

**IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE PMX PRO PARA LA GESTION DE  
MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.**

**FREDDY LEONARDO PRADA PEREZ  
JUAN CARLOS REYES VILLAMIZAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2014**

**IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE PMX PRO PARA LA GESTION DE  
MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.**

**FREDDY LEONARDO PRADA PEREZ  
JUAN CARLOS REYES VILLAMIZAR**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico**

**Director  
PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO  
MSc. Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todopoderoso por sus bendiciones y la resistencia a las adversidades.

A la Universidad Industrial de Santander y al cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica por las enseñanzas recibidas.

Al Ingeniero Pedro José Díaz Guerrero por su apoyo, orientación, respaldo y motivación para la realización de este proyecto.

Al Gerente general de Ladrillos y Tubos Ltda Roberto Parra Stunkel, por permitirnos hacer parte de su empresa y desarrollar nuestro proyecto.

A todo el personal administrativo y de producción de Ladrillos y Tubos Ltda por su cooperación y buena disposición.

A nuestros familiares, amigos y compañeros que son con sus aportes y paciencia, guiaron una etapa de aprendizaje y dedicación.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	21
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	22
1.1 RESEÑA HISTORICA	22
1.2 MISIÓN	23
1.3 VISIÓN	23
1.5 PRINCIPIOS Y VALORES	24
1.6 OBJETIVOS DE LA CALIDAD	24
1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	25
1.8 PLANTA DE PRODUCCIÓN	26
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACION PARA LADRILLOS Y TEJAS	30
2.1 EXTRACCIÓN Y MEZCLA DE LA MATERIA PRIMA.	31
2.2 CARGUE Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.	32
2.3 MOLIENDA DE ARCILLA	34
2.4 MOLDEO, EXTRUSADO Y CORTE.	35
2.5 SECADO Y TRANSPORTE.	37
2.6 COCCIÓN Y QUEMA DE LADRILLO.	39
2.7 ENFRIAMIENTO Y DESCARGUE DE LOS HORNOS.	41
2.8 MOLIENDA DE CARBÓN	42
3. ESTADO INICIAL DE LADRILLOS Y TUBOS LTDA – DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE ESTRATEGIA.	44
3.1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	45
3.1.1. Objetivos Generales	45
3.1.2. Objetivos Específicos	45
3.2 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	46

3.3 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LADRILLOS Y TUBOS LTDA.	48
3.3.1 Inventario	48
3.3.2 Descripción del taller de mantenimiento	51
3.3.3 Descripción almacén de repuestos	51
3.3.4 Curso de acciones de mantenimiento de ladrillos y tubos	52
3.4 DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO EN LADRILLOS Y TUBOS LTDA.	56
3.5 SELECCIÓN DE ESTRATEGIA	57
3.5.1 Análisis de Pareto	57
3.5.2 Análisis de causa y efecto	60
3.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	63
4. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	65
4.1 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM	66
4.1.1 Equipo RCM para ladrillos y tubos	67
4.2 HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL RCM	68
4.3 ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	69
4.3.1 Frecuencia de fallas	69
4.3.2 Consecuencia	70
4.3.3 Matriz de criticidad.	72
4.3.4 Resultados del análisis de criticidad	73
4.3.5 Resultados de la matriz de criticidad	80
4.4 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO	82
4.5 HOJA DE DECISION	86
4.5.1 Diagrama de Decisiones.	86
4.5.2 La Hoja De Información.	87
4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO	90
4.6.1 Niveles de mantenimiento	91
4.6.2 Acciones a falta de	93
4.7 ANÁLISIS DE EQUIPOS CRÍTICOS	93
4.7.1 Retroexcavadora Caterpillar 312D	93
4.7.2 Laminador LA – 6	110

