabajo del personal de mantenimiento, cargando sólo ligeramente al personal de operación. Además, el trabajo de operación en una planta tan automatizada como puede llegar a ser una planta industrial puede resultar aburrido. El hecho de que los técnicos de operaciones realicen el trabajo diario, que suele consistir en inspecciones visuales, limpiezas, lecturas, tomas de datos, etc., ayuda a hacer menos aburrido el puesto de operador, a la vez que le hace tener un conocimiento mayor de lo que ocurre en la planta.

Error nº 4: Creer que el programa informático de mantenimiento mantiene la planta industrial.

Un programa de gestión de mantenimiento es una herramienta, como un destornillador o una llave fija. E igualmente que el destornillador y la llave, que no mantienen la planta sino que se utilizan para mantenerla, la implantación de un programa informático por sí mismo no mejora el mantenimiento de la planta. Es más: en muchas ocasiones, la mayoría, lo empeora. Cuando la herramienta informática está mal implantada genera gran cantidad de trabajo burocrático que

no aporta ningún valor ni ninguna información útil para la toma de decisiones. Se puede afirmar sin temor al error que en la mayoría de las plantas industriales de tamaño pequeño o mediano un software de mantenimiento se vuelve un estorbo, y que es mucho más práctico realizar la gestión en papel con la ayuda de alguna hoja de cálculo o como mucho una pequeña base de datos desarrollada con conocimientos de usuario.

Error 5: Tratar de registrar informáticamente los resultados de inspecciones diarias y semanales.

Registrar los resultados de las gamas diarias no aporta prácticamente ningún valor a la información, y supone un trabajo burocrático inmenso. Todo el proceso de generación y cierre de gamas diarias puede suponer más trabajo que el necesario para realizar la gama. Es mucho más práctico mantener estas gamas al margen del sistema informático, en soporte papel, en que caso de no tener en cuenta la recomendación anterior e implantar un sistema informático.

Error 6: No implicar al personal de mantenimiento en la elaboración del plan de mantenimiento.

Aunque no es absolutamente necesario que el personal de mantenimiento sea el encargado de la elaboración del plan de mantenimiento (es más, a veces es un problema contar con este personal para la elaboración de las gamas, porque suele estar sobrecargado de trabajo correctivo), realizarlo a sus espaldas puede acarrear un rechazo al plan por parte de los técnicos de mantenimiento. Ese rechazo se traducirá en falta de rigor, demora en la realización de las tareas, y finalmente, en el abandono del plan preventivo.

Error 7: Falta de mentalización preventiva del personal de mantenimiento.

Si los técnicos de mantenimiento están muy acostumbrados a organizar su trabajo en base al mantenimiento correctivo, no es fácil cambiar esa tendencia. La visión que pueden tener del mantenimiento programado es de 'pérdida de tiempo', o al

menos, de estar dedicando esfuerzos a tareas de importancia menor que lo realmente importante, esto es, la reparación de averías. Cambiar esta tendencia y esa mentalidad no es nada fácil, y en muchas ocasiones puede ser necesaria la sustitución de ese personal sin orientación al mantenimiento preventivo por otro personal más abierto. Es triste reconocerlo, pero el personal más joven (o el de más reciente incorporación a la empresa) suele ser más proclive a orientar su trabajo hacia el mantenimiento programado que el de más edad y experiencia, lo cual fomenta el relevo generacional y condena al personal más veterano. Pese a haberlo indicado en último lugar, este es un problema más frecuente y más grave de lo que pudiera parecer.

4.3.2 Análisis de fallas

Análisis de falla es una actividad destinada a descubrir y eliminar la causa raíz de la misma. Es una tarea que requiere varias etapas, agentes y metodologías. Para hacer correctamente un análisis de falla se debe tener en cuenta los siguiente: Inicialmente conocemos apenas la consecuencia (ej.: un eje fracturado y se requiere saber cuál fue el mecanismo de daño (ruptura, fatiga, etc.), las propiedades del material y bajo qué condiciones estaba operando (dentro o fuera de lo proyectado), cual es el histórico (proyecto, fabricación, operación, mantenimiento, otras fallas, etc.) y finalmente verificar lo que dicen las normas y la bibliografía especializada en el asunto.

¿Por qué son hechos los análisis de fallas?

La mayoría de las fallas de elementos de maquinas y equipos de procesos industriales son repetitivas y dependientes de mecanismos bien conocidos. La identificación de los mecanismos presentes y la cuantificación de los parámetros que los gobiernan son ítems principales de un análisis de fallas.

Una vez conocidos los mecanismos de daño y cómo actúan, es posible:

- Eliminar completamente las fallas futuras.
- Minimizar las fallas.
- Conocer la velocidad de evolución de forma a programar mantenimiento preventivo.

No es poco común que las fallas sean provocadas por desvíos de fabricación, operación y/o mantenimiento. De esta forma la identificación de la etapa o agente responsable, a través de un análisis bien hecho, puede apoyar la verificación de gastos correcta generados por la falla.

Aprender, acumular experiencia y establecer responsabilidades son objetivos a alcanzar con el análisis de fallas y esto nos llevará a los siguientes beneficios:

- Aumentar la seguridad de las personas y a preservar el medio ambiente.
- Eliminar las pérdidas de producción.
- Aumentar la confiabilidad.

¿Como se hace, y como no se debe hacer análisis de fallas?.

El procedimiento correcto para analizar fallas debe contener el cuestionamiento de todas las etapas de la existencia del equipo, máquina o sistema que falló. Proyecto, Fabricación, Operación y Mantenimiento.

Frecuentemente son sacadas conclusiones rápidas sobre la causa de una falla despreciando así cualquier otro camino para la solución. Esto lleva muchas veces a la frustración.

¿Cuándo debe ser hecho un análisis de falla?.

Esta pregunta tiene respuestas adecuadas para cada nivel de preocupación – orden de importancia:

- Siempre que signifique riesgo a la seguridad de las personas o al medio ambiente.
- Siempre que provoque pérdida de producción (lucro cesante) importante.
- Nunca si conocemos la causa y resistimos en aceptarla.

El análisis de falla tiene que comenzar inmediatamente después de detectada. Es de vital importancia examinar las circunstancias de la falla y las evidencias que en muchos casos forman parte de la escena de falla que se pretende restablecer o normalizar prontamente.

¿Quien hace análisis de fallas?.

Un grupo de investigación de fallas puede ser compuesta por técnicos de la compañía, con el auxilio de consultores y/o servicios de terceros. El grupo de investigación de la compañía provee los datos sobre el equipo o sistema que falló. Los consultores orientan la investigación y contribuyen con la experiencia de haber analizado casos similares. Los servicios de terceros complementan la investigación.

¿Donde son hechos los análisis de falla?.

El suceso de un análisis de falla depende del buen desarrollo de dos etapas investigación que se procesan en lugares diferentes:

Investigación de campo es la etapa más importante porque en ella son determinadas las circunstancias en que la falla ocurrió y otros detalles necesarios para cerrar el encadenamiento lógico para que el análisis sea concluyente. Investigación remota (laboratorio, taller, oficina, etc.) es la etapa en la cual son hechos los ensayos, exámenes, análisis y cálculos para identificar y cuantificar los mecanismos de daño y los parámetros que provocaron la falla.

En esta etapa algunos factores como la manipulación de muestras y las técnicas de investigación utilizados son fundamentales en la calidad de la conclusión. El buen desarrollo de estas dos etapas significa:

-Formular o caracterizar correctamente la falla, planear el análisis considerando los datos históricos, especificar correctamente los análisis, ensayos y exámenes. - Ejecutar las actividades planeadas e interpretar los resultados durante la investigación.

Relacionando estas informaciones obtenidas y cruzándolas con los datos de la bibliografía especializada se puede deducir la secuencia de hechos que llevaron a la falla. Por último se formulan recomendaciones aplicables para las acciones derivadas del análisis, que permitirán resolver el problema.

Modos de fallas

Para Gravillera Albania S.A. se utiliza el modelo de la ISO 14224.

Los códigos se colocan en español y quedan de la siguiente forma

Descripción de código	Código
Salida señal por alto	SSA
Falla para cerrar	FPC
Falla para abrir	FPA
Falla para regular	FPR
Salida por señal de bajo	SSB
Falla cuando se requiere	FCR
No arranca	NAR
No para	NPA
Se apaga intempestivamente	SAI
Parada por rotura de algo	PRA
Falla al sincronizar	FAS
Alta salida	ASA
Salida alta lectura desconocida	SAD

Insuficiente transferencia de calor	ITC
Baja salida	BAS
Baja salida desconocida	BSD
Salida muy baja	SMB
No da salida	NDS
Salida errada	SAE
Fuga externa de combustible	FEC
Fuga externa del medio de proceso	FEP
Fuga externa de servicio	FES
Falla en la salida de frecuencia	FSF
Falla en la salida de voltaje	FSV
Opera cuando no se necesita	ONN
Demora en parar	DEP
Fuga interna	FIN
Fuga en posición cerrada	FPC
Taponado	AP
Vibración	VIB
Ruido	RUI
Sobrecalentamiento	SOB
Desviación de algún parámetro	DAP
Lectura anormal de parámetro	LAP
Deficiencia estructural	DES
Problemas menores	PRM
Otros	OTR
Desconocido	DCO

4.3.3 Técnicas y metodologías de prevención y predicción de fallas

- **Definición de mantenimiento predictivo.**

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. De esta manera, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

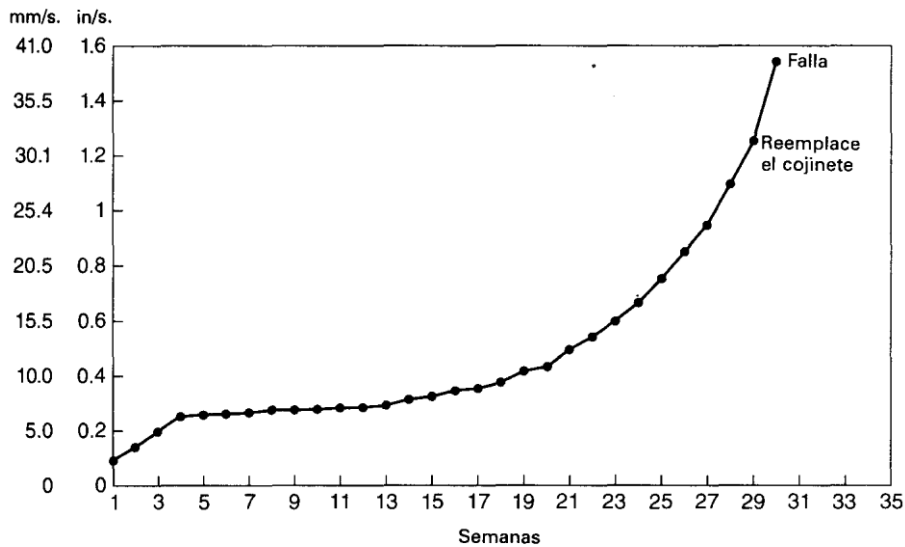
- **Organización para el mantenimiento predictivo.**

Esta técnica se basa en la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de rodamientos.
- Temperatura de las conexiones eléctricas.
- Amperaje de consumo de un motor.
- Presión en el sistema hidráulico
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor.

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas en intervalos periódicos hasta que el componente falle.

Figura 26 Curva de vibración



- **Metodología de las inspecciones.**

Una vez analizada la factibilidad de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad se determinan las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas usadas en el monitoreo según condición. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía, esto a su vez en comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o deteriorada, así como la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos.

Debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

- Vigilancia de máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema, diferenciar entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- Protección de máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición

llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.

- Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico.
- Pronóstico: Su objetivo es estimar cuánto tiempo más puede funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático mediante vibro análisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc.

- **Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo.**

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales están:

1. Análisis de vibraciones.

El interés de de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Maquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

Figura 27. Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo.

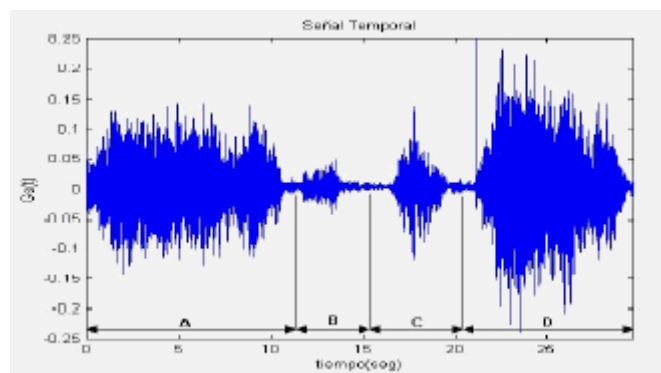
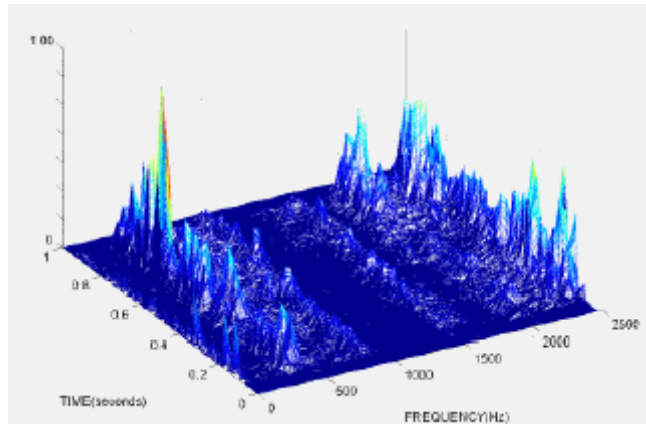


Figura 28. Transformada Tiempo-Frecuencia.



El interés principal debe ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

Parámetros de las vibraciones.

- *Frecuencia*: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- *Desplazamiento*: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.
- *Velocidad y Aceleración*: Como valor relacional de los anteriores.
- *Dirección*: Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales

Tipos de vibraciones.

- *Vibración libre*: causada por un sistema que vibra debido a una excitación instantánea.
- *Vibración forzada*: causada por un sistema que vibra debida a una

excitación constante.

- Las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar son:
- Vibración debida al desequilibrio.
- Vibración debida a la falta de alineamiento.
- Vibración debida a la excentricidad.
- Vibración debida a la falla de rodamientos y cojinetes.
- Vibración debida a problemas de engranajes y correas de transmisión (holguras, falta de lubricación, rozamiento, etc.)

2. Análisis de lubricantes.

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad:

- Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del estudio de lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación.
- Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros.
- Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o lubricante, según:
 - Contaminación con agua
 - Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
 - Uso de un producto inadecuado

Este método asegura que tendremos:

- Máxima reducción de los costos operativos.
- Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.
- Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.
- Mínima generación de efluentes.

En cada muestra podemos conseguir o estudiar los siguientes factores que afectan a nuestra maquina:

- Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.
- Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.
- Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.
- Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.
- Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

De este modo, mediante la implementación de técnicas ampliamente investigadas y experimentadas, y con la utilización de equipos de la más avanzada tecnología, se logrará disminuir drásticamente:

- Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.
- Desgaste de las máquinas y sus componentes.
- Horas hombre dedicadas al mantenimiento.
- Consumo general de lubricantes.

3. Análisis por ultrasonido.

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

- Detección de fricción en maquinas rotativas.
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío.
- Detección de "arco eléctrico".
- Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Se denomina *Ultrasonido Pasivo* a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz frecuencia con características muy aprovechables en el mantenimiento predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM.

4. Termografía.

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas si son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La mayoría de los problemas y averías - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.

- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.
- Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:
 - Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
 - Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
 - Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
 - Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
 - Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
 - Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

5. Análisis por árbol de fallas.

El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Nació en la década de los años 60 para la verificación de la fiabilidad de diseño del cohete Minuteman y ha sido ampliamente utilizado en el campo nuclear y químico. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

La técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoníaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc. Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

6. Análisis FMECA.

Otra útil técnica para la eliminación de las características de diseño deficientes es el análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA); o análisis de modos de fallos y efectos críticos (FMECA)

La intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

El FMEA define la función como la tarea que realiza un componente --por ejemplo, la función de una válvula es abrir y cerrar-- y los modos de fallo son las formas en las que el componente puede fallar. La válvula fallará en la apertura si se rompe su resorte, pero también puede tropezar en su guía o mantenerse en posición de abierta por la leva debido a una rotura en la correa de árbol de levas.

La técnica consiste en evaluar tres aspectos del sistema y su operación:

Condiciones anticipadas de operación, y el fallo más probable.

Efecto de fallo en el rendimiento.

Severidad del fallo en el mecanismo.

La probabilidad de fallos se evalúa generalmente en una escala de 1 a 10, con la criticidad aumentando con el valor del número.

Esta técnica es útil para evaluar soluciones alternativas a un problema pero no es fácil de usar con precisión en nuevos diseños.

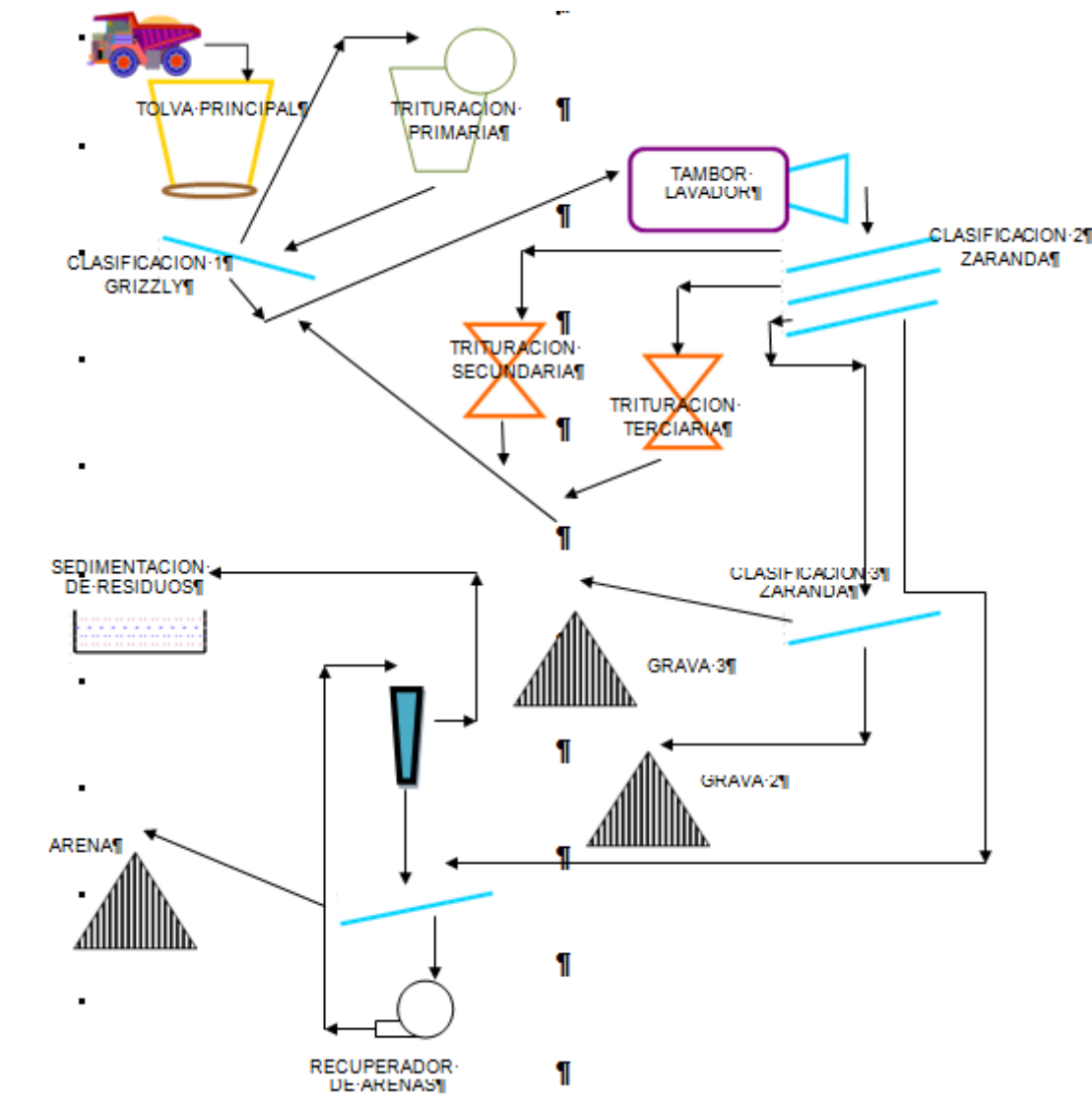
El FMEA es útil para evaluar si hay en un ensamble un número innecesario de componentes puesto que la interacción de un ensamble con otro multiplicará los efectos de un fallo. Es igualmente útil para analizar el producto y el equipo que se utiliza para producirlo.