4.7.3 Cargador Caterpillar 930	123
4.7.4 Sacapiedras BONGIOANNI	138
4.7.5 Cortadora automática	152
5. ANALISIS DE COSTOS, EFECTO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO EN LA RENTABILIDAD DE LADRILLOS Y TUBOS LTDA.	165
5.1 ANALISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO	165
5.1.1 Cálculo de valores de punto de equilibrio	166
5.2 CÁLCULO DE O. E. E.	170
5.2.1 Cálculo de O. E. E. ladrillos y tubos Ltda	172
5.3 ANALISIS DE DISPONIBILIDAD CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS	173
5.3.1 Retroexcavadora Caterpillar 312D	173
5.3.2 Laminador LA – 6	174
5.3.3 Cargador Caterpillar 930	176
5.3.4 Saca piedra Bongioanni	177
5.3.5 Cortadora Automática	179
5.4 CÁLCULO DE O. E. E. PARA LADRILLOS Y TUBOS CON METODOLOGÍA RCM IMPLANTADA	181
5.4.1 Influencia de los equipos críticos en el O. E. E. de la planta	182
5.5 ANALISIS DE COSTOS – NUEVO PUNTO DE EQUILIBRIO	183
6. SOFTWARE PMX PRO DE MANTENIMIENTO	185
6.1 DESARROLLO DEL SOFTWARE	186
6.1.1 Prestación del servicio	186
6.1.2 Desarrollo del sistema de servicio	186
6.2 LOCALIZACIONES	187
6.3 EMPLEADOS	189
6.4 DEPARTAMENTOS	190
6.5 EQUIPOS	191
6.5.1 Codificación	191
6.5.2 Estado	192

6.5.3 Prioridad	192
6.6 ORDENES DE TRABAJO	193
6.7 CATÁLOGOS	194
6.8 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	196
7. CONCLUSIONES	198
8. RECOMENDACIONES	200
BIBLIOGRAFIA	202
ANEXOS	204

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Zona de Selección de Ladrillos	22
Figura 2. Estructura Organizacional de la empresa Ladrillos y Tubos Ltda.	25
Figura 3. Mina de Arcilla de Ladrillos y Tubos Ltda.	26
Figura 4. Sitios de almacenamiento.	28
Figura 5. Vista de la Planta de la Fábrica	29
Figura 6. Proceso de Producción de Ladrillos y Tubos Ltda.	30
Figura 7. Retroexcavadora 312 Caterpillar.	32
Figura 8. Cargador 930G Caterpillar	33
Figura 9. Saca – piedra Bongioanni	34
Figura 10. Laminador Morando LA – 6	35
Figura 11. Extrusora Morando Súper MVP-5	36
Figura 12. Cortadora Automática.	36
Figura 13. Cortadora Manual	37
Figura 14. Ventilador marca Big Ass Fans.	37
Figura 15. Ventilador de Secado Natural.	38
Figura 16. A) Cámara de Secado. Figura B) Hornilla quemadora de Carbón	38
Figura 17. Ventilador Móvil.	39
Figura 18. Horno Hoffman	40
Figura 19. Carbojet	40
Figura 20. Ventilador Centrífugo.	41
Figura 21.A) Montacarga Caterpillar VC60D	42
Figura 21.B) Pinza Hyundai HDF-30	42
Figura 22. Moledoras de Carbón.	43
Figura 23. Desarrollo del Mantenimiento de Ladrillos y Tubos Ltda.	53
Figura 24. Diagrama De Pareto Ladrillos Y Tubos Ltda (Calidad)	59
Figura 25. Diagrama De Causa Y Efecto Ladrillos Y Tubos Ltda.	61