El FMEA, ayuda en la identificación de los modos de fallo que es probable que causen problemas de uso del producto. Ayuda también a eliminar debilidades o complicaciones excesivas del diseño, y a identificar los componentes que pueden fallar con mayor probabilidad. Su empleo no debe confinarse al producto que se desarrolla por el grupo de trabajo. Puede también usarse eficazmente para evaluar las causas de parada en las máquinas de producción antes de completar el diseño.

4.3.4 Proceso de ejemplo del Cono de Trituración Cónico HP 300

Como ejemplo base uno se toma el sistema cono de trituración terciaria HP 300 instalado en 2 líneas de la planta de Tabio, uno en la línea 5 y el segundo en la línea 6, el esquema de la línea 6 se muestra a continuación:

Figura 29 Proceso de trituración de la línea 6



Las líneas de trituración de la planta Tabio cuentan con los equipos señalados en

el anexo 3, 4 y 5.

De esta línea tomamos entonces para análisis el cono de trituración terciaria HP 300 METSO. Se describen las funciones del equipo como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1 Funciones del equipo triturador cónico HP 300

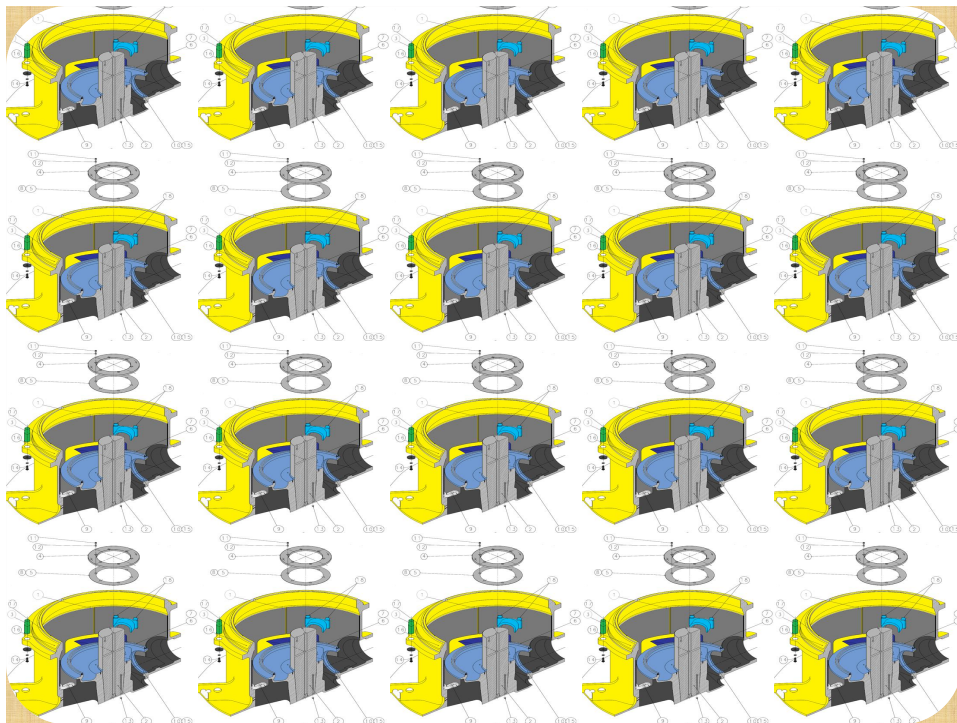
FUNCIONES DEL EQUIPO		
PLANTA	FECHA	
TABIO LINEA DE TRITURACION	AGOSTO 25 DE 2009	
OBJETO DE ESTUDIO	CODIGO	
CONO DE TRITURACION TERCIARIO	XC 18	
FRONTERAS	DIAGRAMA	
SE DELIMITARA EL CONO UNICAMENTE DESDE LA ALIMENTACION DE MATERIAL HASTA DESCARGA DEL MISMO, INCLUIDO EL SISTEMA DE LUBRICACION	<p>The diagram illustrates the material flow process. At the top, a conveyor belt labeled 'BANDA XB 68' is shown. An arrow points from this belt down to a central image of the 'CONO HP 300' (cone crusher). Another arrow points from the cone crusher down to a second conveyor belt labeled 'BANDA XB 69'. The background of the diagram area shows a photograph of the industrial structure.</p>	
INTERFASES		
LA ENTRADA DE ESTE EQUIPO ES EL MATERIAL >2" ENTREGADO POR LA BANDA XB 68		
LA SALIDA DEL EQUIPO ES MATERIAL ENTREGADO A LA BANDA XB69 CON MATERIAL TRITURADO < 16 mm		
CARACTERISTICAS TECNICAS		
CONO DE TRITURACION TERCIARIA MODELO HP 300 MARCA METSO		
CAMARA DE TRITURACION STANDARD		
MOTOR REQUERIDO DE 1750 RPM Y 300HP		
CONDICIONES OPERATIVAS		
APERTURA/REGLAJE 16mm		
CAPACIDAD DE TRITURACION 200 TPH		
CIRCUITO CERRADO		
TRITURACION TERCIARIA		
CONDICIONES AMBIENTALES		
MONTADA AL AIRE LIBRE		
CONTAMINACION POR PARTICULAS SUSPENDIDAS Y HUMEDAD DEL MEDIO AMBIENTE		
FUNCIONES PRINCIPALES	FUNCIONES SECUNDARIAS	
REALIZAR PROCESO DE TRITURACION DEL AGREGADO O MATERIAL DE ALIMENTACION Y REDUCIRLO AL TAMAÑO, EFICIENCIA, CAPACIDAD DESEADAS	AUMENTAR CARAS FRACTURADAS DEL MATERIAL ELIMINAR LOS ALARGAMIENTOS Y APLANAMIENTOS DEL MATERIAL	
REALIZO	REVISO	APROBO

Las frecuencias de mantenimiento y actividades para cada conjunto del cono se muestran de la siguiente forma:

Tabla 2 Frecuencia mantenimiento del conjunto bastidor

TRITURADOR CONICO HP 300				
SISTEMA	Nº	SUBCONJUNTOS	MTTO O/R/C	FRECUENCIA
BASTIDOR	1	FORRO BASTIDOR	O/R	(2000HORAS)ANUAL
	2	EJE PRINCIPAL		
	3	EJE DE BASTIDOR		
	4	ARANDELA INFERIOR DE TOPE		
	5	SUSPENCIONES		
	6	ANILLO SELLADOR		
	7	ACTIVADOR		
	8	PROTECCION DE BRAZOS		
	9	BARRA CUADRADA		
	10	COLA		
	11	TORNILLO HEXAGONAL HUECO		
	12	ARANDELA		
	13	TAPON		
	14	TORNILLO HEXAGONAL		
	15	ZUNCHO		
	16	SECTOR DE PROTECCION		
	17	PLACA DE PROTECCION		
	18	BARRA ANGULAR		

Figura 30 Conjunto bastidor



Mantenimiento:

Cuando la trituradora esté “parada” para cambiarle el recubrimiento, inspeccionar el recubrimiento del bastidor principal y las protecciones de los brazos para ver si dan muestras de desgaste. Con la cabeza desmontada de la trituradora, hágase descender sobre los brazos del bastidor principal las protecciones de los mismos. Los protecciones de brazos podrían ponerse en su sitio desde la sección inferior de la trituradora mientras que la cabeza permanezca instalada, aunque con dificultad considerable.

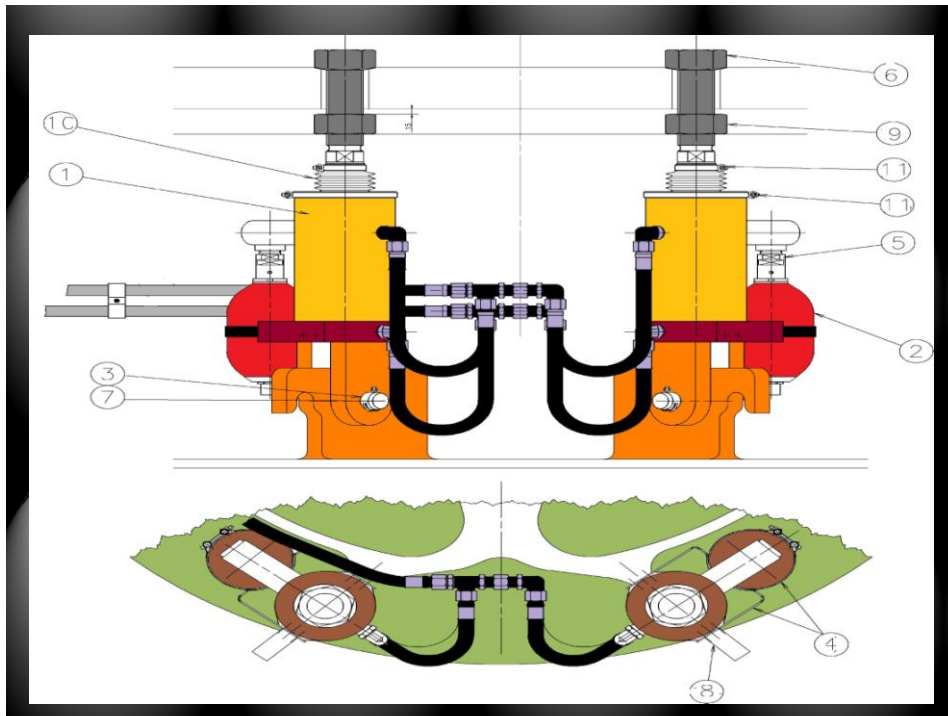
El recubrimiento de repuesto del bastidor principal, de ordinario, se enviará en secciones, simplificándose así en cierta medida su instalación. Si el recubrimiento se recibiese en una sola pieza, hará falta que los extremos de éste se superpongan hasta que el diámetro del mismo quede más reducido que las roscas del anillo de ajuste. Fíjense firmemente el uno al otro los mencionados extremos superpuestos con abrazaderas en “C” de servicio pesado, hágase descender a su lugar en el bastidor el recubrimiento y quítense las abrazaderas dejando que tal recubrimiento recupera su forma original. La altura a la que deberá soldarse el recubrimiento se notará fácilmente gracias a los restos de soldadura procedentes del antiguo recubrimiento. Suéldese el recubrimiento exclusivamente en la parte superior.

Dispositivos de protección.

Tabla 3 Frecuencia de los dispositivos de protección.

DISPOSITIVOS DE PROTECCION	1	GATO DE SUJECION	O/C	(200 HORAS) MENSUAL
	2	ACUMULADOR DE PRESION		
	3	EJE		
	4	COLLAR		
	5	ADAPTADOR		
	6	TUERCA ESFERICA		
	7	PASADOR DE ALETAS		
	8	TORNILLO HEXAGONAL		
	9	RESINA FRENO		
	10	MUELLE DE PROTECCION		
	11	EMPALME		

Figura 31 Dispositivos de protección.



Mantenimiento:

Un cilindro con fugas constituirá una condición que exigirá la inmediata atención. Un cilindro con fugas, ya sean externas, alrededor del vástago del pistón o más allá de las juntas del collarín, o internas, más allá del pistón y penetrando la sección opuesta del cilindro, dará como resultado el excesivo movimiento del anillo de ajuste. Las fugas externas serán visibles en la forma de filtraciones de aceite alrededor de la zona del vástago del pistón en la parte superior del cilindro o en el empalme entre dicho cilindro y el collarín. Ambas condiciones, las fugas externas o internas, se revelarán en el manómetro del sistema de despeje de la cámara. Si el sistema pierde presión y precisa que vuelva a cargarse repetidas veces, habrá de sospecharse la presencia de una fuga de aceite. A fin de desmontarse para su sustitución o reparación un cilindro con fugas, procédase según se detalla a continuación:

- DESCONÉCTESE la corriente al motor de la unidad impulsora y CIÉRRESE CON LLAVE dicho motor. Seguidamente, procédase conforme

a las instrucciones del Suplemento de Hidráulicos relativos a la DESCOMPRESIÓN. Cerciorarse de que hay una presión de cero (0).

- Desconéctese el herraje de la manguera del circuito de presurización de despeje de la cámara, situado en la parte superior del cilindro de protección, y el herraje de la manguera del circuito de despeje, situado en la sección inferior del cilindro. Ciérrense o tapónense todos los herrajes, mangueras, etc.
- Póngase un cabestrillo o eslinga alrededor del cilindro que vaya a cambiarse y engáñchese a un dispositivo idóneo de elevación.
- Desenrósqese la tuerca esférica que se halla en la parte superior del anillo de ajuste desde el vástago del pistón. Como esta tuerca se habrá instalado con Loctite, la misma tendrá que calentarse hasta alcanzarse aproximadamente los 205°C (400°F) antes de que resulte posible el desenroscarla
- Sepárense las horquillas de ambos extremos del pasador de horquilla situada en el extremo base del cilindro.

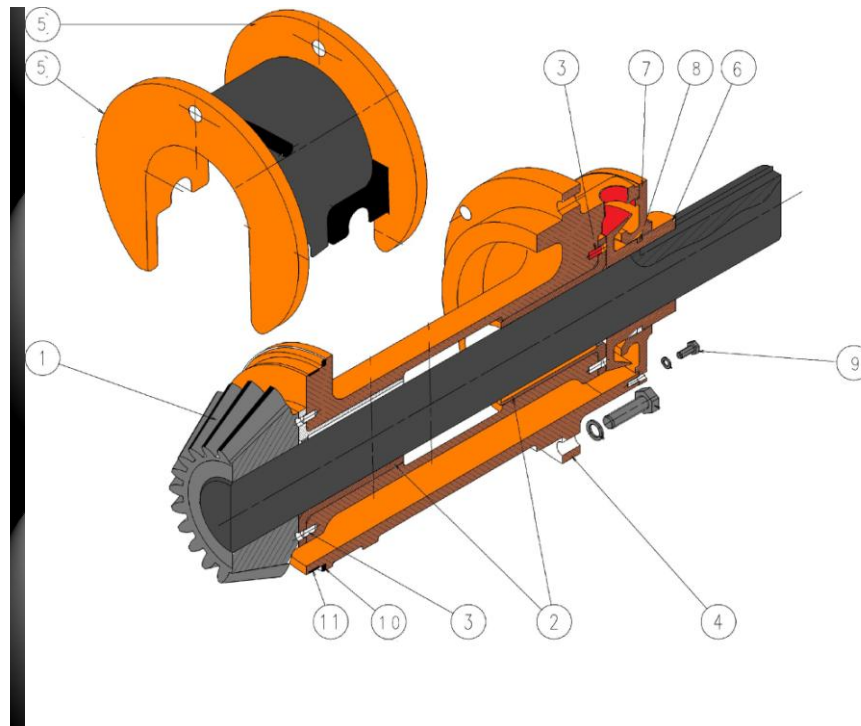
Los pasadores de horquilla encajan en el grillete con cierta holgura. Libérense éstas golpeándolas con una marra desde el lado más conveniente. No deberán golpearse las pasadores de horquilla directamente porque esto podría abrir las puntas de las mismas y hacer imposible el quitarlas. Colóquese una barra cilíndrica de acero o latón al ras de la cara del pasador de horquilla y, luego, golpéese dicha barra hasta que el pasador de horquilla salga.

Quite el vástago del cilindro desde el anillo de ajuste tomando cuidado para no dañar cualquiera de las mangueras o conexiones.

Tabla 4 Conjunto contraeje

CONTRAEJE	1	EJE HORIZONTAL	O/R	(200 HORAS)MENSUAL
	2	CASQUILLO DE LA CAJA		
	3	CLAVIJA		
	4	CAJA CONTRAEJE		
	5	PROTECCION DEL CONTRAEJE		
	6	DISTRIBUIDOR		
	7	ALOJAMIENTO		
	8	JUNTA DE PISTON		
	9	TORNILLO HEXAGONAL		
	10	PASTA DE CONJUNTO EN TUVO		
	11	CASQUILLO DE DESGASTE		

Figura 32 Conjunto contraeje



Mantenimiento:

- Desmóntese de la siguiente manera el conjunto de la caja del contraeje y del contraeje para cambiarse los bujes, el piñón o demás piezas desgastadas:
- Desconéctese todos los tubos de lubricante que interfieran con el desmontaje de la caja. Tapónense y cúbranse todos los orificios abiertos.
- En este punto, quítese la polea de la trituradora. Esto se hará primordialmente para prevenirse que durante el desmontaje de la caja, se dañe o rompa dicha polea.
- Quítense los tornillos de casquete cuadrado que sujetan al bastidor principal la caja del contraeje.
- Instálense los pernos extractores especiales, los cuales se suministran con la máquina, en los tres orificios roscados equidistantes de la brida exterior de la caja.
- Apriétese cada tornillo extractor alternándose los mismos y gradualmente

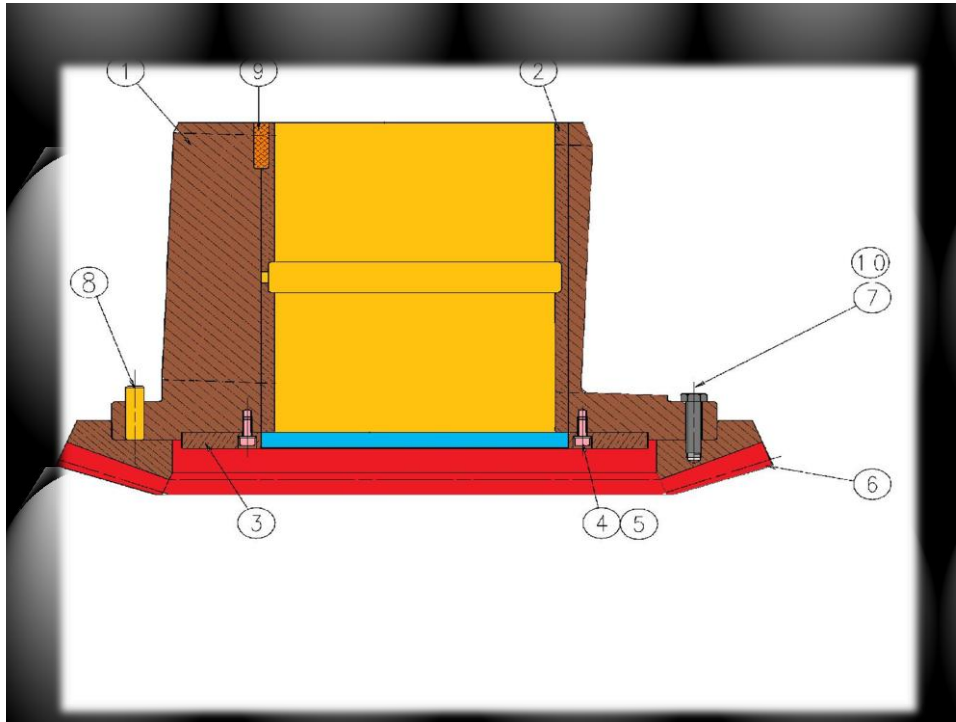
de manera que se evite el que se traben en el bastidor.

- Continúese aflojando los pernos extractor hasta que la caja se libere del bastidor.
- Póngase un tramo largo de cañería sobre el extremo de la polea del contraeje para así equilibrarse el conjunto y desmóntese éste haciéndose uso de una grúa puente o de otro dispositivo apto de elevación (véase la Figura 5-58).
- Sepárese el alojamiento o la tapa del deflector del aceite.
- Caliéntese el deflector del aceite a aproximadamente 27oC (50oF) por encima de la temperatura ambiente.
- Sitúese un separador entre el deflector del aceite y la caja del contraeje y ejérsese una presión moderada. Una vez que el citado deflector comience a moverse, agárrese éste por ambos lados y sáquese derecho del eje.
- Extráigase de la caja del contraeje el conjunto del mismo.

Tabla 5 Conjunto casquillo del excéntrico

CASQUILLO DEL EXCENTRICO	1	CONJUNTO EXCENTRICO	O/R	(8 HORAS)DIARIO
	2	CASQUILLO INTERIOR DEL EXCENTRICO		
	3	PLACA SUPERIOR DE APOYO		
	4	TORNILLO HEXAGONAL HUECO		
	5	ARANDELA MUELLE		
	6	CORONA		
	7	TORNILLO HEXAGONAL		
	8	CLAVIJA		
	9	RESINA DE SELLADO		
	10	RESINA DE FRENO		

Figura: 33 Conjunto casquillo del excéntrico.



Mantenimiento:

Los casquillos de excéntrica van fresados de manera que brinden en el diámetro interior un encaje de metal a metal holgado unas cuantas décimas de milímetro (milésimas de pulgada). Si un casquillo tuviese tal encaje de metal a metal o se hubiera ovalado a causa del almacenaje o el embarque inadecuados, se recomendaría el siguiente procedimiento que emplea hielo seco.

A fin de instalarse un buje de excéntrica de repuesto haciéndose uso de hielo seco, procédase según se enumera a continuación:

- Cerciorarse de que el material de respaldo se limpie extrayéndolo de las cavidades ahuecadas de la parte superior de la excéntrica y de que el diámetro interior se halle limpio y libre de cualquier desigualdad superficial.
- Prepárese el buje limpiándose minuciosamente todas las superficies y eliminándose irregularidad alguna de las mismas.
- Rellénese con hielo seco el diámetro interior del buje de repuesto a fin de

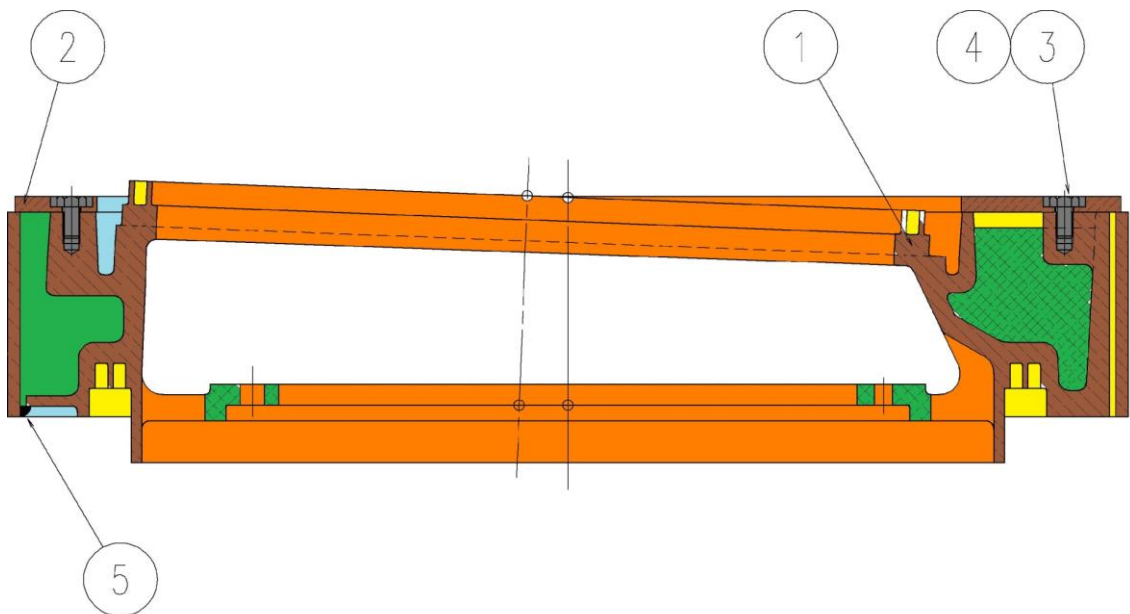
que dicho buje se contraiga. Con la condición de que se utilice algún tipo de aparejo en el centro del buje, serán necesarios aproximadamente 90 kg (200 libras) de hielo seco para rellenarse idóneamente el interior de tal buje. Por ejemplo, un madero de 100 mm x 100 mm (4" x 4") dejará suficiente espacio a su alrededor como para permitir que una cantidad apropiada de hielo seco contraiga el buje.

- Envuélvase la parte exterior del buje en unas cuantas capas de aislamiento de fibra de vidrio para evitarse la acumulación externa de escarcha, la cual podría obstaculizar la instalación del buje en la excéntrica. Esto ayudará asimismo a que se obtenga un enfriamiento más acabado.

Tabla 6 Conjunto blindaje de contrapeso

BLINDAJE DEL CONTRAPESO	1	MOSTRADOR DE PESO	O	(200 HORAS) MENSUAL
	2	PROTECION DESEQUILIBRIO		
	3	TORNILLO HEXAGONAL		
	4	RESINA DE FRENO		
	5	PASTA DE JUNTA DE TUBO		

Figura 34 Conjunto blindaje de contrapeso



Mantenimiento:

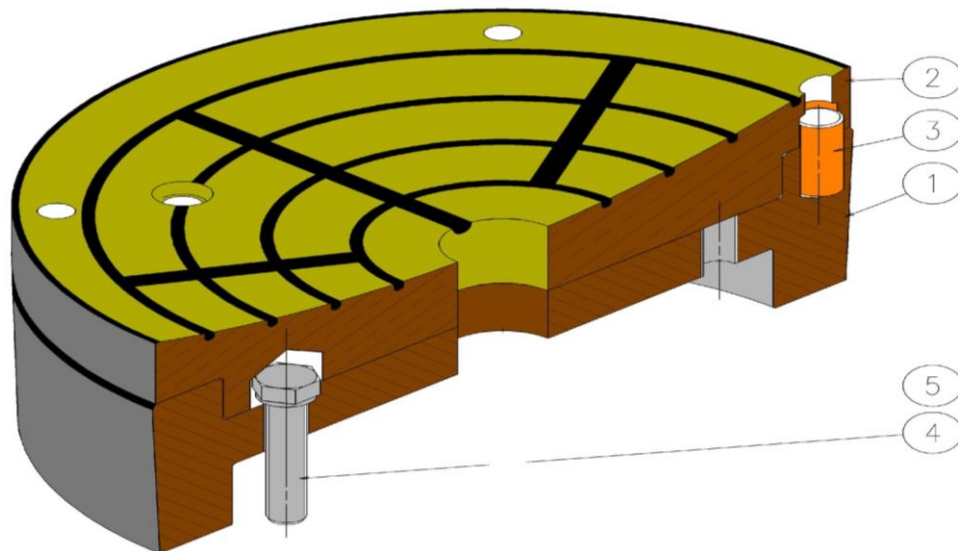
Con el objeto de resguardarse el conjunto del contrapeso contra el material que se caiga, éste va rodeado de un protector y una tapa recambiables. Inspecciónense tanto el protector como la tapa para observarse si dan muestras de deterioro o desgaste que podrían ocasionar la pérdida del equilibrio. Si se encuentran muy desgastados, deberían cambiarse a fin de evitarse el daño del vaciado del contrapeso.

Elévese el protector sobre el tope del contrapeso y atorníllese en el lugar.

Tabla 7 Buje superior de la cabeza

BUJE SUPERIOR DE CABEZA	1	CASQUILLO DE EXTENSION	o/c	(200 HORAS) MENSUAL
	2	COJINETE ESFERICO		
	3	CLAVIJA		
	4	TORNILLO HEXAGONAL		
	5	ARANDELA		

Figura 35 Buje superior de la cabeza



Mantenimiento:

El casquillo superior de la cabeza, el cual tiene un encaje de interferencia con dicha cabeza, va sujeto en su lugar mediante chavetas.

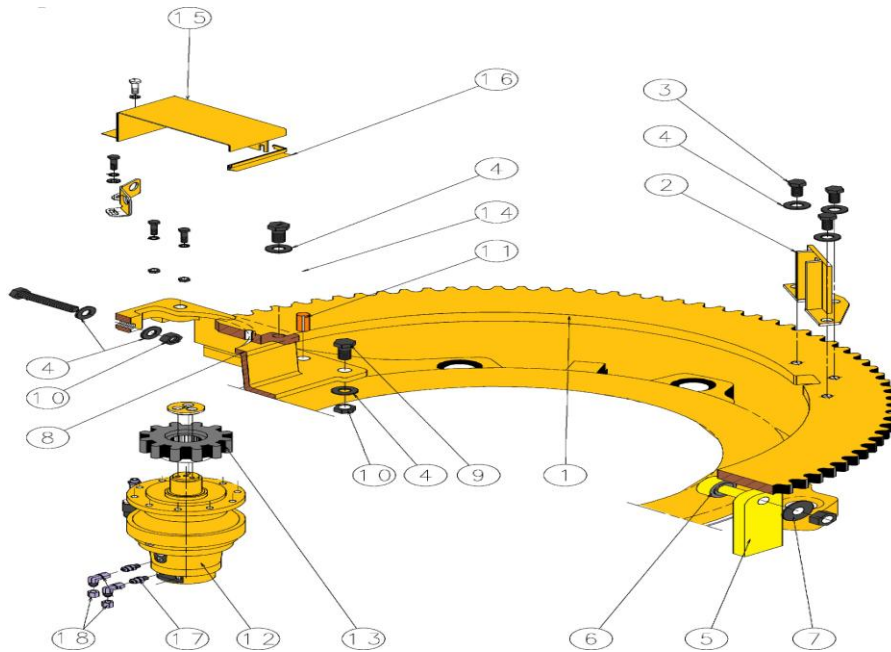
Si este casquillo superior de la cabeza debe desmontarse para su substitución, voltéese la cabeza boca abajo y proceda según se indica a continuación:

- Quítense las cuatro chavetas que sujetan el casquillo a la cabeza desenroscándose los tornillos de casquete cuadrado y cabeza hexagonal. Deséchense las antiguas placas de seguridad. Dado que estos tornillos de casquete cuadrado se habrán instalado con Loctite, los mismos habrán de calentarse con un soplete a una temperatura de aproximadamente 205°C (400°F) antes de que puedan desenroscarse.
- Desmóntese el buje superior de la cabeza cerrándolo.
- Compruébese que en el diámetro interior de la cabeza no existan ni raspaduras, ni grietas ni superficies ásperas. Inspecciónese así mismo dicho diámetro interior con el objeto de cerciorarse de que, debido a la presencia de calor, ni se haya desgastado adquiriendo excesivas dimensiones.

Tabla 8 Motor de ajuste del hidráulico

MOTOR DEL AJUSTE DEL HIDRAULICO	1	CORONA	O/R	(200 HORAS)MENSUAL
	2	CORREDERA		
	3	TORNILLO HEXAGONAL		
	4	ARANDELA		
	5	SOPORTE DE RODAMIENTO		
	6	RODILLO		
	7	ARANDELA		
	8	SOPORTE		
	9	PERNO HEXAGONAL		
	10	TUERCA HEXAGONAL		
	11	CLAVIJA		
	12	MOTOREDUCTOR FRENO		
	13	PIÑON		
	14	PLACA SOPORTE		
	15	CUBIERTA DE LA PROTECCION		
	16	ANILLO SELLADOR		
	17	ADAPTADOR		
	18	TAPON		

Figura 36 Motor de ajuste del hidráulico



Mantenimiento:

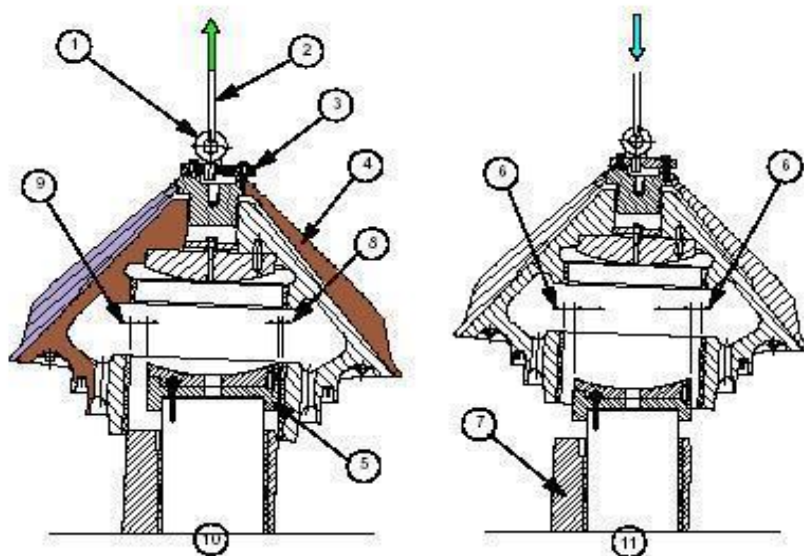
- Conecte las mangueras hidráulicas desde el armario al sistema de comando hidráulico.
- El reductor y el freno del sistema de reglaje hidráulico se llenan de aceite en fábrica, pero antes de arrancar verifique el nivel de aceite en el reductor, procediendo de la siguiente manera:
 - o Con el reductor en posición vertical, quite el tapón situado en medio del reductor. El nivel de aceite debe estar por debajo del taladro.
 - o El nivel de aceite del freno no requiere verifíquese.
 - o Verifique el nivel de aceite (en el reductor) cada 1000 horas de funcionamiento de la trituradora, aproximadamente. Añade aceite si es necesario. El nivel correcto de aceite para el reductor en la posición de funcionamiento es el nivel del conector del respirador. Rellene por esto mismo agujero si es necesario.
- Funcione el sistema de reglaje hidráulico para provocar el giro de la taza y de la corona dentada unos 360° y asegurarse de que los dientes del piñón y

de la corona engranan bien. Regule el conjunto si es necesario. El JUEGO, entre la pletina soporte y el soporte del motor, debe ser el mismo entre las dos caras. Repita este paso sí necesario.

Tabla 9 Cabeza de trituración

CABEZA	1	PERNO DE OJO	O/R	(200 HORAS) MENSUAL
	2	CABLE DE IZAMIENTO		
	3	PLACA DE IZAMIENTO DE LA CABEZA		
	4	CABEZA		
	5	QUICIONERA		
	6	ESPACIO LIBRE		
	7	LADO ANCHO DE LA QUICIONERA		
	8	MINIMO ESPACIO LIBRE		
	9	MAXIMO ESPACIO LIBRE		
	10	DESMONTAJE DEL CONJUNTO DE LA TAZA a).LEVANTE EL CONJUNTO HACIA ARRIVA HASTA QUE LA CABEZA DEL BUJE DESPEJE DEL DIAMETRO EXTERIOR DE LA EXCENTRICA b).CENTRE LA CABEZA SOBRE LAQUICIONERA Y CONTINUE ELEVANDOLA		
	11	INSTALACION DEL CONJUNTO DE LA TAZA a).CENTRE LA CABEZA SOBRE LA QUICIONERA b).DESPLAZE LA CABEZA DEL LADO ANCHO DE LA EXCENTRICA Y CONTINUE DESENDIENDO		

Figura 37 Cabeza de trituración



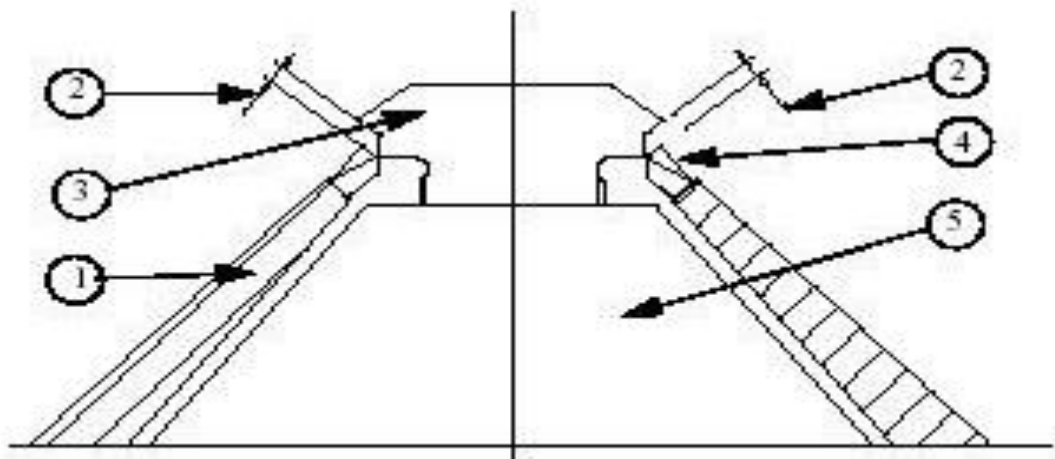
Mantenimiento:

- Sepárese del perno de fijación la placa de alimentación.
- Enrósquese un perno de ojo en el orificio desplazado de la placa de levante de la cabeza (de la caja de herramientas). Sitúese la placa de
- levante sobre el perno de fijación haciéndose uso de una seire de orificios que correspondan, los cuales colocarán el perno de ojo desplazado en el lado elevado (inclinado hacia arriba) de la cabeza. Empléense los tornillos de casquete cuadrado de la debida longitud que se hallarán en la caja de herramientas para unirse al perno de fijación la placa de levante de la cabeza.
- Con un dispositivo adecuado de elevación enganchado a la placa de levante de la cabeza, álcese lentamente dicha cabeza hasta que el
- buje del mismo despeje la excéntrica. En este punto, desplácese el dispositivo de elevación de modo que el buje de la cabeza quede centrado sobre la cubeta de la quicionera. A continuación, levántese erguido.

Tabla 10 Mantos

MANTO	1	MANTO	O/C	(2000 HORAS) ANUAL
	2	ESPACIO LIBRE		
	3	PERNO DE FIJACION		
	4	ANILLO DE CORTE		
	5	CABEZA		

Figura 38 Manto



Mantenimiento:

- Desmontarse el manto desgastado e instalarse uno de repuesto, procédase de esta forma:
- Desmontarse la placa de izamiento.
- Píquese la soldadura que hay en los perno de fijación, anillo y manto. Coloque la llave para pernos de fijación (de la caja de herramientas) en los orificios del perno de fijación.
- Quitar todo material de respaldo que quizá quede en la cabeza. De ordinario, dicho material de respaldo e adherirá al manto y la cabeza precisará, si acaso, poco picado. Todo momento en el que se instale un nuevo juego de coraza, será necesario rellenar de material de respaldo las áreas comprendidas entre el manto y la cabeza y entre la coraza de la taza. Prepárese el material de respaldo según se enumera a continuación:
- El material de respaldo epoxi es un compuesto de respaldo resistente, adaptable y no metálico, el cual se halla inmediatamente disponible en juegos de diversos tamaños. Cada juego se compone de una lata grande y otra pequeña de epoxi y de una paleta mezcladora. El empleo del material de respaldo epoxi no exigirá equipo, preparativos ni manejo especiales.
- Examínense las roscas de la cabeza y del perno de fijación. Elimínese toda rebaba o muesca que exista y límpiense minuciosamente las citadas roscas. Cúbranse estas roscas con grasa o aceite lubricante.
- Aplíquese una mano ligera de aceite lubricante a las superficies exteriores de la cabeza y a las superficies interiores de la taza. Esto impedirá que el material de respaldo epoxi se peque ya sea a la cabeza o la taza.
- Ajústese el perno de fijación golpeándolo con una marra a fin de centrarse y situarse el manto en la cabeza.
- Píntese rayas de marca de guía tanto en el perno de fijación como en el anillo de corte. Seguidamente, caliéntese con un soplete la sección inferior del manto (el área de asiento de la cabeza). Caliéntese el manto a una

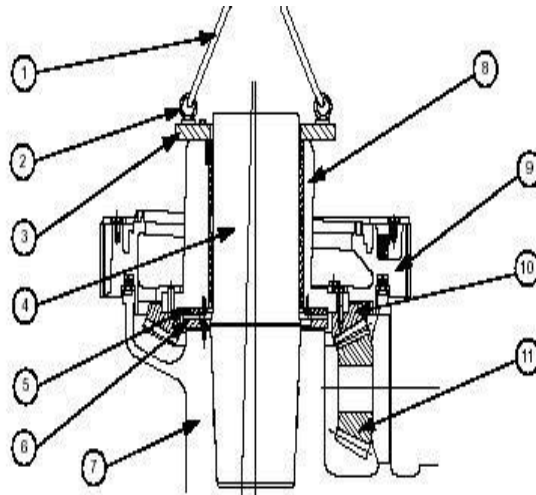
temperatura aproximada de 55oC (130oF). Deberá poderse tocar con la mano el manto, aunque no dejarse la mano en éste.