Figura 26. Diagrama De Pareto Ladrillos y Tubos (Maquinaria)	63
Figura 27. Mantenimiento Planeado	65
Figura 28. Matriz de Criticidad	72
Figura 29. Matriz de Criticidad de Ladrillos y Tubos.	81
Figura 30. Árbol Lógico de Decisiones de las Actividades de Mantenimiento.	87
Figura 31. Retroexcavadora Caterpillar 312D	94
Figura 32. Partes Retroexcavadora 312D	96
Figura 33. Dimensiones Retroexcavadora 312D	97
Figura 34. Partes del Laminador LA – 6	111
Figura 35. Motor de Laminador LA – 6	113
Figura 36. Partes del Cargador Caterpillar 930G	124
Figura 37. Cargador Caterpillar 930G	126
Figura 38. Partes Sacapiedras Bongioanni	139
Figura 39. Plano del Sacapiedras Bongioanni	141
Figura 40. Cortadora Automática	153
Figura 41. Partes Cortadora Automática	155
Figura 42. Gráfica de Punto de Equilibrio Ladrillos y Tubos Ltda.	169
Figura 43. Curva de Confiabilidad Retroexcavadora 312D	173
Figura 44. Curva de Mantenibilidad Retroexcavadora 312D	173
Figura 45. Curva de Disponibilidad Retroexcavadora 312D	174
Figura 46. Curva de Confiabilidad Laminador LA – 6	174
Figura 47. Curva de mantenibilidad Laminador LA – 6	175
Figura 48. Curva de Disponibilidad Laminador LA – 6	175
Figura 49. Curva de Confiabilidad Cargador 930H	176
Figura 50. Curva de Mantenibilidad Cargador 930H	176
Figura 51. Curva de Disponibilidad Cargador 930H	177
Figura 52. Curva de Confiabilidad Saca piedra Bongioanni	177
Figura 53. Curva de Mantenibilidad Saca piedra Bongioanni	178
Figura 54. Curva de Disponibilidad Saca piedra Bongioanni	178
Figura 55. Curva de Confiabilidad Cortadora Automática	179

Figura 56. Curva de Mantenibilidad Cortadora Automática	179
Figura 57. Curva de Disponibilidad Cortadora Automática	180
Figura 58. Gráfica de punto de equilibrio después de implementación de software PMX – PRO implementado y metodología RCM implantada	183
Figura 59. Plataforma de inicio del software PMX PRO	186
Figura 60. Formato de ingreso de localización nueva.	188
Figura 61. Listado de localizaciones en Ladrillos y Tubos Ltda.	188
Figura 62. Empleados de la Empresa Ladrillos y Tubos Ltda.	189
Figura 63. Departamentos de la Empresa Ladrillos y Tubos Ltda en el software.	191
Figura 64. Registro de un Equipo	193
Figura 65. Generación de una orden de trabajo	194
Figura 66. Ejemplo de códigos de falla para compresor Puska	195
Figura 67. Misceláneas de la sección de catálogos.	196
Figura 68. Formato de instrucción nueva para mantenimiento preventivo	197

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Sección Molienda de Arcilla.	49
Tabla 2. Sección, Humidificación, Amasado y Corte	49
Tabla 3. Sección Secado y Quema de Ladrillo	50
Tabla 4. Sección Transporte y Preparación de Arenas, Equipo Diesel	50
Tabla 5. Problemas de Calidad del Ladrillo	58
Tabla 6. Problemas de Calidad y sus Causas	60
Tabla 7. Problemas de la Maquinaria de Ladrillos y Tubos Ltda.	62
Tabla 8. Criterios de Frecuencia de Fallas.	70
Tabla 9. Criterios de Consecuencia	71
Tabla 10. Resultados del análisis de criticidad por secciones.	74
Tabla 11. Organización de los Equipos por Criticidad y Jerarquización.	78
Tabla 12. Severidad de los Efectos en un Proceso AMEF	84
Tabla 13. Ocurrencia del incidente en un proceso AMEF	85
Tabla 14. Detección de una causa del modo de fallo en un proceso AMEF	85
Tabla 15. Hoja de Información.	88
Tabla 16. Formato de Hoja de Toma de Decisiones.	89
Tabla 17. Niveles del Plan de Mantenimiento Propuesto	91
Tabla 18. Contexto Operacional Retroexcavadora 312D	94
Tabla 19. AMEF de Retroexcavadora 312 Caterpillar	98
Tabla 20. Hoja De Información Retroexcavadora 312 Caterpillar	101
Tabla 21. Hoja De Decisiones Retroexcavadora 312 Caterpillar	103
Tabla 22. Cronograma De Actividades Retroexcavadora 312 Caterpillar	105
Tabla 23. Mantenimiento para Retroexcavadora 312 Caterpillar	106
Tabla 24. Plan Detallado de Trabajo.	109
Tabla 25. Acciones a falta de Retroexcavadora 312 Caterpillar	110