- Apisónese nuevamente el perno de fijación haciéndose uso de la respectiva llave hasta que dicho perno de fijación quede AJUSTADO. Inspecciónense las marcas de guía. El perno de fijación tendrá que haber girado unos 25 mm (1 pulgada) o más.
- Una vez que el manto se haya enfriado, llénese con el material de respaldo epoxi la totalidad de la cavidad posterior al manto hasta apenas por debajo de la parte superior de la cabeza.

Tabla 11 Excéntrica

EXCENTRICO	1	CABLES DE IZAMIENTO	O/R	(200 HORAS)MENSUAL
	2	PERNO DE OJO		
	3	ANILLO DE IZAMIENTO		
	4	EJE PRINCIPAL		
	5	DESENDO AXIAL SUPERIOR		
	6	DESENDO AXIAL INFERIOR		
	7	BASTIDOR PRINCIPAL		
	8	EXCENTRICO		
	9	CONTRAPESO		
	10	ENGRANAJE		
	11	PIÑON		

Figura 39 Excéntrica



Mantenimiento:

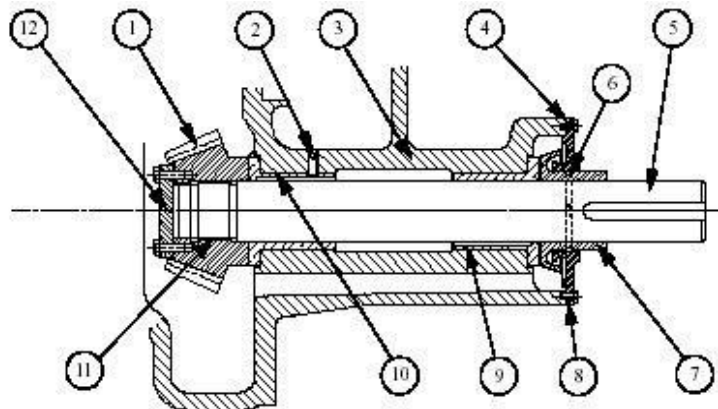
Para desmontarse de la trituradora el conjunto de la excéntrica con la finalidad de dársele servicio o de cambiarse sus piezas, procédase conforme sigue:

- Fíjese a la parte superior de la excéntrica el anillo de izaje de la caja de herramienta), empleándose para ello los orificios roscados de dicha parte superior. Instálense en el anillo izajo dos pernos de ojo y conéctese a un dispositivo adecuado de elevación
- Con precaución, levántese la excéntrica en posición erguida sacándola del bastidor central.
- Álcese cuidadosamente el conjunto despejándolo de la trituradora y hágase descender el mismo al interior de un encofrado conveniente.

Tabla 12 Casquillos del contraeje

CASQUILLOS DEL CONTRAEJE	1	PIÑON	O/C	(2000 HORAS) ANUAL
	2	TORNILLO DE FIJACION		
	3	BASTIDOR PRINCIPAL		
	4	JUNTA DE PISTON		
	5	CONTRAEJE		
	6	SELLOS DE LABIO		
	7	DEFLECTOR DE ACEITE		
	8	TAPA DEL DEFLECTOR		
	9	BUJE INFERIOR DEL CONTRAEJE		
	10	BUJE EXTERIOR DEL CONTRAEJE		
	11	PARTE ROSCADA DEL PIÑON Y EL CONTRAEJE		
	12	PLACA DE SUJECION		

Figura 40 Casquillos del contraeje



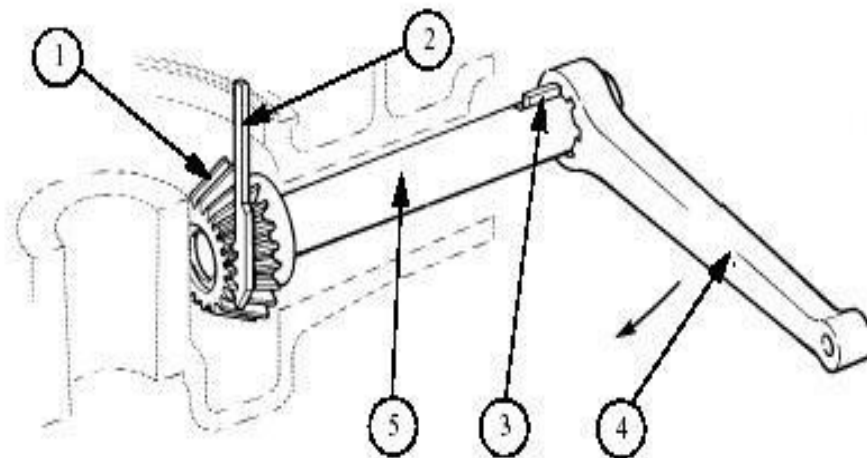
Mantenimiento

- Para desmontar el conjunto de contraeje, para reemplazar los cojinetes, el piñón u otras piezas, proceda como sigue:
- Retire los conjuntos de taza, cabeza, casquillo y excéntrica.
- Para desmontar la polea de la trituradora, proceda como sigue:
 - Primeramente remueva los tornillos de fijación del cubo.
 - Inserte los tornillos hacia los agujeros roscados del cubo.
- Remueva la tapa del deflector de aceite, así como las dos juntas de labios.
- Caliente el deflector de aceite unos 27 grados centígrados por encima de la temperatura ambiente.
- Coloque una palanca entre el deflector de aceite y el bastidor principal del contraeje, y ejerza un esfuerzo moderado. En cuanto el deflector comience a deslizarse, tire de él horizontalmente para extraerlo del contraeje.
- Para el desmontaje del piñón se necesita desmontar la arandela de bloqueo. Afloje los tornillos de la arandela de bloqueo lo justo para liberar la presión interior de las roscas del piñón. Como estos tornillos están montados con loctite, caliéntelos con una llama a unos 205°C (400°F), para poderlos destornillar.
- Coloque la llave de desmontaje del piñón, entregada con el utillaje, entre los dientes del piñón y sobre el lado izquierdo del piñón
- Coloque la llave del contraeje, entregada con el utillaje, en la punta de aquel y montado sobre chaveta del contraeje. Golpee con la ayuda de un martillo sobre la llave, para hacer girar el contraeje en el SENTIDO ANTI-HORARIO.
- Instale el cárcamo de elevación, entregado con el utillaje, en el agujero situado entre los dientes del piñón y prepare un sistema de elevación apropiado. Después desatornille completamente el contraeje y eleve el piñón.

Tabla 13. Corona y piñón

CORONA Y PIÑÓN	1	PIÑÓN	C	(2000 HORAS) ANUAL
	2	LLAVE DE PIÑÓN		
	3	CHAVETA		
	4	LLAVE EL CONTRAEJE		
	5	CONTRAEJE		

Figura 41 Corona y piñón



Mantenimiento::

Se aconseja que, todo momento en el que la caja del contraeje se halle fuera de la máquina para su inspección o para cambiarse piezas, se compruebe que el piñón no tenga dientes desgastados ni partidos. La presencia de picaduras o rozaduras en la cara de los dientes es una indicación clara del excesivo desgaste. La causa de esto quizá sea el contacto indebido entre los dientes a resultas de que esté poniéndose un número incorrecto de laminas debajo del descanso inferior, el sobrecargarse la trituradora o la utilización de un aceite demasiado sucio. Los piñones desgastados serán más susceptibles a la rotura de dientes. Además, el funcionamiento con un piñón desgastado podría conducir al deterioro estructural de otras piezas debido a la vibración. Hará falta que se sustituya todo piñón excesivamente desgastado. A fin de que se obtenga el mayor provecho de las

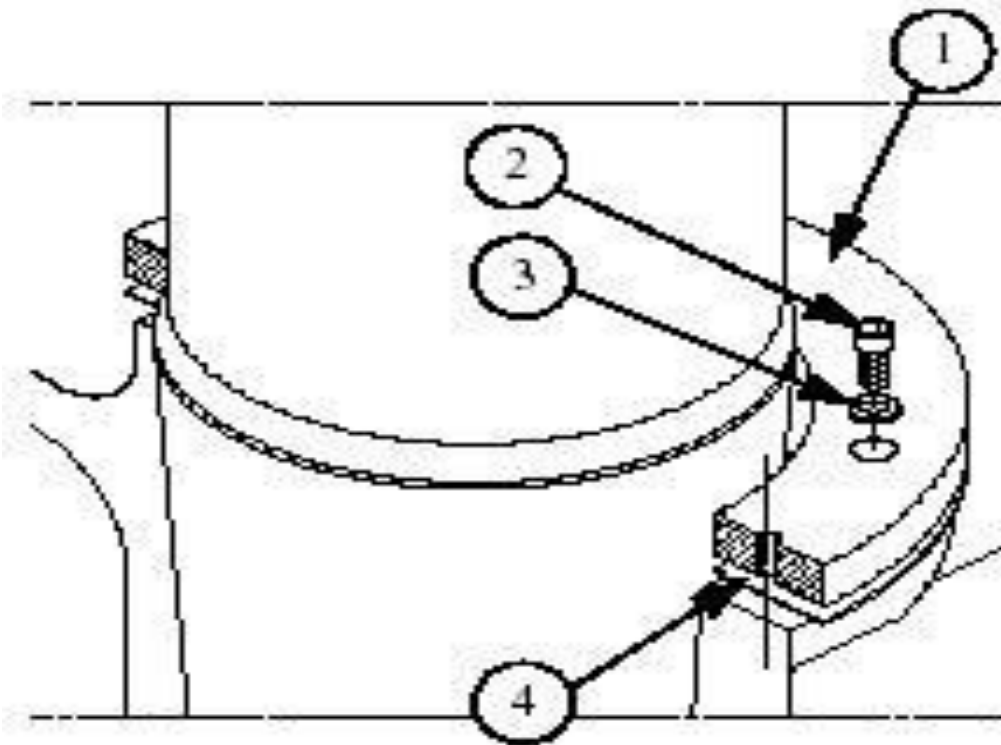
piezas nuevas, se recomienda el recambio simultáneo tanto del engranaje como del piñón. Si se hace funcionar un piñón nuevo con un engranaje desgastado, tendrá que comprobarse la tolerancia de la raíz conforme a las instrucciones que se dan en la sección de la excéntrica bajo el apartado que lleva por título COMPROBACIÓN DE JUEGO ENTRE DIENTES. Con el objeto de substituirse el piñón, procédase conforme de detalla a continuación:

- Separase de la caja del contraeje el conjunto del mismo y colóquese dicho contraeje en bloques de madera adecuados.
- Para quitar el piñón, caliéntese con un soplete el piñón a aproximadamente 100°C (180°F) por encima de la temperatura ambiente. Golpéese repetidamente este piñón con un ariete pesado de madera al tiempo que constantemente se mueva la llama alrededor de la sección exterior del mencionado piñón. Una vez que el piñón comience a moverse, agárrese éste por ambos lados y sáquese derecho del eje. **AL MANIPULARSE EL PIÑÓN CALIENTE, HÁGASE USO DE GUANTES GRUESOS Y CON BUEN AISLAMIENTO.**
- Para colocar en el lugar el nuevo piñón, caliéntese con el mismo soplete, por encima de la temperatura ambiente en un baño de aceite hasta aproximadamente 215°C (385°F) por encima de la temperatura ambiente. Cuando el piñón se haya calentado a la temperatura correcta, póngase rápidamente dicho piñón en el extremo del eje y empújese el mismo sobre tal eje de modo que ese extremo el eje sobresalga del piñón.

Tabla 14 Buje inferior de la cabeza

BUJE INFERIOR DE LA CABEZA	1	DESCANSO INFERIOR DE LA CABEZA	C	(2000 HORAS) ANUAL
	2	CABEZA DEL TORNILLO DE LA QUICIONERA		
	3	RUEDA DE PRESION		
	4	LAMINA		

Figura 42 Buje inferior de la cabeza



Mantenimiento:

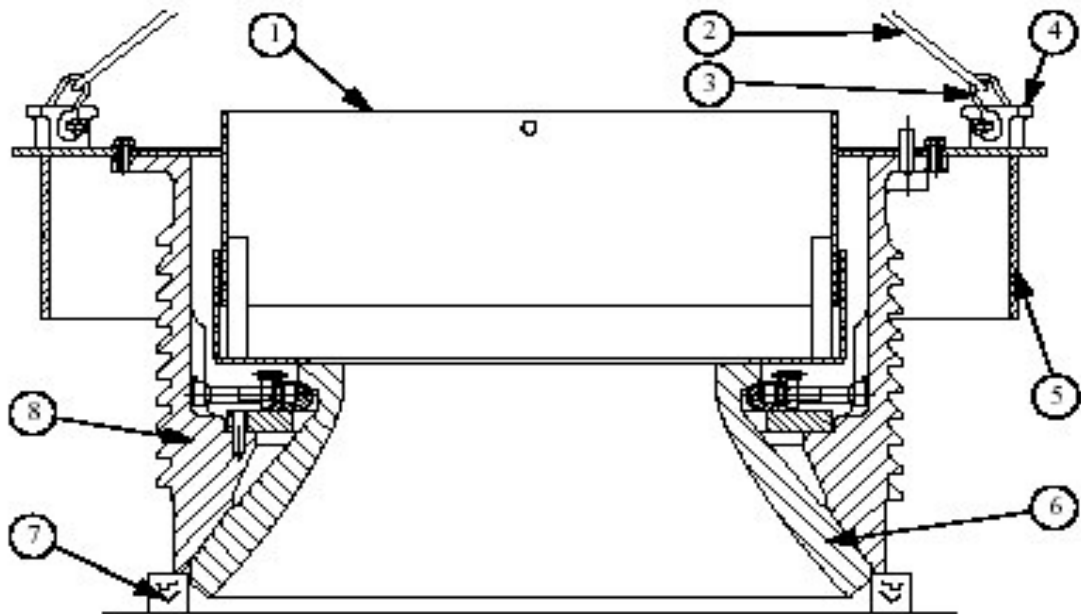
- Instálase un nuevo buje inferior de la cabeza según se explica a continuación:
- Límpiense con un cepillo de alambres el diámetro interior de la cabeza y el diámetro exterior del buje de dicha cabeza.
- Rellénese con hielo seco el diámetro interior del buje de repuesto a fin de que dicho buje se contraiga. Si se utiliza algún tipo de aparejo en el centro del buje, serán necesarios aproximadamente 90 kg (200 libras) de hielo seco para rellenarse idóneamente el interior de tal buje.
- Por ejemplo, un madero de 100 mm x 100 mm (4 x 4 pulgadas) dejará

- suficiente espacio a su alrededor como para permitir que una cantidad
- apropiada de hielo seco contraiga el buje.
 - Mídase el diámetro exterior del buje y el diámetro interior de la cabeza a fin de establecerse el momento en que dicho buje se haya enfriado lo suficiente.
 - Instálense dos pernos de ojo (de la caja de herramientas) en los orificios roscados de la sección inferior del buje.
 - Elévese el buje a su posición y céntrese en la parte superior del diámetro interior. Con rapidez, hágase descender el buje introduciéndolo en la cabeza.
 - Instálese el buje de la cabeza de forma que quede AL RAS de la sección inferior de dicha cabeza.
 - Una vez que se haya instalado en la cabeza el buje, taládrense y horádrense tales cabeza y buje para que acepten los tornillos de fijación
 - Instálense los tornillos de fijación en los orificios roscados con Loctite 277 después de haberse limpiado tanto los unos como los otros
 - con un disolvente libre de aceites tal como el alcohol o la acetona. Cerciorarse de que las cabezas de los tornillos de fijación queden AL RAS de la cabeza o ligeramente por debajo de la superficie de ésta.
 - Valiéndose de un punzón inmovilícese en la CABEZA los tornillos prisioneros.
 - Instálese la cabeza siguiéndose las instrucciones bajo el apartado previo de esta misma sección titulado INSTALACIÓN DEL CONJUNTO DE LA CABEZA. Al volver a instalarse la placa de alimentación, cerciorarse de calafatear el área alrededor de la cabeza del tornillo de casquete cuadrado y la arandela de seguridad. Ésta es un sello importante que impedirá que la suciedad y el agua penetren en las roscas del tornillo de casquete cuadrado de la placa alimentación y en las roscas del perno de fijación.

Tabla 15 Conjunto taza

TAZA	1	TOLVA ALIMENTADORA	O	(2000 HORAS) ANUAL
	2	CABLE DE IZAMIENTO		
	3	GRILLETE		
	4	ARGOLLA DE LA TAPA DE AJUSTE		
	5	TAPA DE AJUSTES		
	6	CORAZA DE LA TAZA		
	7	TAZA		

Figura 43 Conjunto taza



Mantenimiento:

A fin de desmontarse el conjunto de la taza para la inspección y la sustitución de piezas, procédase como sigue:

- Antes que el conjunto de la taza pueda extraerse de la trituradora, deberán DECOMPRIMIRSE los cilindros de fijación
- Límpiense a fondo las roscas de los anillos de ajuste y de sujeción de la taza, eliminándose todo rastro de suciedad, polvo y grasa pasada.
- Elévese desde el interior de la taza la tolva alimentadora. Esto brindará acceso a las cuñas se sujetan al taza la coraza del mismo. Dichas cuñas se

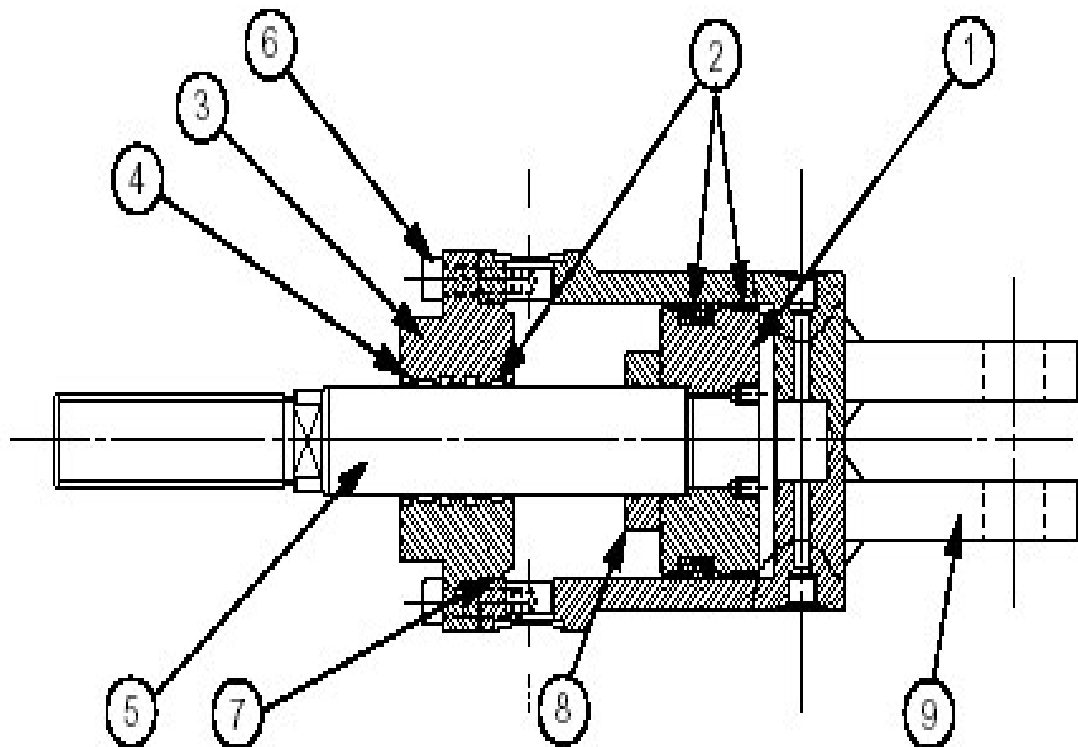
hallarán en la parte superior del anillo adaptador de la taza, fijados a éste por medio de pasadores guías.

- Quítense las chavetas de horquilla que sujetan a las cuñas las placas de seguridad. A continuación, extráiganse alzándose tales placas
- de seguridad, dejándose así al descubierto las tuercas esféricas y permitiéndose que se aflojen las cuñas.

Tabla 16. Conjunto cilindros de bloqueo

CILINDROS DE BLOQUEO	1	PISTON	R	(8 HORAS)DIARIO
	2	JUEGOS DE SELLOS		
	3	VASTAGO		
	4	CABEZA DE LA BOTELLA		
	5	VARILLA DEL CILINDRO		
	6	PERNO DE LIGACION DE LA CABEZA DEL CILINDRO		
	7	ANILLO		
	8	TUBO DE PARADA		
	9	SUB CONJUNTO DEL CILINDRO		

Figura 44 Conjunto cilindros de bloqueo.