Tabla 26. Contexto Operacional Laminador LA – 6	111
Tabla 27. AMEF de Laminador LA – 6	114
Tabla 28. Hoja de Información Laminador LA - 6	117
Tabla 29. Hoja de Decisiones Laminador LA – 6	119
Tabla 30. Cronograma de Actividades Laminador LA – 6	121
Tabla 31. Mantenimiento para Laminador LA – 6	122
Tabla 32. Acciones a falta de Laminador LA – 6	123
Tabla 33. Contexto Operacional Cargador Caterpillar 930G	125
Tabla 34. AMEF de Cargador Caterpillar 930G	127
Tabla 35. Hoja De Información Cargador 930GCaterpillar	130
Tabla 36. Hoja De Decisiones Cargador 930GCaterpillar	132
Tabla 37. Cronograma De Actividades Cargador Caterpillar 930G	135
Tabla 38. Mantenimiento para Cargador Caterpillar 930G	136
Tabla 39. Acciones a falta de Cargador Caterpillar 930G	138
Tabla 40. Contexto Operacional Sacapiedras Bongioanni	139
Tabla 41. Características Técnicas Saca piedras Bongioanni	140
Tabla 42. Dimensiones Sacapiedras Bongioanni	141
Tabla 43. AMEF de Sacapiedras Bongioanni	143
Tabla 44. Hoja De Información Sacapiedras Bongioanni	146
Tabla 45. Hoja De Decisiones Sacapiedras Bongioanni	148
Tabla 46. Cronograma De Actividades Saca Piedras Bongioanni	150
Tabla 47. Mantenimiento para Saca Piedras Bongioanni	151
Tabla 48. Acciones a falta de Saca Piedras Bongioanni	152
Tabla 49. Contexto Operacional Cortadora Automática	153
Tabla 50. AMEF de Cortadora Automática	156
Tabla 51. Hoja De Información Cortadora Automática.	159
Tabla 52. Hoja De Decisiones de Cortadora Automática	160
Tabla 53. Cronograma De Actividades Cortadora Automática	162
Tabla 54. Acciones a falta de Cortadora Automática	163
Tabla 55. Costos Variables	166

Tabla 56. Costos Variables – Costo financiero	166
Tabla 57. Costos Variables – Costo de fallo	166
Tabla 58. Costos Fijos	166
Tabla 59. Datos financieros Ladrillos y Tubos Ltda.	167
Tabla 60. Clasificación de O. E. E.	171
Tabla 61. Datos de Productividad Ladrillos y Tubos LTDA	172
Tabla 62. O.E.E. antes de RCM	182
Tabla 63. O.E.E. después de RCM	182
Tabla 64. Departamentos de la Empresa Ladrillos y Tubos Ltda.	190

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Ordenes de trabajo	204
ANEXO B. Hojas técnicas	207
ANEXO C. Plan detallado de trabajo (PDT)	215

## RESUMEN

**TITULO:** IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE PMX PRO PARA LA GESTION DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA\*

**AUTORES:** Freddy Leonardo Prada Pérez\*\*  
Juan Carlos Reyes Villamizar

**PALABRAS CLAVES:** RCM, Mantenimiento preventivo, Sistema de Información.

### DESCRIPCION:

La finalidad de este proyecto de grado es estructurar un programa de mantenimiento para la empresa Ladrillos y Tubos Ltda., basado en la metodología RCM que le permita incrementar sus niveles de productividad y rentabilidad.