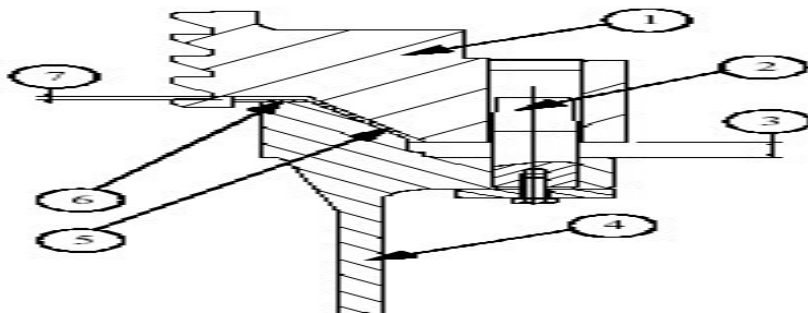
Mantenimiento:

- Limpie el vástago, el pistón, la cabeza de la botella y el cilindro. Todas las superficies del cilindro y las piezas en relación con el mismo
- deben estar perfectamente limpias y exentas de polvo. Si el cilindro está picado o si aparecen rebabas cambie el cilindro.
- Utilice los croquis del paso 4 para instalar las juntas sobre la cabeza y el pistón, después deslice el vástago a través de la cabeza con un
- movimiento de rotación y reinstale el pistón sobre el vástago.
- Engrase ligeramente la superficie del vástago, del pistón, de la cabeza, de las juntas y del taladro del cilindro. Inserte suavemente el pistón, el vástago y la cabeza montados en el cilindro, rodeando en movimiento circular el vástago y el pistón, ejerciendo una leve presión hacia abajo.
- Colóquese el buje en el extremo de la varilla del tubo del cilindro y apriete con pernos.
- El cilindro o botella de mantenimiento está listo para volver a montarse sobre la trituradora.

Tabla 17 Anillo de ajuste

ANILLO DE AJUSTE	1	ANILLO DE AJUSTE	O	(200 HORAS) MENSUAL
	2	PASADOR DEL BASTIDOR PRINCIPAL		
	3	MEDIR ESTA DISTANCIA		
	4	BASTIDOR PRINCIPAL		
	5	RECUBRIMIENTO DE ASIENTO		
	6	BARRA DE APOYO		
	7	ESPACIO LIBRE NECESARIO 1mm(1/32) A 4mm(5/32) DESPUES DE INSTALARSE NUEVOS RECUBRIMIENTOS DE ASIENTO.		

Figura 45 Anillo de ajuste



Mantenimiento

Existe un espacio libre entre la barra de punto de apoyo del bastidor principal y los bajos del anillo de ajuste, el cual habrá de mantenerse cuando se cambien los recubrimientos de asiento y las barras de punto de apoyo. Además, al transcurrir un espacio prolongado de tiempo, la superficie de asiento del anillo de ajuste experimentará desgaste, aun cuando repose en un recubrimiento de bronce de asiento del bastidor principal. Si se produjese el suficiente desgaste del anillo de ajuste, no resultaría posible el que se obtuviera el deseado espacio libre entre la barra de punto de apoyo y los bajos del anillo de ajuste, inclusive si se hubiesen instalado nuevos recubrimientos de asiento y barra de punto de apoyo.

CONCLUSIONES

Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las fallas en las máquinas disminuyan de una forma sustentable en el tiempo. Para lograr lo anterior, resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallas implementadas como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.

No se pueden tomar decisiones en a organización si no se cuenta con un modelo como el CMD que permite estadísticamente conocer el comportamiento de estos indicadores claves en la productividad.

Gravillera Albania S.A. es una organización preocupada por el desarrollo de los proceso y sus departamentos, buscando ubicarse dentro de las organizaciones de clase mundial.

Se realizo el análisis del impacto que puede tener la implementación de la estrategia CMD, en los costos de producción y la gestión del departamento de mantenimiento de la Gravillera Albania s.a. planta Tabio a través de los cuadros de análisis anexos donde se muestran los resultados de los paros en los años 2009 y 2010 y como a través de la limplementacion de metodologías de mantenimiento se pueden lograr por lo menos hasta en una tercera parte la minimización de costos por perdidas en producción causadas por mantenimiento, es decir, se pasaría de tener una perdida 8575 millones de pesos a 2965 millones de pesos, solo por realizar gestión en mantenimiento.

Se realizó una descripción teórica de la estrategia CMD y una descripción del proceso de implementación para llevarla como conocimiento primario a los trabajadores de Gravillera Albania S.A. para que se enmarquen en este tipo de trabajo y se logre el objetivo esperado.

La realización de un paralelo entre la gestión y organización del departamento de mantenimiento antes y después de la implementación del CMD debe arrojar un resultado positivo frente a las expectativas de ahorros por producción, la mejora continua del proceso, el mejoramiento en cuanto a clima organizacional, el aumento en el desempeño del personal producto de la capacitación técnica.

Se deben mostrar los beneficios en cuanto a la productividad, efectividad, confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria, equipos de la empresa y su impacto en el recurso humano.

BIBLIOGRAFÍA

ARJONA TORRES, Miguel. Dirección Estratégica: un enfoque práctico. Principios y aplicaciones de la gestión del rendimiento. Madrid, España: Editorial Diaz de Santos, 1999

AVILA ESPINOSA ,Rubén. Fundamentos del mantenimiento – Guías económicas, técnicas y administrativas. México: Limusa Grupo Noriega Editores, 1992.

BAS, Enric. Prospectiva: Herramientas para la gestión estratégica del cambio. Primera edición. Barcelona, España: Editorial Ariel Practicum, 1999.

BIERMAN, Harold; BONINI, Charles y HAUSMAN Warren. Análisis cuantitativo para la toma de decisiones: Modelos determinísticos y probabilísticos. Madrid: Editorial Irwin, 1991.

DUFFUAA Salih, RAOUF A. DIXON John. Sistemas de mantenimiento. Limusa Wiley. Mexico 2005.

ESCORSA, Castells PerE. Tecnología e innovación en la empresas. Barcelona, España: Editorial AlfaOmega EditoreS, 2005

LAROUSSE. Diccionario Larousse Multimedia Castellano. Cd. de México, México: Ediciones Larousse S.A. de C.V, 2000

MELINKOFF, Ramón. Los procesos administrativos. Caracas: Editorial Panapo, 1990.

MIKLOS, Tomás y TELO, María Elena. Planeación prospectiva: una estrategia para el desarrollo del futuro. Cd. de México: Limusa Noriega Editores, 1997

MORA Gutiérrez Alberto. Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios. AMG. Colombia 2008.

MORA Gutiérrez Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. COLDI LTDA. Colombia 2009

ROBBINS, Stephen y COULTER, Mary. Administración. Quinta edición. México, 1996.

STONER, James; FREEMAN, R y GILBERT, D. Administración. Sexta Edición. México, 1996.

TERRY, George y FLANKLIN, Stephen. Principios de administración. Editorial Continental. México, 1999.

TORRES Leandro Daniel. Mantenimiento su implementación y gestión. Universitas. Argentina 2005.

VINADER ZURBANO, Rafael. Teoría de la decisión empresarial. España: Biblioteca Deusto de Dirección y organización, Ediciones Deusto, 1978.

ANEXO B

TIEMPOS DE PARADAS POR LINEAS AÑOS 2009 - 2010

GRAVILLERA ALBANIA S.A. PLANTA TABIO													
TOTAL TIEMPOS PARADA POR GRUPOS 2009													
L2	BANDAS	MECANIC	ELECTRI	BOMBAS	SUBTOT	CALIDAD	CARGA	OTROS	TOTAL	HR PERD	HR PROD	HR PROG	DISPONIBILIDA
ENERO	147	500	65	0	712	0	317	205	1234	20.6			
	12%	41%	5%	0%	58%	0%	26%	17%					
FEBRERO	54	482	158	0	694	85	20	458	1257	21.0			
	4%	38%	13%	0%	55%	7%	2%	36%					
MARZO	181	183	282	384	1030	667	116	261	2074	34.6			
	9%	9%	14%	19%	50%	32%	6%	13%					
ABRIL	32	246	36	0	314	75	0	0	389	6.5			
	8%	53%	9%	0%	81%	19%	0%	0%					
MAYO	32	246	58	0	336	0	146	125	607	10.1			
	5%	43%	10%	0%	55%	0%	24%	21%					
JUNIO	245	891	97	369	1602	22	406	80	2110	35.2			
	12%	42%	5%	17%	76%	1%	19%	4%					
JULIO	186	605	247	441	1479	0	221	320	2020	33.7			
	9%	30%	12%	22%	73%	0%	11%	16%					
AGOSTO	138	898	42	89	1167	60	238	20	1485	24.8			
	9%	60%	3%	6%	79%	4%	16%	1%					
SEPTIEMBRE	184	255	87	21	547	120	371	163	1201	20.0	144	164	0.88
	15%	21%	7%	2%	46%	10%	31%	14%		12.2			
OCTUBRE	5	88	0	0	93	0	57	1740	1890	31.5	78	80	0.98
	0%	5%	0%	0%	5%	0%	3%	92%		39.4			
NOVIEMBRE	75	15	10	0	100	25	26	0	151	2.5	21	24	0.88
	50%	10%	7%	0%	66%	17%	17%	0%		10.5			
DICIEMBRE	15	36	0	110	161	0	38	0	199	3.3	44	48	0.92
	8%	18%	0	55%	81%	0	19%	0					
TOTAL	1295	4449	1082	1415	8242	1055	1958	3374	14629	243.8	287	316	0.91
	9%	30%	7.4%	10%	56%	7%	13%	23%		243.8			
TOTAL TIEMPOS PARADA POR GRUPOS 2009													
L5	BANDAS	MECANIC	ELECTRI	BOMBAS	SUBTOT	CALIDAD	CARGA	OTROS	TOTAL	HR PER	HR PROD	HR PROG	DISPONIBILIDA
ENERO	79	488	184	175	926	0	438	743	2107	35.1			
	4%	23%	9%	8%	44%	0%	21%	35%					
FEBRERO	20	85	292	108	505	85	353	527	1470	24.5			
	1%	6%	20%	7%	34%	6%	24%	36%					
MARZO	77	474	316	0	867	201	601	203	1872	31.2			
	4%	25%	17%	0%	46%	11%	32%	11%					
ABRIL	37	235	316	0	588	25	262	18	893	14.9			
	4%	26%	35%	0%	66%	3%	29%	2%					
MAYO	177	90	37	0	304	0	172	165	641	10.7			
	28%	14%	6%	0%	47%	0%	27%	26%					
JUNIO	134	947	124	112	1317	0	1124	39	2480	41.3			
	5%	38%	5%	5%	53%	0%	45%	2%					
JULIO	134	1473	167	1774	0	751	669	3194	53.2				
	4%	46%	0%	5%	56%	0%	24%	21%					
AGOSTO	148	806	122	191	1267	20	1039	0	2326	38.8			
	6%	35%	5%	8%	54%	1%	45%	0%					
SEPTIEMBRE	108	230	32	35	405	121	995	136	1657	27.6	139	174	0.80
	7%	14%	2%	2%	24%	7%	60%	8%		15.9			
OCTUBRE	191	216	0	0	407	71	402	149	1029	17.2	122	140	0.87
	19%	21%	0%	0%	40%	7%	39%	14%		12.3			
NOVIEMBRE	23	508	10	541	44	656	88	1329	22.2	137	170	0.81	
	2%	38%	0%	1%	41%	3%	49%	7%		13.0			
DICIEMBRE	19	116	24	205	364	51	239	59	713	11.9	125	137	0.91
	3%	16%	3%	29%	51%	7%	34%	8%					
TOTAL	1147.8	5670.9	1448.0	1003.4	9270.1	618.4	7036.0	2797.6	19722.0	328.7	523	621	0.84
	6%	29%	7.3%	5%	47%	3%	36%	14%		328.7			
TOTAL TIEMPOS PARADA POR GRUPOS 2009													
L6	BANDAS	MECANIC	ELECTRI	BOMBAS	SUBTOT	CALIDAD	CARGA	OTROS	TOTAL	HR PER	HR PROD	HR PROG	DISPONIBILIDA
OCTUBRE	267	1563	200	18	2048	61	1170	776	4055	67.6	151	220	0.69
	7%	39%	5%	0%	51%	2%	29%	19%					
NOVIEMBRE	139	826	793	0	1758	204	612	530	3104	51.7	128	180	0.71
	4%	27%	26%	0%	57%	7%	20%	17%					
DICIEMBRE	199	812	160	0	1171	77	414	1172	2834	47.2	98	140	0.70
	7%	29%	6%	0%	41%	3%	15%	41%					
ENERO	33	295	385	0	713	510	282	50	1555	25.9	113	140	0.81
	2%	19%	25%	0%	46%	33%	18%	3%					
FEBRERO	301	405	428	65	1199	523	214	659	2595	43.3	115	160	0.72
	12%	16%	16%	3%	46%	20%	8%	25%					
MARZO	301	79	247	15	642	880	361	409	2292	38.2	83	120	0.69
	13%	3%	11%	1%	28%	38%	16%	18%					
ABRIL	442	227	219	61	949	616	313	276	2154	35.9	106	140	0.76
	21%	11%	10%	3%	44%	29%	15%	13%					
MAYO	487	197	90	211	985	194	375	116	1670	27.8	151	180	0.84
	29%	12%	5%	13%	59%	12%	22%	7%					
JUNIO	924	862	0	256	2042	178	863	470	3553	59.2	203	260	0.78
	26%	24%	0%	7%	57%	5%	24%	13%					
JULIO	1072	2165	45	20	3302	169	666	499	4636	77.3	213	291	0.73
	23%	47%	1%	0%	71%	4%	14%	11%					
AGOSTO	544	2352	548	514	3958	221	451	630	5260	87.7	141	215	0.66
	10%	45%	10%	10%	75%	4%	9%	12%					
SEPTIEMBRE	430	1091	30	299	1850	141	617	387	2995	49.9	145	198	0.73
	14%	36%	1%	10%	62%	5%	21%	13%					
OCTUBRE	598	918	8	45	1569	103	462	213	2347	39.1	130	168	0.77
	25%	32%	0%	2%	67%	4%	20%	9%					
NOVIEMBRE	258	1117	22	15	1412	151	500	211	2274	37.9	134	170	0.79
	11%	49%	1%	1%	62%	7%	22%	9%					
DICIEMBRE	140	219	0	20	379	50	232	277	938	15.6	72	88	0.82
	15%	23%	0	2%	40%	5%	25%	30%					
TOTAL	5531.9	9930.0	2022.8	1521.5	19006.2	3737.6	5337.9	4198.3	32269	537.8	1606	2130	0.75
	17%	31%	6.3%	5%	316.8	12%	17%	13%		537.8			

L6	BANDAS	MECANIC	ELECTRI	BOMBAS	SUBTOT	CALIDAD	CARGA	OTROS	TOTAL	HR PER	HR PROD	HR PROG	DISPONIBILIDA
ENERO	20	118	0	0	138	0	133	97	368	6,1	34	40	0,85
	5%	32%	0%	0%	38%	0%	36%	26%					
FEBRERO	218	185	224	160	787	840	60	322	2009	33,5	96,5	130	0,74
	11%	9%	11%	8%	39%	42%	3%	16%					
MARZO	206	189	348	42	785	401	44	299	1529	25,5	149	174	0,86
	13%	12%	23%	3%	51%	26%	3%	20%					
ABRIL													
MAYO													
JUNIO													
JULIO													
AGOSTO													
SEPTIEMBRE													
OCTUBRE													
NOVIEMBRE													
DICIEMBRE													
TOTAL	444,3	492,5	572,3	202,1	1711,3	1241,7	237,4	718,6	3906	65,1	279,517	344	
	11,4	12,6	14,7	5,2	28,5	20,7	4,0	12,0	65,1				