La realización de este programa inició con un diagnóstico de la calidad del ladrillo como producto final en el proceso de fabricación, se estableció la incidencia de la maquinaria y los equipos en dicho parámetro el cual es crucial para la posición de la empresa en el mercado regional y nacional; seguidamente se decidió efectuar un análisis de criticidad a los equipos de las líneas de molienda, amasado, humidificado, laminado, extrusión y transporte, lo cual permitió establecer los equipos que tienen más peso dentro del aparato productivo de Ladrillos y Tubos teniendo en cuenta su posición en la línea de fabricación y sus necesidades de mantenimiento.

A continuación se implementó una metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad en la cual se decretaron las acciones preventivas y predictivas que permitirán incrementar la disponibilidad de los equipos y también se efectuó un análisis de punto de equilibrio teniendo en cuenta los costos asociados al mantenimiento lo cual definió el impacto de las acciones decretadas en el plan elaborado sobre las utilidades.

Posteriormente se implementó un sistema de información PMX – PRO con el objetivo de agilizar el flujo de información relacionada con el mantenimiento y hacer más efectivo el cumplimiento de las tareas decretadas.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director Pedro José Díaz Guerrero

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF PMX PRO SOFTWARE FOR MAINTENANCE MANAGEMENT FOR THE COMPANY LADRILLOS Y TUBOS LTDA.

**AUTHORS:** Freddy Leonardo Prada Pérez\*\*  
Juan Carlos Reyes Villamizar

**KEYWORDS:** RCM, Preventive Maintenance, Information System.

### DESCRIPTION:

The purpose of this degree draft is to structure a maintenance program for the company Ladrillos y Tubos Ltd, based in the RCM methodology that allows it to increase its productivity and profitability levels.

The making of this program started with a brick quality diagnostic as final product in the manufacturing process , it was established the incidence of machinery and equipments in that parameter which is crucial to the company position in the regional and national market; then, it was decided to carry out an analysis of criticism to the grinding, kneading, humidified , rolling, extrusion and transportation line equipments, which allowed establishing the equipments that have more weight in the productive apparatus of bricks and pipes given its position in the production line and their maintenance needs .

Then, it was implemented a methodology of reliability centered maintenance in which preventive and predictive actions were decreed, that will increase the availability of equipment and also, it was made a breakeven analysis taking into account the costs associated with maintenance which defined the impact of the measures enacted in the plan drawn on profits.

Later, it was implemented a PMX – PRO information system in order to streamline the flow of information related to the maintenance and to make more effective the compliance of the enacted tasks.

---

\* Degree Draft

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Director Pedro José Díaz Guerrero

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de equipos tiene por objeto garantizar una posición competitiva de las organizaciones de tipo industrial dentro del mercado en el cual desarrollan su misión y visión, es así como la competitividad empresarial está asociada con la disponibilidad de los equipos, la confiabilidad en el desempeño deseado y en conjunto al óptimo comportamiento de estos indicadores, se encuentran requerimientos de seguridad y medio ambiente.

Este trabajo de grado introduce uno de los nuevos paradigmas del mantenimiento, la metodología denominada RCM (Reliability Centered Maintenance) o mantenimiento centrado en confiabilidad, la cual es propicia para el desarrollo de un esquema de trabajo ágil y oportuno en cuanto a la ejecución de las tareas y actividades, favoreciendo la competitividad y el buen comportamiento de los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad.

Ladrillos y Tubos Ltda, ha empezado a tomar acciones desde la alta gerencia, orientadas hacia la mejora de sus niveles de productividad y rentabilidad; es así como ha optado por implantar esta metodología, con el fin de incrementar el desempeño deseado, optimizar sus acciones de mantenimiento y buscar un nuevo camino en busca de no equivocarse en las acciones de mejora. Este proceso incluye la implementación del software PMX PRO, como sistema de información que, dado el nuevo contexto productivo de la empresa, haga más rápido el flujo de la misma, así como la evaluación y control de la metodología.