ANEXO C

EQUIPOS DE LA LINEA DE TRITURACION 2

GRAVILLERA ALBANIA S.A. Reporte de Equipos General						
Item	Equipo	Descripción	Prioridad	Ubicación	Marca	
1	ALBA-XB47	ALIMENTADOR DE BANDA XB-47 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. ALIMENTADOR	GASA	
2	ALCA-XA09	ALIMENTADOR DE CADENA XA-09 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO	GASA	
3	BATR-XB09	BANDA TRANSPORTADORA XB-09 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. ARENA	GASA	
4	BATR-XB10	BANDA TRANSPORTADORA XB-10 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. TROMMEL ZARANDA	GASA	
5	BATR-XB107	BANDA TRANSPORTADORA XB-107 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. INFERIOR ALIMENTADOR	GASA	
6	BATR-XB108	BANDA TRANSPORTADORA XB-108 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. ZARANDA A CONO TERCIARIO	GASA	
7	BATR-XB11	BANDA TRANSPORTADORA XB-11 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. ZARANDA CONO SECUNDARIO	GASA	
8	BATR-XB12	BANDA TRANSPORTADORA XB-12 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO BANDA ZARANDA 6X14 A B. CONO ZARANDA	GASA	
9	BATR-XB13	BANDA TRANSPORTADORA XB-13 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. CONO 2 ZARANDA 8X24	GASA	
10	BATR-XB14	BANDA TRANSPORTADORA XB-14 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. RETORNO	GASA	
11	BATR-XB15	BANDA TRANSPORTADORA XB-15 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. GRAVA	GASA	
12	BATR-XB33	BANDA TRANSPORTADORA XB-33 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. ALIMENTADOR A MOLINO VSI	GASA	
13	BATR-XB34	BANDA TRANSPORTADORA XB-34 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. MOLINO ZARANDA	GASA	
14	BATR-XB35	BANDA TRANSPORTADORA XB-35 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. RETORNO LINEA SECA	GASA	
15	BATR-XB36	BANDA TRANSPORTADORA XB-36 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. ARENA MEZCLA	GASA	
16	BATR-XB44	BANDA TRANSPORTADORA XB-44 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. GRAVA 3/8"	GASA	
17	BATR-XB45	BANDA TRANSPORTADORA XB-45 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. PLANA	GASA	
18	BATR-XB46	BANDA TRANSPORTADORA XB-46 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO B. PLANA LINEA SECA	GASA	
19	BOMB-UF32	BOMBA HORIZONTAL UF-32 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO	WIFLEY	
20	BOMB-UF42	BOMBA SCHABEVER UF-42 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO HIDROCICLONES PRIMARIOS	SCHABEVER	
21	DIFE-DP01	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-01	TIPO B	LINEA 2 TABIO	VOLVO	
22	DIFE-DP02	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-02	TIPO B	LINEA 2 TABIO	VOLVO	
23	LADH-XH06	HIDROCICLON PRIMARIO XH-06 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO HIDROCICLON PRIMARIO	GASA	
24	LADH-XH07	HIDROCICLON PRIMARIO XH-07 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO HIDROCICLON PRIMARIO	GASA	
25	LAHD-XH13	HIDROCICLON SECUNDARIO XH-13 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO HIDROCICLON SECUNDARIO	GASA	
26	LAHD-XH14	HIDROCICLON SECUNDARIO XH-14 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO HIDROCICLON SECUNDARIO	GASA	
27	LANO-XN01	LAVADORA NORIA XN-01	TIPO B	LINEA 2 TABIO	GASA	
28	LASF-XS02	TORNILLO SIN FIN SENCILLO XS-02 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO TORNILLO SIN FIN SENCILLO	GASA	
29	LASF-XS07	TORNILLO SIN FIN SENCILLO XS-07 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO TORNILLO SIN FIN SENCILLO	GASA	
30	LATM-XL11	TROMMEL XL-11 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO	GASA	
31	MEVI-MV01	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 5 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	GASA	
32	MEVI-MV02	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 5 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	GASA	
33	MEVI-MV05	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 5 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	GASA	
34	MEVI-MV06	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 5 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	GASA	
35	MEVI-MV07	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 6 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ITALVIBRAS	
36	MEVI-MV08	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 5 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	GASA	
37	MORE-MR03	MOTO REDUCTOR ME-03	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RANFE	
38	MOTE-ME010	MOTOR ELECTRICO DE 25 HP A 1765 RPM	TIPO A	LINEA 2 TABIO	US DE MEXICO	
39	MOTE-ME024	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
40	MOTE-ME024	MOTOR ELECTRICO 24 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO NORIA	SIEMENS	
41	MOTE-ME036	MOTOR ELECTRICO 24 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO XS-07	SIEMENS	
42	MOTE-ME036	MOTOR ELECTRICO 15 HP 1755 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO PANTALLA ARROZ	WEG	
43	MOTE-ME076	MOTOR ELECTRICO 150 HP A 1180 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ALLISC HAM	
44	MOTE-ME077	MOTOR ELECTRICO 24 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
45	MOTE-ME078	MOTOR ELECTRICO 20 HP A 1755 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	DELOSORA	
46	MOTE-ME079	MOTOR ELECTRICO 30 HP A 1755 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
47	MOTE-ME080	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1770 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	US DE MEXICO	
48	MOTE-ME081	MOTOR ELECTRICO 10 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
49	MOTE-ME082	MOTOR ELECTRICO 10 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
50	MOTE-ME083	MOTOR ELECTRICO 25 HP A 1765 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	AC MOTORS	
51	MOTE-ME084	MOTOR ELECTRICO 35 HP A 1175 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
52	MOTE-ME085	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
53	MOTE-ME086	MOTOR ELECTRICO 50 HP A 1775 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	US MOTORS	
54	MOTE-ME087	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
55	MOTE-ME088	MOTOR ELECTRICO 200 HP A 1185 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
56	MOTE-ME089	MOTOR ELECTRICO 250 HP A 1185 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	US MOTORS	
57	MOTE-ME090	MOTOR ELECTRICO 75 HP A 1755 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	INDUCTION M	
58	MOTE-ME101	MOTOR ELECTRICO 36 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
59	MOTE-ME102	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
60	MOTE-ME103	MOTOR ELECTRICO 300 HP A 1770 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	THOSIBA	
61	MOTE-ME104	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1740 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SUMITOMO	
62	MOTE-ME105	MOTOR ELECTRICO 10 HP A 1740 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	US MOTOR	
63	MOTE-ME106	MOTOR ELECTRICO 6.6 HP A 1150 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
64	MOTE-ME107	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
65	MOTE-ME118	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
66	MOTE-ME119	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
67	MOTE-ME122	MOTOR ELECTRICO 25 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BALDOR	
68	MOTE-ME135	MOTOR ELECTRICO DE 12 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	SIEMENS	
69	MOTE-ME136	MOTOR ELECTRICO DE 40 HP A 1775 RPM	TIPO B	LINEA 2 TABIO	GRAL ELEC	
70	PACL-XP06	PANTALLA CLASIFICADORA XP-06 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO HIDROCICLONES SECUNDARIOS	GASA	
71	PACL-XP07	PANTALLA CLASIFICADORA XP-07 TABIO	TIPO A	TALLER TABIO	GASA	
72	PACL-XP08	PANTALLA CLASIFICADORA XP-08 TABIO	TIPO B	TALLER TABIO	GASA	
73	RDPN-RP24	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-6A	TIPO B	LINEA 2 TABIO	DODGE	
74	RDPN-RP25	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-5	TIPO B	LINEA 2 TABIO	DODGE	
75	RDPN-RP26	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RANFE	
76	RDPN-RP27	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RANFE	
77	RDPN-RP28	REDUCTOR PENDULAR BONFIGLIOLI	TIPO B	LINEA 2 TABIO	BONFIGLIOLI	
78	RDPN-RP29	REDUCTOR PENDULAR	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ND	
79	RDPN-RP30	REDUCTOR PENDULAR	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ORION	
80	RDPN-RP31	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 282	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RAMFE	
81	RDPN-RP32	REDUCTOR PENDULAR	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ORION	
82	RDPN-RP33	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RAMFE	
83	RDPN-RP34	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RAMFE	
84	RDPN-RP56	REDUCTOR PENDULAR SUMITOMO	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SUMITOMO	
85	RDPN-RP64	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT4A	TIPO B	LINEA 2 TABIO	DODGE	
86	RDPN-RP65	REDUCTOR PENDULAR	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ND	
87	RDPN-RP66	REDUCTOR PENDULAR ORION RO70	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ORION	
88	RDPN-RP67	REDUCTOR PENDULAR ORION	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ORION	
89	RDPN-RP69	REDUCTOR PENDULAR ORION RO70	TIPO B	LINEA 2 TABIO	ORION	
90	RDPN-RP74	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT4	TIPO B	LINEA 2 TABIO XS-07	DODGE	
91	REPA-REP07	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 2 TABIO SECA	RANFE	
92	REPA-REP08	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 2 TABIO	RANFE	
93	TOLV-XO02	TOLVA PRINCIPAL XO-02 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO	GASA	
94	TOLV-XO03	TOLVA PRINCIPAL XO-03 TABIO	TIPO B	TOLVA LINEA 2	GASA	
95	TRCO-XC11	TRITURADORA DE CONO XC-11 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO CONO SECUNDARIO	TELMITH	
96	TRCO-XC15	TRITURADORA DE CONO XC-15 TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO CONO TERCIARIO	TELMITH	
97	TRVS-XV04	TRITURADORA DE IMPACTO VSI XV-04 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO SECA	GASA	
98	TRVS-XV06	TRITURADORA DE IMPACTO VSI XV-06 TABIO	TIPO B	LINEA 2 TABIO SECA	GASA	
99	ZACL-XZ20	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-20 SECA L2 TABIO	TIPO A	LINEA 2 SECA TABIO	GASA	
100	ZACL-XZ21	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-21 (8*24) TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO	GASA	
101	ZACL-XZ23	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-23 (6*14) TABIO	TIPO A	LINEA 2 TABIO ZARANDA 6X14	GASA	

ANEXO D

EQUIPOS DE LA LINEA DE TRITURACION 5

GRAVILLERA ALBANIA S.A.					
Reporte de Equipos General					
Item	Equipo	Descripción	Prioridad	Ubicación	Marca
1	ALBA-XB59	ALIMENTADOR DE BANDA XB-59 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO ALIMENTADOR MOLINO DE IMPACTO	GASA
2	ALCA-XA12	ALIMENTADOR DE CADENA XA-12 TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO	GASA
3	ALGR-XZ26	ALIMENTADOR GRIZZLY XZ-26 TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO GRIZZLY	TELSMITH
4	BATR-XB109	BANDA TRANSPORTADORA XB-109 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. GRAVA DE 1/2"	GASA
5	BATR-XB111	BANDA TRANSPORTADORA XB-111 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO BANDA ZARANDA 2D A ZARANDA 3D	GASA
6	BATR-XB50	BANDA TRANSPORTADORA XB-50 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. INFERIOR ALIMENTADOR	GASA
7	BATR-XB51	BANDA TRANSPORTADORA XB-51 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. TROMMEL	GASA
8	BATR-XB52	BANDA TRANSPORTADORA XB-52 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. RETORNO	GASA
9	BATR-XB53	BANDA TRANSPORTADORA XB53 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO	GASA
10	BATR-XB54	BANDA TRANSPORTADORA XB-54 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. ZARANDA A TOLVA PULMON	GASA
11	BATR-XB55	BANDA TRANSPORTADORA XB-55 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. ALIMENTADOR A MOLINO DE IMPACTO	GASA
12	BATR-XB56	BANDA TRANSPORTADORA XB-56 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. MOLINO DE IMPACTO A ZARANDA	GASA
13	BATR-XB57	BANDA TRANSPORTADORA XB57 TABIO	TIPO B	LINEA 5 BANDA ARENA	GASA
14	BATR-XB58	BANDA TRANSPORTADORA XB58 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. PLANA	GASA
15	BATR-XB60	BANDA TRANSPORTADORA XB60 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. ZARANDA CONO TERCARIO	GASA
16	BATR-XB78	BANDA TRANSPORTADORA XB-78 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. RETORNO TRITURADORA PRIMARIA	GASA
17	BATR-XB92	BANDA TRANSPORTADORA XB-92 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO B. GRIZZLY A TRITURADORA PRIMARIA	GASA
18	BOMB-UF53	BOMBA SCHABAVER UF53 TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO HIDROCICLONES PRIMARIOS	SCHABAVER
19	BOMB-UF62	BOMBA SCHABAVER UF-62 TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO HIDROCICLONES SECUNDARIOS	SCHABAVER
20	DIFE-DP03	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-03	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BRIGADIER
21	DIFE-DP04	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-04	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BRIGADIER
22	DIFE-DP05	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-05	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BRIGADIER
23	DIFE-DP06	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-06	TIPO B	LINEA 6 TABIO	AMERICANO
24	DIFE-DP07	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	AMERICANO
25	DIFE-DP08	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-08	TIPO B	LINEA 6 TABIO	AMERICANO
26	DIFE-DP09	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-09	TIPO B	LINEA 6 TABIO	AMERICANO
27	DIFE-DP10	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-10	TIPO B	LINEA 6 TABIO	AMERICANO
28	DIFE-DP11	DIFERENCIAL DE POTENCIA DP-11	TIPO B	LINEA 6 TABIO	EUROPEO
29	LADH-XH08	HIDROCICLON PRIMARIO XH-08 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO HIDROCICLON PRIMARIO	GASA
30	LADH-XH09	HIDROCICLON PRIMARIO XH-09 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO HIDROCICLON PRIMARIO	GASA
31	LAHD-XH15	HIDROCICLON SECUNDARIO XH15 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO HIDROCICLON SECUNDARIO	GASA
32	LAHD-XH16	HIDROCICLON SECUNDARIO XH16 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO HIDROCICLON SECUNDARIO	GASA
33	LASF-XS04	TORNILLO SIN FIN DOBLE XS04 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO TORNILLO SIN FIN DOBLE	GASA
34	MORE-MR02	MOTO REDUCTOR MR-02	TIPO B	LINEA 5 TABIO	RANFE
35	MOTE-ME037	MOTOR ELECTRICO 15 HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 5 TABIO	US MOTORE
36	MOTE-ME038	MOTOR ELECTRICO 75 HP 1185 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	WEG
37	MOTE-ME063	MOTOR ELECTRICO 10 HP A 1740 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	MUS MEXI
38	MOTE-ME064	MOTOR ELECTRICO 23 HP A 1740 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	TECA
39	MOTE-ME065	MOTOR ELECTRICO 10 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
40	MOTE-ME066	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
41	MOTE-ME067	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1775 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	MOTORS
42	MOTE-ME068	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1770 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	WEA
43	MOTE-ME072	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1753 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
44	MOTE-ME073	MOTOR ELECTRICO 15 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	WEA
45	MOTE-ME074	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1770 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
46	MOTE-ME075	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
47	MOTE-ME110	MOTOR ELECTRICO 150 HP A 1700 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	ASEA
48	MOTE-ME111	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
49	MOTE-ME112	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
50	MOTE-ME113	MOTOR ELECTRICO 48 HP A 1750 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
51	MOTE-ME114	MOTOR ELECTRICO 15 HP A 1755 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	WEG
52	MOTE-ME115	MOTOR ELECTRICO 250 HP A 1186 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
53	MOTE-ME116	MOTOR ELECTRICO 300 HP A 1700 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	WEG
54	MOTE-ME120	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
55	MOTE-ME121	MOTOR ELECTRICO 7.5 HP A 1260 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	
56	MOTE-ME123	MOTOR ELECTRICO 48 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SIEMENS
57	MOTE-ME124	MOTOR ELECTRICO 50 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BALDOR
58	MOTE-ME128	MOTOR ELECTRICO 15 HP A 1750 RPM	TIPO B	TALLER	SIEMENS
59	PACL-XP09	PANTALLA CLASIFICADORA XP-09 TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO HIDROCICLONES PRIMARIOS	GASA
60	RDPN-RP43	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-5	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
61	RDPN-RP44	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-7	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
62	RDPN-RP45	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-7	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
63	RDPN-RP46	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-7	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
64	RDPN-RP47	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-9	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
65	RDPN-RP48	REDUCTOR PENDULAR BOFIGLIOLI	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BONFIGLIOLI
66	RDPN-RP49	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-7	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
67	RDPN-RP50	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-6	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
68	RDPN-RP51	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-6	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
69	RDPN-RP52	REDUCTOR PENDULAR SUMITOMO	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SUMITOMO
70	RDPN-RP53	REDUCTOR PENDULAR SUMITOMO	TIPO B	LINEA 5 TABIO	SUMITOMO
71	RDPN-RP54	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 282	TIPO B	LINEA 5 TABIO	RAMFE
72	RDPN-RP55	REDUCTOR PENDULAR BOFIGLIOLI	TIPO B	LINEA 5 TABIO	BONFIGLIOLI
73	RDPN-RP57	REDUCTOR PENDULAR ORION RO 70	TIPO B	LINEA 5 TABIO	ORION
74	RDPN-RP75	REDUCTOR PENDULAR RANFE 272	TIPO B	LINEA 5 TABIO	RANFE
75	RDPN-RP76	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 5 TABIO	RAMFE
76	RDPN-RP77	REDUCTOR PENDULAR DODGE XT-4A	TIPO B	LINEA 5 TABIO	DODGE
77	TOLV-XO06	TOLVA PULMON L5	TIPO B	LINEA 5 TABIO	GASA
78	TOLV-XO07	TOLVA PRINCIPAL XO-07 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO	GASA
79	TRCO-XC17	TRITURADORA DE CONO XC17 TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO CONO TERCARIO	NORDBERG
80	TRMA-XJ07	TRITURADORA DE MANDIBULA XJ-07 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO TRITURADORA PRIMARIA	UNIVERSAL
81	TRVS-XV08	TRITURADORA DE IMPACTO HSI XV-08 TABIO	TIPO B	LINEA 5 TABIO	
82	ZACL-XZ18	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-18 3D TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO	LORO PARIS
83	ZACL-XZ19	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-19 2D TABIO	TIPO A	LINEA 5 TABIO	LORO PARIS


ANEXO E

EQUIPOS DE LA LINEA DE TRITURACION 6

GRAVILLERA ALBANIA S.A.						
Reporte de Equipos General						
Item	Equipo	Descripción	Prioridad	Ubicación	Marca	
1	ALBA-XB67	ALIMENTADOR DE BANDA XB-67 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO ALIMENTADOR CONO HP 300	GASA	
2	ALBA-XB77	ALIMENTADOR DE BANDA XB-77 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO ALIMENTADOR MOLINOS VSI	GASA	
3	ALBA-XB85	ALIMENTADOR DE BANDA XB-85 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO ALIMENTADOR TRI PRIMARIA	GASA	
4	ALCA-XA13	ALIMENTADOR DE CADENA YA-13 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO ALIMENTADOR	GASA	
5	ALGR-XZ25	ALIMENTADOR GRIZZLY XZ-25 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO GRIZZLY	GASA	
6	BATR-XB112	BANDA TRANSPORTADORA XB-112 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO B RECIBE CARGA ZARANDA A BANDA ALIMENTA CONO	GASA	
7	BATR-XB115	BANDA TRANSPORTADORA XB-115 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO	GASA	
8	BATR-XB116	BANDA TRANSPORTADORA XB116	TIPO A	LINEA 6 TABIO BANDA GRAVA A ZARANDA XZ01 CIRCUITO NUEVO	GASA	
9	BATR-XB61	BANDA TRANSPORTADORA XB-61 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO INFERIOR ALIMENTADOR	GASA	
10	BATR-XB62	BANDA TRANSPORTADORA XB-62 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO BANDA TROMMEL	GASA	
11	BATR-XB63	BANDA TRANSPORTADORA XB-63 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO GRIZZLY AL CONO SECUNDARIO	GASA	
12	BATR-XB64	BANDA TRANSPORTADORA XB-64 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO RETORNO PRIMARIA A GRIZZLY	GASA	
13	BATR-XB65	BANDA TRANSPORTADORA XB-65 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO RECIBE CARGA DE LAS ZARANDAS	GASA	
14	BATR-XB66	BANDA TRANSPORTADORA XB-66 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO DESCARGA EN LA TOLVA PULMON HP 300	GASA	
15	BATR-XB68	BANDA TRANSPORTADORA XB-68 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO B ALIMENTADOR A CONO HP 300	GASA	
16	BATR-XB69	BANDA TRANSPORTADORA XB-69 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO RETORNO CONO HP 300	GASA	
17	BATR-XB70	BANDA TRANSPORTADORA XB-70 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO SECA LLEVA CARGA A LOS MOLINOS VSI	GASA	
18	BATR-XB71	BANDA TRANSPORTADORA XB-71 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO GRIZZLY AL CONO SECUNDARIO	GASA	
19	BATR-XB72	BANDA TRANSPORTADORA XB-72 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO RETORNO CONO SECUNDARIO	GASA	
20	BATR-XB73	BANDA TRANSPORTADORA XB73 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO BANDA ZARANDA SECA TOLVA SECA	GASA	
21	BATR-XB74	BANDA TRANSPORTADORA XB74 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO BANDA MEZCLA ARENA SECA	GASA	
22	BATR-XB75	BANDA TRANSPORTADORA XB75 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO BANDA INFERIOR ZARANDA LINEA SECA	GASA	
23	BATR-XB76	BANDA TRANSPORTADORA XB76 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO BANDA RADIAL	GASA	
24	BATR-XB79	BANDA TRANSPORTADORA XB-79 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO B GRAVA	GASA	
25	BATR-XB82	BANDA TRANSPORTADORA XB-82 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO MOLINOS VSI A ZARANDA LINEA SECA	GASA	
26	BATR-XB84	BANDA TRANSPORTADORA XB-84 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO MEZCLA ARENA	GASA	
27	BOMB-UF57	BOMBA SCHABAUER UF-57 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO HIDROCICLONES PRIMARIOS	SCHABAUER	
28	BOMB-UF61	BOMBA SCHABAUER UF-61 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO HIDROCICLONES PRIMARIOS	SCHABAUER	
29	BOMB-UF68	BOMBA SCHABAUER UF-68 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO HIDROCICLONES SECUNDARIOS	SCHABAUER	
30	LAHD-XH10	HIDROCICLON PRIMARIO XH-10 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO HIDROCICLON PRIMARIO	GASA	
31	LAHD-XH11	HIDROCICLON PRIMARIO XH-11 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO HIDROCICLON PRIMARIO	GASA	
32	LAHD-XH17	HIDROCICLON SECUNDARIO XH-17 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO	GASA	
33	LAHD-XH18	HIDROCICLON SECUNDARIO XH-18 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO	GASA	
34	LASF-XS05	TORNILLO SIN FIN DOBLE XS-05 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO TORNILLO SIN FIN DOBLE	GASA	
35	LATM-XL01	TROMMEL XL01 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO (ORIENTAL)	GASA	
36	LATM-XL07	TROMMEL XL-07 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO (OCCIDENTAL)	GASA	
37	LATM-XL13	TROMMEL XL-13 TABIO	TIPO A	TALLER TABIO	GASA	
38	MEVI-MV03	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 6 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ITALVIBRAS	
39	MEV-MV04	MOTOR ELECTRICO VIBRATORIO 6 HP A 1160 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ITALVIBRAS	
40	MORE-ME01	MOTOR ELECTRICO 30 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
41	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 30 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
42	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 24HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
43	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 36 HP A 1186 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
44	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO DE 10 HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
45	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 50 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	TOSHIBA	
46	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 12HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
47	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO DE 10 HP A 1755 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
48	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 15 HP 1170 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	WEG	
49	MOTE-ME00	MOTOR ELECTRICO 15HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	TOSHIBA	
50	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO DE 25 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	US DE MEX	
51	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 36 HP A 1186 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	ND	
52	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 30 HP A 1755 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	TOSHIBA	
53	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 30 HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	US MOTOR	
54	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 15 HP 1755 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
55	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 10 HP 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	WEG	
56	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 15 HP A 1755 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	WEG	
57	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
58	MOTE-ME01	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
59	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO DE 40 HP A 1753 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
60	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO DE 30 HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	US DE MEX	
61	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO DE 18 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
62	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO 250 HP A 1185 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	TOSHIBA	
63	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO 240 HP 1180 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
64	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO 15 HP A 1750 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
65	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO 12 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
66	MOTE-ME02	MOTOR ELECTRICO 50 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
67	MOTE-ME03	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1775 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	BALDORS	
68	MOTE-ME03	MOTOR ELECTRICO 40 HP A 1775 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	LEROTSSOM	
69	MOTE-ME03	MOTOR ELECTRICO 60 HP A 1780 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
70	MOTE-ME03	MOTOR ELECTRICO 40 HP 1752 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	US MOTOR	
71	MOTE-ME03	MOTOR ELECTRICO 1765 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	ALIANZA ES	
72	MOTE-ME03	MOTOR ELECTRICO 150 HP 1120 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	FIMET	
73	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO 300 HP 1790 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
74	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO 275 HP 1785 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	WEG	
75	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO 24 HP A 1760 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
76	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO DE 50HP A 1770 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO MOTOR ELECTRICO ZARANDA XZ-34	SIEMENS	
77	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO 50 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO	SIEMENS	
78	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO 50 HP A 1760 RPM	TIPO A	LINEA 6 TABIO ZARANDA XZ-33	TOSHIBA	
79	MOTE-ME04	MOTOR ELECTRICO 7.5 HP A 1765 RPM	TIPO A	LINEA 2 TABIO	SCHIBBA	
80	MOTE-ME11	MOTOR ELECTRICO 7.3 HP 1765 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ND	
81	MOTE-ME14	MOTOR ELECTRICO 250 HP A 1180 RPM	TIPO B	LINEA 6 TABIO	WEG	
82	PACL-XP13	PANTALLA CLASIFICADORA XP-13 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO HIDROCICLONES SECUNDARIOS	MOTORS	
83	PACL-XP14	PANTALLA CLASIFICADORA XP-14 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO HIDROCICLONES PRIMARIOS	GASA	
84	RDPN-RP12	REDUCTOR PENDULAR ORION RO 120	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ORION	
85	RDPN-RP01	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 282	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
86	RDPN-RP02	REDUCTOR PENDULAR ORION RO 70	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ORION	
87	RDPN-RP03	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 282	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
88	RDPN-RP04	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
89	RDPN-RP05	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-9	TIPO B	LINEA 6 TABIO	DODGE	
90	RDPN-RP06	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
91	RDPN-RP07	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
92	RDPN-RP08	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 282	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
93	RDPN-RP09	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 282	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
94	RDPN-RP10	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-7	TIPO B	LINEA 6 TABIO	DODGE	
95	RDPN-RP11	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-7	TIPO B	LINEA 6 TABIO	DODGE	
96	RDPN-RP13	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
97	RDPN-RP14	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
98	RDPN-RP15	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
99	RDPN-RP16	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
100	RDPN-RP17	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
101	RDPN-RP18	REDUCTOR PENDULAR ORION RO 120	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ORION	
102	RDPN-RP19	REDUCTOR PENDULAR ORION RO 120	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ORION	
103	RDPN-RP20	REDUCTOR PENDULAR ORION RO 120	TIPO B	LINEA 6 TABIO	ORION	
104	RDPN-RP21	REDUCTOR PENDULAR RAMFE 272	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
105	RDPN-RP22	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-6A	TIPO B	LINEA 6 TABIO	DODGE	
106	RDPN-RP23	REDUCTOR PENDULAR DODGE TXT-6A	TIPO B	LINEA 6 TABIO	DODGE	
107	REPA-REP0	REDUCTOR EJES PARALELOS REPA FG-07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	DODGE	
108	REPA-REP0	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
109	REPA-REP0	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
110	REPA-REP0	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
111	REPA-REP0	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
112	REPA-REP0	REDUCTOR EJES PARALELOS RAMFE FG 07	TIPO B	LINEA 6 TABIO	RAMFE	
113	TOLV-XO08	TOLVA PRINCIPAL XO-08 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO	GASA	
114	TOLV-XO09	TOLVA LINEA SECA XO-09 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO	GASA	
115	TOLV-XO10	TOLVA CONO HP300 XO-10 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO	GASA	
116	TOLV-XO11	TOLVA TRITURADORA PRIMARIA XO-11 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO	GASA	
117	TRCO-XC03	TRITURADORA DE CONO XC-03 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO CONO SECUNDARIO	GASA	
118	TRCO-XC18	TRITURADORA DE CONO XC-18 TABIO	TIPO A	TALLER TABIO	TELMITH	
119	TRVS-XV05	TRITURADORA DE IMPACTO VSI XV-05 TABIO	TIPO B	LINEA 6 TABIO SECA	HOLBERG	
120	ZACL-XZ01	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-01 (6X14)	TIPO A	LINEA 6 TABIO	GASA	
121	ZACL-XZ4E	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-24E	TIPO A	LINEA 6 TABIO SECA	GASA	
122	ZACL-XZ33	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-33 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO	GASA	
123	ZACL-XZ34	ZARANDA CLASIFICADORA XZ-34 TABIO	TIPO A	LINEA 6 TABIO	GASA	

ANEXO F

FORMATO ANALISIS DE FALLAS

FORMATO ANALISIS DE FALLAS - GRAVILLERA ALBANIA S.A NIT.800.243.991-9		
Departamento de Mantenimiento Analisis de Causa Raiz de los fallas Grupo Casa-Fallas		
Caso:		
Pasos en el Analisis de la causa Raiz de los Fallas		
A-Identificacion del problema o mejora a realizar (definir limites tecnicos y fisicos del problema)		
B-Beneficios economicos,tecnicos,productivos,etc.De analizar el problema o mejora mediante el metodo de causa raiz de los fallos:		
C-Desarrollo ANALISIS:		
C - 1) Desviacion -	Subestandar -- Falla



Departamento de Mantenimiento Analisis de Causa Raiz de los fallas Grupo Casa Fallas

C -2) Especificacion Tecnica (datos,planos,fotografias,evidencias reales y verbales,ca verificar,estudios,normas,procedimientos de calidad,otros,etc.) con que se cuenta:

C-3) Procedimiento:



C-3-A) Plantear diferentes Posibles Causas Inmediatas

Basicas

Página 2

C-3-B) Pruebas de Validez de las Causas planteadas en el paso anterior:

C-3-C) Selecccion de la Causa planteada y probada

C-4)Bitacora de Calculos--Tecnicas utilizadas Sintesis:

C-5) Actualizacion a realizar (Politicasy de Control) que garantice erradicacion de falla:

C-5-A) Falla:

C-5-B) Causa Inmediata Unica:


C-5-C) Causa Basica Unica:



Departamento de Mantenimiento Analisis de Causa Raiz de los fallas Grupo Casa-Fallas

C-5-D) Implementacion de Controles:

Falla a resolver y a erradicar:

 Sombrero	Descripcion	Rol
Blanco	Neutral	Medio, el blanco, se muestra al grupo, para ser el primer sombrero en ser utilizado.
Naranja	Crítico	Resolución de los problemas más difíciles. Al ser el de mayor prioridad se utiliza.
Negro	Crítico Negativo	Algunos problemas. No se debe utilizar.
Amarillo	Crítico Positivo	Algunos problemas. No se debe utilizar. Al ser el de menor prioridad se utiliza.
Verde	Creativo	Resolución de los problemas más difíciles. Al ser el de menor prioridad se utiliza.
Azul	Facilitador	Control de los demás sombreros y para ser utilizado cuando el grupo no puede resolver el problema. Puede ser utilizado por los demás sombreros.

Control 1 a realizar:

Fecha de implementacion del control ----- prioridad:

Control 2 a realizar:

Página 3

fecha de implementacion del control _____ prioridad:

C-6)Seguimiento a los diferentes controles:

Fechas de seguimiento a control

C-7) Beneficios economicos y tecnicos logrados:

D) Divulgacion de Resultados:

Estrategias:

Participantes en el Grupo:

_____	Sombrero: _____	Función: _____
_____	Sombrero: _____	Función: _____
_____	Sombrero: _____	Función: _____
_____	Sombrero: _____	Función: _____
_____	Sombrero: _____	Función: _____
_____	Sombrero: _____	Función: _____
_____	Sombrero: _____	Función: _____



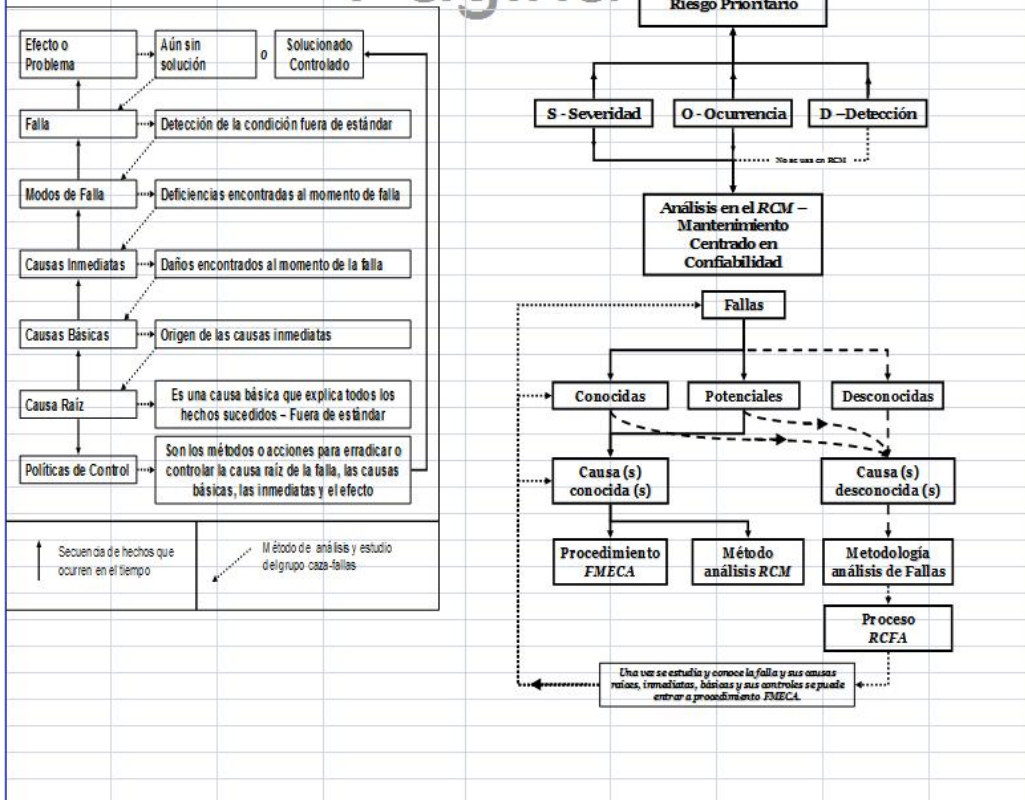
Departamento de Mantenimiento Analisis de Causa Raiz de los fallas Grupo Casa-Fallas

Árbol de Lógica RCFA



Formado por Ing. Pedro Echeverría ACSEM 2003 Fallas

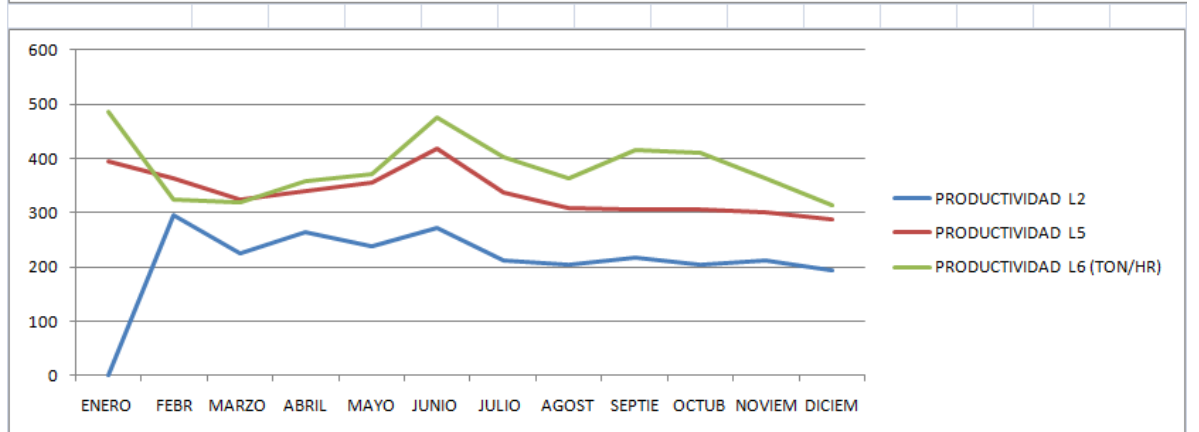
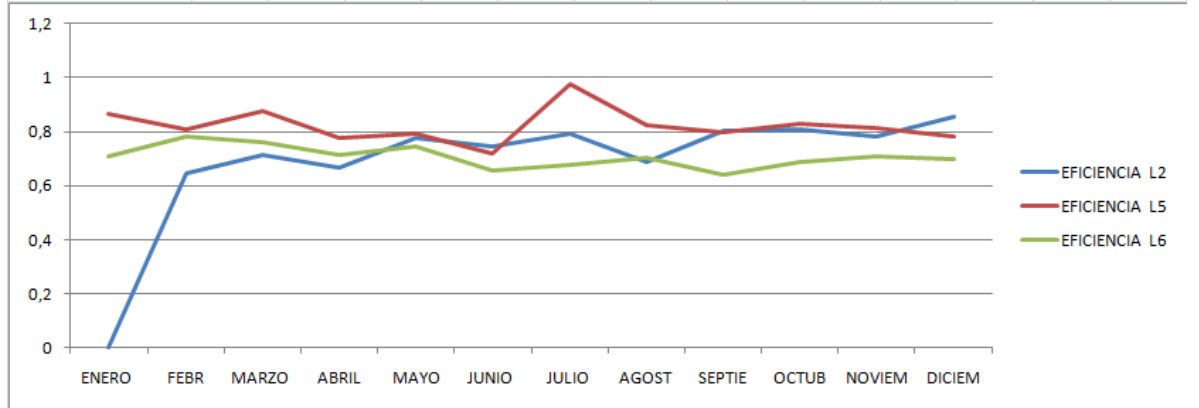
Página 4



ANEXO G

EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LINEAS 2008

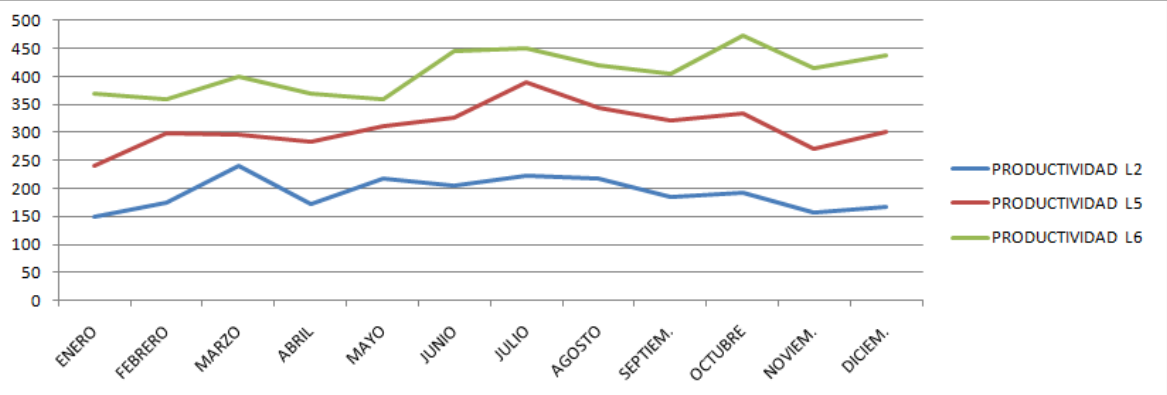
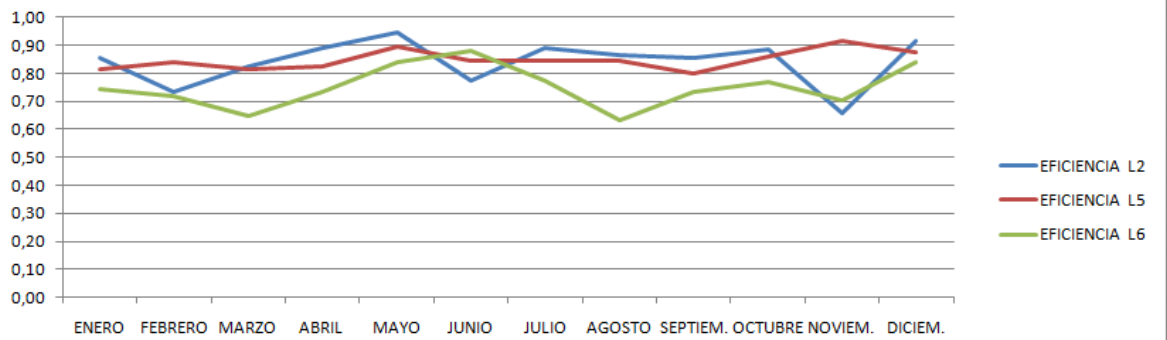
EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LINEAS 2008													
DETALLE	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIE	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	TOT AÑO
EFICIENCIA L2	0	0,64	0,71	0,67	0,78	0,75	0,79	0,69	0,80	0,81	0,78	0,85	0,75
EFICIENCIA L5	0,86	0,81	0,88	0,78	0,80	0,72	0,98	0,83	0,80	0,83	0,81	0,78	0,82
EFICIENCIA L6	0,71	0,78	0,76	0,71	0,75	0,66	0,68	0,71	0,64	0,69	0,71	0,70	0,71
DETALLE	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIE	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	TOT AÑO
PRODUCTIVIDAD L2	0	296	226	263	239	272	211	205	217	205	212	194	229
PRODUCTIVIDAD L5	396	364	325	340	355	418	336	309	305	305	299	287	338
PRODUCTIVIDAD L6	486	325	319	358	372	476	402	362	416	411	363	314	385



ANEXO H

EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LINEAS 2009

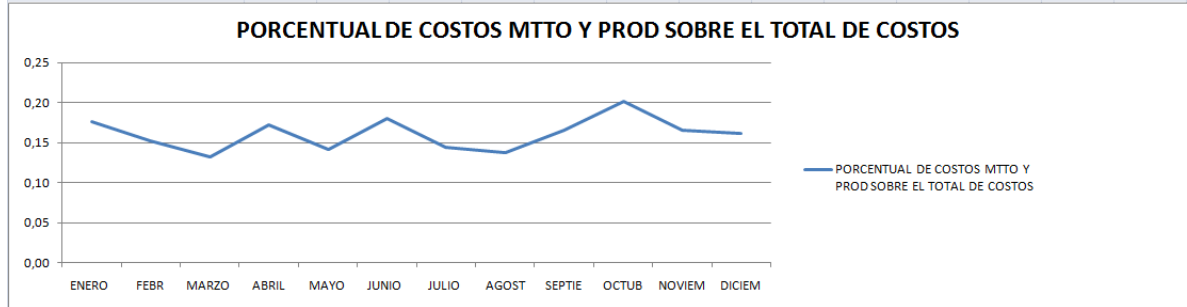
EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LINEAS 2009													
DETALLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	TOT. AÑO
EFICIENCIA L2	0,85	0,74	0,83	0,89	0,95	0,77	0,89	0,87	0,86	0,89	0,66	0,92	0,84
EFICIENCIA L5	0,82	0,84	0,81	0,82	0,89	0,84	0,84	0,85	0,80	0,86	0,91	0,88	0,84
EFICIENCIA L6	0,74	0,72	0,65	0,74	0,84	0,88	0,77	0,63	0,73	0,77	0,71	0,84	0,75
DETALLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	TOT. AÑO
PRODUCTIVIDAD L2	151	176	240	172	217	206	222	219	184	193	156	166	202
PRODUCTIVIDAD L5	241	298	297	285	312	326	390	344	321	335	270	302	318
PRODUCTIVIDAD L6	369	358	400	369	359	445	450	420	404	472	414	436	412