## 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 1.1 RESEÑA HISTORICA

Ladrillos y Tubos Ltda., fue fundada en 1.962 y es especializada en producir materiales de arcilla para el sector de la construcción. Incursiono en el mercado con el desarrollo de su planta en el Municipio de Girón, Santander, a las afueras de la ciudad de Bucaramanga, en donde los yacimientos de arcilla se caracterizan por sus excelentes cualidades para aprovechamiento industrial. Por tal motivo se promovió la creación de una empresa que fabricara ladrillo de buena calidad y que pudiera abastecer la creciente demanda de la ciudad.

**Figura 1. Zona de Selección de Ladrillos**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

En la última década el arte cerámico no ha envejecido ni caído en desuso, por el contrario se ha diversificado con técnicas propias y la alta calidad de sus arcillas. Lo que antes eran tejares o chircales arrebatados por el olvido, se han renovado con el secado artificial en las cámaras de aceleración, en los hornos tipo Hoffman que con inmensa capacidad de producción han superado los antiguos hornos de fuego invertido.

La empresa ha crecido a través del tiempo introduciendo nuevas tecnologías y equipos que la han llevado a ser la empresa líder en la proveeduría de insumos de arcilla de óptima calidad, para obra negra y acabados en la industria de la construcción del oriente colombiano.

En Ladrillos y Tubos Ltda., se cumplen 52 años diseñando productos tradicionales para muros, pisos, entrepisos y cubiertas, los más usuales han sido H7, H10, H12, H15, E9, E11, tejas, adoquines de pisos, extrublock y rejillas para decoraciones.

## **1.2 MISIÓN**

Es la satisfacción de nuestros clientes a través del liderazgo en la proveeduría de insumos de arcilla para obra negra y acabados en la industria de la construcción.

## **1.3 VISIÓN**

Ser la compañía en el sector de la Arcilla, preferida por nuestros clientes en las Américas, combinando soluciones constructivas innovadoras con servicio y eficiencia operativa a lo largo de nuestra cadena de valor, garantizando el crecimiento y sostenibilidad del negocio.

## **1.5 PRINCIPIOS Y VALORES**

- Calidad del producto.
- Personal Idóneo.
- Conocimiento del mercado.
- Imagen de la empresa.
- Estructura financiera sólida.
- Capacitación industrial adecuada.

## **1.6 OBJETIVOS DE LA CALIDAD**

Para satisfacer y respaldar los requerimientos de la política de calidad, la empresa plantea los siguientes objetivos claves:

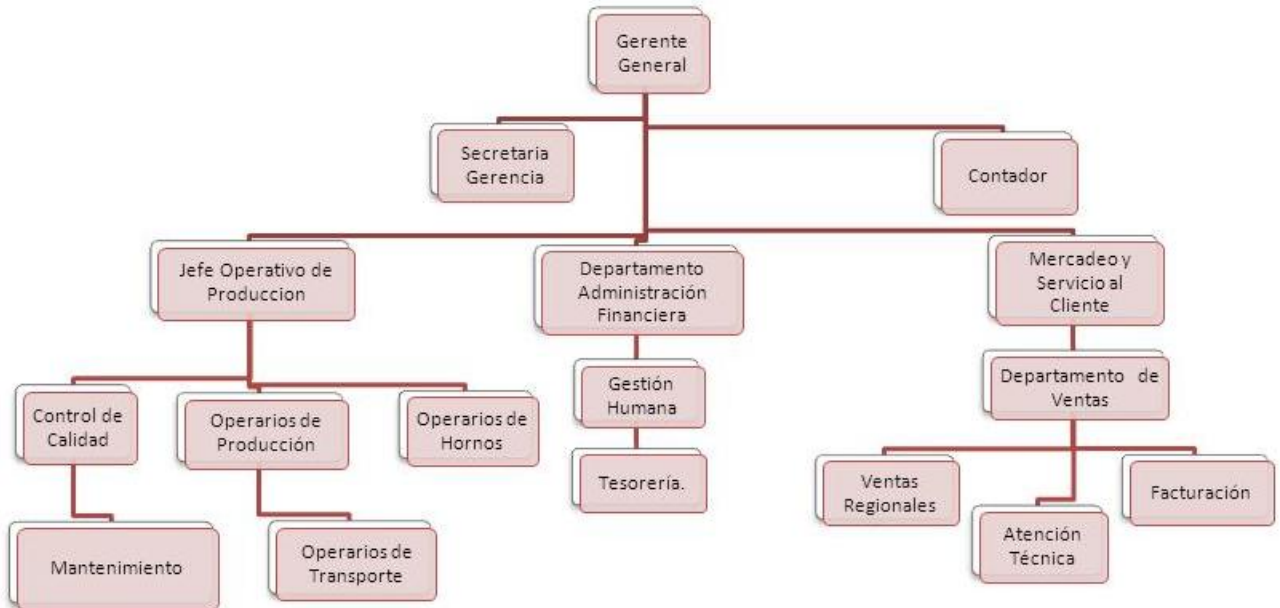
- Satisfacer las necesidades de los clientes, proporcionando productos de excelente calidad acorde a las necesidades e incursionando en el diseño de nuevos elementos que permitan el desarrollo de la industria ladrillera.
- Buscar en la innovación del mejoramiento continuo, la optimización de procesos de producción hasta obtener la excelencia en calidad.
- Administrar eficientemente el talento humano enfocándolo hacia la causa común de mantener siempre clientes satisfechos con la calidad de los productos y una excelente atención.
- Mantener en forma óptima los equipos físicos de la empresa para la conformación del producto de tierra – arcilla cocida, fortaleciendo tanto los niveles de productividad como de ambiente de trabajo y seguridad industrial en la planta de producción.

- Buscar dentro del desarrollo sostenible, una mejor relación del hombre y la naturaleza manteniendo e impulsando programas de protección ambiental.

## 1.7 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La empresa básicamente está estructurada en tres secciones, la primera esta conformada por el departamento de administración financiera conformada por la tesorería y la parte de gestión humana; la segunda es la de mercadeo y servicio al cliente en donde está dividida en la parte de ventas al por mayor y al detal, la facturación y la asesoría a los compradores de diferentes productos fabricados en la empresa; y por último la sección de producción que es en la que se fabrica el producto. Está compuesta por los operarios de las diferentes líneas de producción, el control de calidad y el mantenimiento de los equipos.

**Figura 2. Estructura Organizacional de la empresa Ladrillos y Tubos Ltda.**



## 1.8 PLANTA DE PRODUCCIÓN

La planta de producción de la Ladrillos y Tubos Ltda, ubicada en el sector rural de malpaso, se encuentra dentro de un gran yacimiento de arcilla que le brinda la materia prima para la producción de sus productos.

**Figura 3. Mina de Arcilla de Ladrillos y Tubos Ltda.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

La arcilla pasa por un proceso de envejecimiento en donde están destinadas importantes hectáreas de la planta, la explotación minera se encuentra en una zona aledaña a la zona de transformación de materia prima que esta techada completamente y dividida en ocho secciones importantes.

- Zona de equipos móviles (Mantenimiento diesel)
- Molienda de arcilla.
- Línea de producción # 5

- Línea de producción # 3
- Secado de Ladrillo (Cámaras de Secado)
- Cocción de Ladrillo (Hornos Hoffman)
- Sección de molienda de carbón
- Taller de Mantenimiento industrial.

Adicionalmente la planta cuenta con zonas para el almacenamiento del producto terminado, en espacios que se encuentran en la periferia de la planta en general, dichas zonas no se encuentran debidamente demarcadas y se improvisan sitios de almacenamiento como los hornos de fuego invertido (sin funcionamiento), debido al constante cambio que se da con el tiempo de su distribución física (figura 4).