ANEXO I

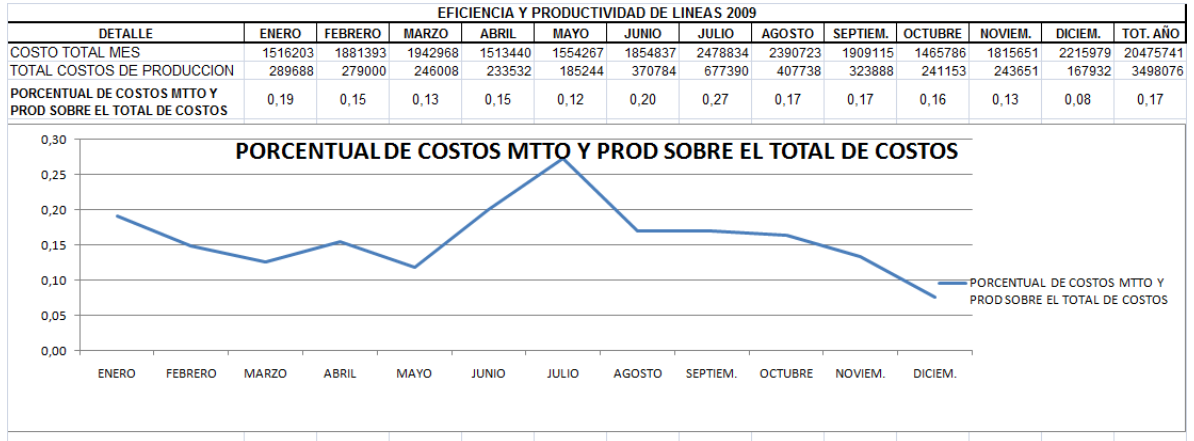
PORCENTUAL DE COSTOS MANTENIMIENTO Y PRODUCCION SOBRE EL TOTAL DE COSTOS 2008

PORCENTUAL DE COSTOS MTTTO Y PROD SOBRE EL TOTAL DE COSTOS 2008													
DETALLE	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIE	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	TOT AÑO
TOTAL COSTOS PROD/MTTO	364922	311199	224831	373569	303159	355364	299630	250744	416559	386831	258544	260502	3805854
COSTO TOTAL MES	2077301	2043791	1693979	2173220	2151420	1970736	2081675	1824339	2523933	1918412	1560233	1613462	23632501
PORCENTUAL DE COSTOS MTTTO Y PROD SOBRE EL TOTAL DE COSTOS	0,18	0,15	0,13	0,17	0,14	0,18	0,14	0,14	0,17	0,20	0,17	0,16	0,16



ANEXO J

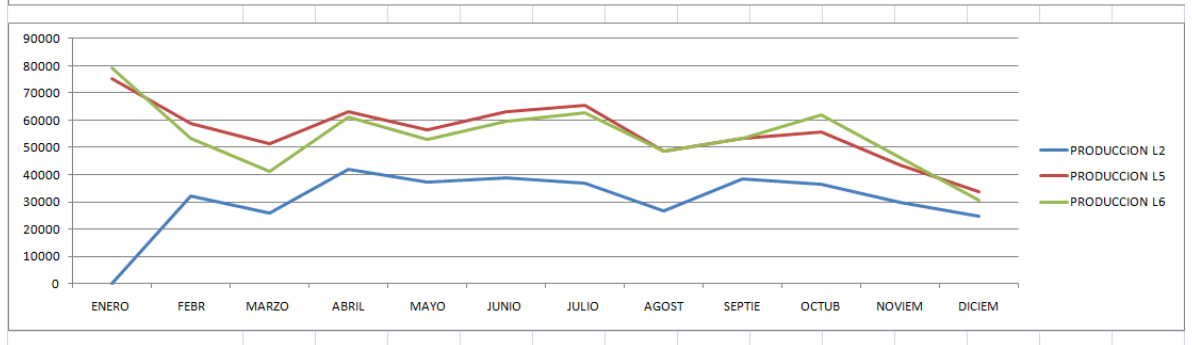
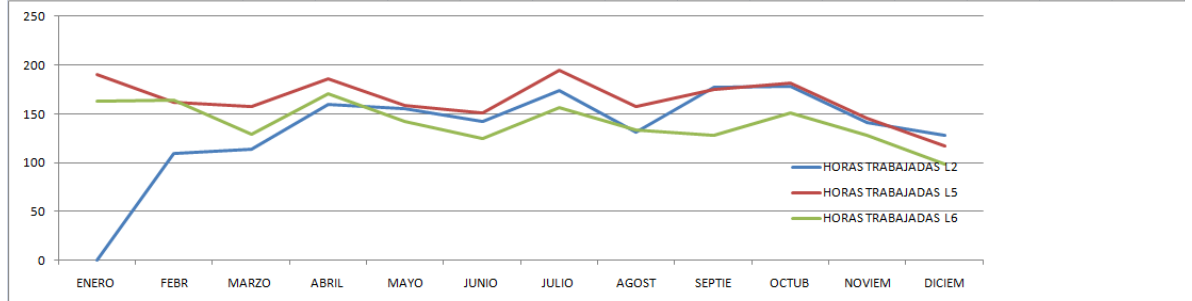
PORCENTUAL DE COSTOS MANTENIMIENTO Y PRODUCCION SOBRE EL TOTAL DE COSTOS 2009



ANEXO K

HORAS TRABAJADAS Vs. PRODUCCION 2008

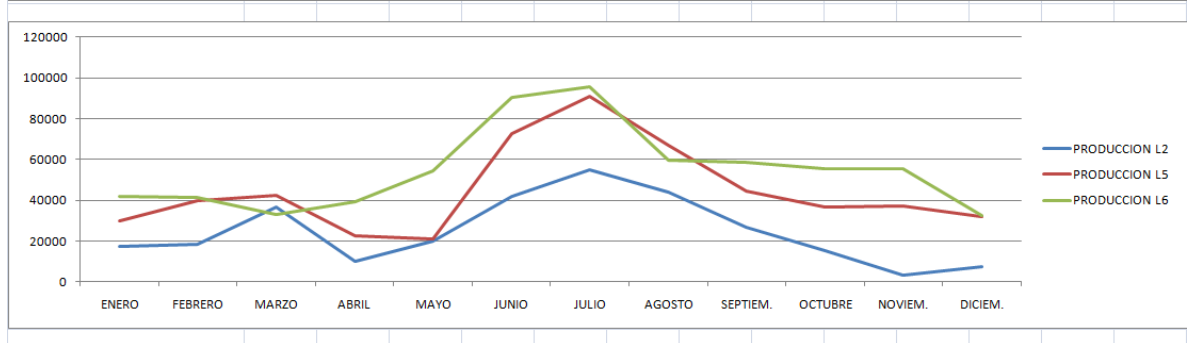
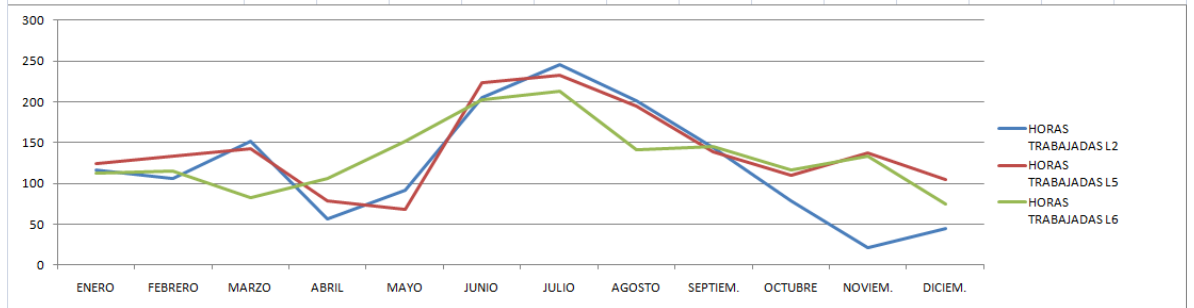
PORCENTUAL DE COSTOS MTTTO Y PROD SOBRE EL TOTAL DE COSTOS 2008													
DETALLE	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIE	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	TOT AÑO
HORAS TRABAJADAS L2	0	109,4	114	159,7	155,6	142	174	131	177	178	141	128	1610
HORAS TRABAJADAS L5	190	162	158	186	159	151	195	157	175	182	146	117	1978
HORAS TRABAJADAS L6	163	164	129	171	142	125	156	134	128	151	128	98	1689
DETALLE	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIE	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	TOT AÑO
PRODUCCION L2	0	32370	25731	42078	37123	38678	36696	26877	38467	36550	29911	24782	369.263
PRODUCCION L5	75200	58944	51376	63210	56462	63080	65601	48548	53370	55565	43713	33607	668.676
PRODUCCION L6	79250	53371	41134	61177	52850	59520	62668	48508	53251	62064	46439	30754	650.986



ANEXO L


HORAS TRABAJADAS Vs. PRODUCCION 2009


EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LINEAS 2009													
DETALLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	TOT. AÑO
HORAS TRABAJADAS L2	116	106	152	57	91	205	246	201	144	78	21	44	1417
HORAS TRABAJADAS L5	124	134	143	79	68	223	233	195	139	110	137	105	1585
HORAS TRABAJADAS L6	113	115	83	106	151	203	213	141	145	117	134	74	1521
DETALLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEM.	DICIEM.	TOT. AÑO
PRODUCCION L2	17466	18609	36533	9789	19769	42047	54651	44060	26553	15044	3278	7322	287799
PRODUCCION L5	29874	39953	42510	22482	21226	72729	90927	67042	44615	36876	36948	31681	505182
PRODUCCION L6	41652	41195	33205	39092	54205	90224	95842	59373	58522	55274	55522	32294	624106



ANEXO M

ACTA DE CONSTITUCION DE PROYECTO

ACTA DE PROYECTO						
	Gestor de Proyectos : DIEGO IBARBO	Fecha de Iniciación	abr-10			
	RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO	Fecha de Terminación	dic-10			
IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO						
Nombre del Proyecto		PLAN MACRO DE MANTENIMIENTO				
Código de Identificación del Proyecto		GASA 006-2010				
INFORMACIÓN GENERAL						
Clasificación del Proyecto						
TIPO DE OPORTUNIDAD	BO <input type="checkbox"/>	BC <input checked="" type="checkbox"/>	PR <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	O <input type="checkbox"/>	CONVENCIONES BO = OPORTUNIDAD DE NEGOCIO BC = CONTINUACIÓN DEL NEGOCIO PR = LEGAL E = ESTUDIOS O = OTROS
ESTADO DEL PROYECTO	INICIACIÓN <input type="checkbox"/>	PLANEACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	EJECUCIÓN <input type="checkbox"/>	TERMINACIÓN <input type="checkbox"/>		
TIPO DE PROYECTO POR INVERSIÓN	GRAN INVERSIÓN <input type="checkbox"/>	MEDIANA INVERSIÓN <input type="checkbox"/>	PEQUEÑA INVERSIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	ESPECIAL <input type="checkbox"/>		
COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	COP		USD		TRM	
AGENDA DE APROBACIÓN DE COMITÉ	INICIACIÓN		PLANEACIÓN	EJECUCIÓN	TERMINACIÓN	
APROBACIÓN DE PRESUPUESTO	COP					
	USD					
FECHAS						
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO						
OBJETIVO:						
OBJETIVO: • Realizar un análisis del impacto que tiene la implementación de una estrategia CMD de mantenimiento en los costos de producción y la gestión del departamento de mantenimiento de la Gravillera Albania s.a. planta Tabio.						
PERSPECTIVAS Y ESTRATEGIA						
Debido a la misión, visión, políticas y objetivos corporativos de la compañía se hace necesario el establecimiento de estrategias de mantenimiento que garanticen el estado de funcionamiento, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad necesarias para alcanzar la maximización de la vida útil de los mismos a los mínimos costos y con mínimas pérdidas de producción, esto se logra a través de la reducción de tiempos perdidos en producción por causas de mantenimiento. Las estrategias a utilizar serán metodologías CMD, procesos de capacitación, implementación de plan de mantenimiento para los sistemas de producción.						
JUSTIFICACIÓN						
Los tiempos perdidos durante la producción hace que se tenga un componente importante de pérdidas, costos que analizados representan un componente importante al cual atacar para reducir las pérdidas de producción, aumentar la eficiencia, productividad y disponibilidad de las líneas de trituración.						
ANTECEDENTES						
No existen antecedentes de implementaciones de planes estratégicos de mantenimiento en la compañía. Existen acciones que se han tomado para llevar y registrar algunos datos que sirven de base para realizar o llevar a cabo el presente proyecto.						
ALTERNATIVAS						
EN CASO DE NO REALIZARSE ESTE PROYECTO						
N/A						
ALCANCE						
N/A						
RELACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE LA EMPRESA						
LICENCIAS Y PERMISOS REQUERIDOS						
PLAN DE GESTIÓN DE PROPIEDADES (SE REQUIERE ADQUIRIR PROPIEDADES?)						
N/A						
ANÁLISIS DE RIESGOS						
N/A						
PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS						
NO REPRESENTA RIESGOS YA QUE ES UN PROYECTO DE ORGANIZACIÓN Y DE CAMBIO CULTURAL						
IDENTIFICACIÓN DE PARTES INTERESADAS						
GRAVILLERA ALBANIA S.A.						
PROCESOS DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN						
PROCESO DE ABASTECIMIENTO						
PROVEEDORES						
TIPO DE CONTRATACIÓN Y ESTRATEGIAS DE PAGO						
SE SEGUIRAN LOS LINEAMIENTOS DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO.						
ANÁLISIS FINANCIERO						
ESTIMADOS: INICIALMENTE NO HAY COSTOS ESTIMADOS DE INVERSIÓN.						
PRESUPUESTO	NO SE REQUIERE INICIALMENTE PARA EL ARRANQUE DE PROYECTO				Convenciones VPN = Valor Presente Neto IRR = Ratio Retorno Interno EFI = Eficiencia de la inversión	
CICLO DE VIDA:	[]					
ESTÉ PROYECTO ES PARA QUE LA EMPRESA TENGA PROCEDIMIENTOS Y METODOLOGÍAS EN EL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO.						
B/C = Ratio costo-beneficio						

TIPO DE OPORTUNIDAD	INDICADORES FINANCIEROS	INICIACIÓN	PLANEACIÓN	EJECUCIÓN	TERMINACIÓN	OPERACIÓN
OPORTUNIDAD DE NEGOCIO	VPN					
	TIR					
	EFI					
CONTINUACIÓN DE NEGOCIO/LEGAL/ESTUDIOS	B/C					
CONCEPTO FINANCIERO						
RESUMEN DE CALENDARIO DE HITOS						
RESUMEN DE HITOS						
PLAN DE CAPACITACION: VER CRONOGRAMA DE CAPACITACION.						
PLAN DE IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA: MAYO/2010 A DIC/2010						
PLANES DE MANTENIMIENTO: INICIO JUNIO/2010						
PLAN DE ACTIVIDADES CRITICAS						
SUPUESTOS AMBIENTALES Y ORGANIZACIONALES						
N/A						
CRITERIOS DE ÉXITO						
LA CAPACITACION TECNICA ES UN FACTOR IMPORTANTE Y CLAVE PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO y LA CONFORMACION DE GRUPOS DE TRABAJO PARA DESARROLLAR LA DIFERENTES ACTIVIDADES EN LA IMPLEMENTACION DEL PLAN						
EQUIPO DE PROYECTO						
INGENIERO DE MANTENIMIENTO DIRECTOR DE OBRA						
AUTORIDAD						
AUTORIZACIÓN						
GERENTE GENERAL						
COMITÉ DIRECTIVO						
NO APLICA						
CONTROLES						
SEGUIMIENTO SEMANAL POR PARTE DE LA DIRECCION DE OBRA Y LA GERENCIA GENERAL, EN REUNION DE GRUPO PRIMARIO Y SEGUIMIENTO A PROYECTOS.						
DIRECTOR DE PROYECTO						
DIEGO IBARBO						
						
Acepta :						
POSICIÓN :	DIRECTOR PLANTA TABIO					
NOMBRE :	DIEGO IBARBO	FIRMA				
Vo. Bo. PMO						
POSICIÓN : GESTOR DE PROYECTOS						
NOMBRE :	DIEGO IBARBO	FIRMA				
Vo. Bo. GERENCIA GENERAL						
Aprobado por						
POSICIÓN :	GERENTE GENERAL					
NOMBRE :	ALEXANDRA GREIDINGER	FIRMA				

ANEXO N

ANALISIS DE DATOS 2009 - 2010

Análisis para el año 2009					
Porcentaje de paros en producción por mantenimiento	Tiempo de paro	Productividad Ton/hr	Perdidas por producción	\$/Ton promedio	Perdidas por paros
El 30 % de los paros en el 2009 son debidas a fallas mecanicas en la linea 2	74,15	200	14830	31602	\$ 468.657.660
El 10 % de los paros en el 2009 son debidos a bombas en la linea 2	23,5	200	4700	31602	\$ 148.529.400
El 9 % de los paros en el 2009 son debidos a bandas en la linea 2	21,6	200	4320	31602	\$ 136.520.640
El 7 % de los paros en el 2009 son debidos a fallas electricas en la linea 2	18	200	3600	31602	\$ 113.767.200
	137,25				\$ 867.474.900
El 36 % de los paros en el 2009 son debidas a fallas por carga en la linea 5	117,6	300	35280	31602	\$ 1.114.918.560
El 29 % de los paros en el 2009 son debidas a fallas mecanicas en la linea 5	94,5	300	28350	31602	\$ 895.916.700
El 7 % de los paros en el 2009 son debidos a fallos electricos en la linea 5	24,1	300	7230	31602	\$ 228.482.460
El 6 % de los paros en el 2009 son debidos a fallos en bandas en la linea 5	19,1	300	5730	31602	\$ 181.079.460
El 5 % de los paros en el 2009 son debidos a fallos en bombas en la linea 5	16,7	300	5010	31602	\$ 158.326.020
	154,4				\$ 2.578.723.200
El 31 % de los paros en el 2009 son debidos a fallas mecanicas en la linea 6	165,5	400	66200	31602	\$ 2.092.052.400
El 17 % de los paros en el 2009 son debidos a bandas en la linea 6	92,2	400	36880	31602	\$ 1.165.481.760
El 17 % de los paros en el 2009 son debidas a fallas por carga en la linea 6	89	400	35600	31602	\$ 1.125.031.200
El 6 % de los paros en el 2009 son debidas a fallas electricas en la linea 6	33,7	400	13480	31602	\$ 425.994.960
El 5 % de los paros en el 2009 son debidas a fallas por bombas en la linea 6	25,4	400	10160	31602	\$ 321.076.320
	316,8				\$ 5.129.636.640
TOTAL PERDIDAS POR EL AÑOS 2009 EN PAROS POR CAUSAS DE MANTENIMIENTO					\$ 8.575.834.740
Análisis para el 1er trimestre año 2010					
El 36 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas mecanicas en la linea 2	12	200	2400	32349	\$ 77.637.600
El 9 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas electricas en la linea 2	3	200	600	32349	\$ 19.409.400
El 8 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas por bombas en la linea 2	2,5	200	500	32349	\$ 16.174.500
El 3 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas por bandas en la linea 2	1	200	200	32349	\$ 6.469.800
	18,5				\$ 119.691.300
El 28,8 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas mecanicas en la linea 5	11,7	300	3510	32349	\$ 113.544.990
El 12 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas por bandas en la linea 5	4,8	300	1440	32349	\$ 46.582.560
El 7 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas por bombas en la linea 5	2,7	300	810	32349	\$ 26.202.690
El 6 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas por electricas en la linea 5	2,4	300	720	32349	\$ 23.291.280
	21,6				\$ 209.621.520
El 14,7 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas electricas en la linea 6	9,5	450	4275	32349	\$ 138.291.975
El 12,6 % de los paros en el 2010 son debidos a fallas mecanicas en la linea 6	8,2	450	3690	32349	\$ 119.367.810
El 11,4 % de los paros en el 2010 son debidos a bandas en la linea 6	7,4	450	3330	32349	\$ 107.722.170
El 5 % de los paros en el 2010 son debidas a fallas por bombas en la linea 6	3,2	450	1440	32349	\$ 46.582.560
	28,3				\$ 411.964.515
Según los datos anteriores del primer trimestre se han reducido las paradas, si se pronostica en los proximos 3 trimestres disminuir o por lo menos mantener el promedio de tiempos de paro obtendremos lo siguiente:					
Para la linea 2 los tiempos de paro deben ser menores a $18,5 \times 4 =$	74	200	14800	32349	\$ 478.765.200
Para la linea 5 los tiempos de paro deben ser menores a $21,6 \times 4 =$	86,4	300	25920	32349	\$ 838.486.080
Para la linea 6 los tiempos de paro deben ser menores a $28,3 \times 4 =$	113,2	450	50940	32349	\$ 1.647.858.060
TOTAL PERDIDAS POR EL AÑOS 2010 EN PAROS POR CAUSAS DE MANTENIMIENTO					\$ 2.965.109.340
PORCENTAJE PROPUESTO EN REDUCCION DE PARO POR MANTENIMIENTO					65,42%
AHORROS ESPERADOS PARA EL AÑO 2010					\$ 5.610.725.400