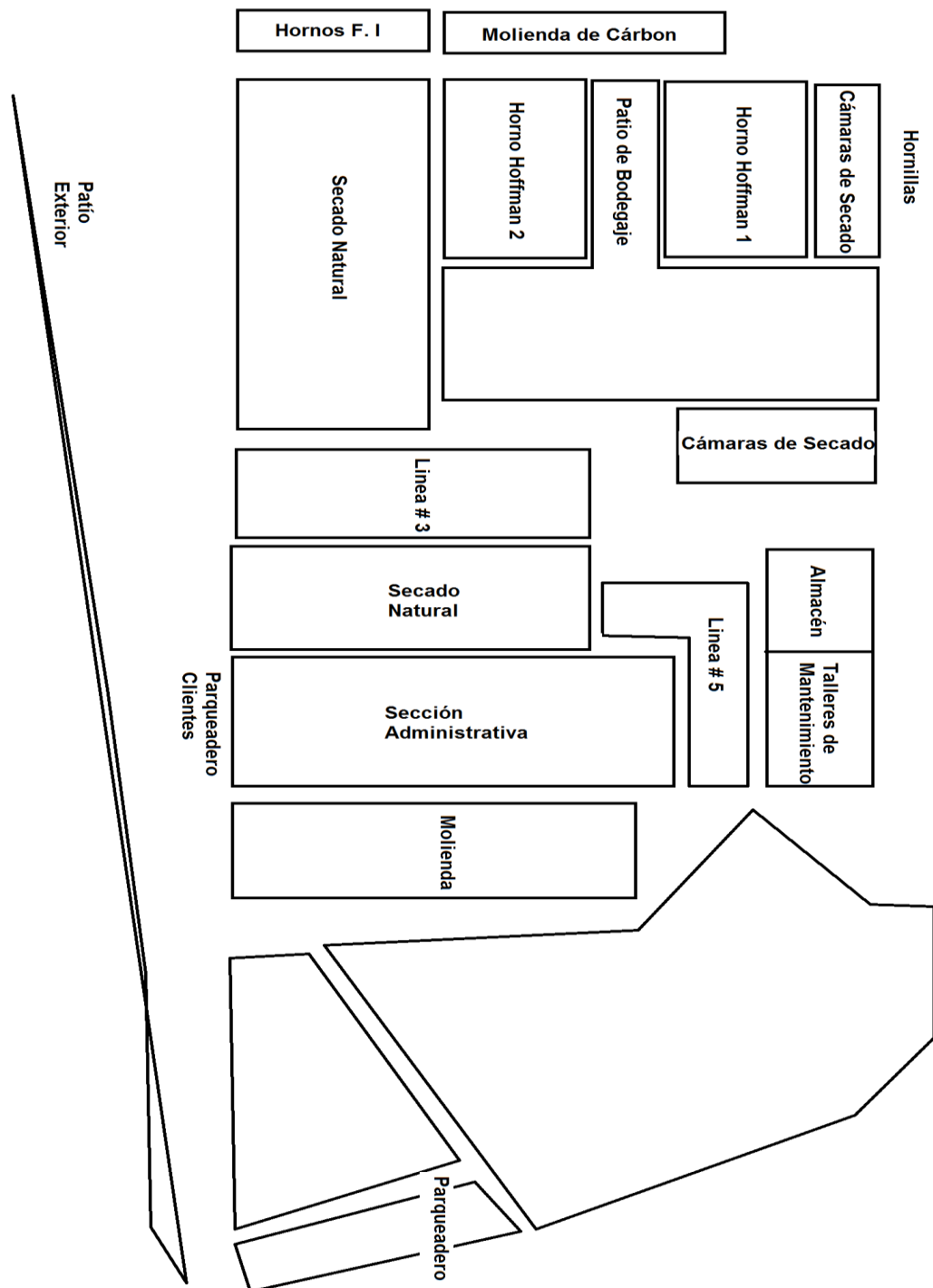
Ladrillos y Tubos en su planta de producción tiene gran capacidad productiva que a través de los años ha crecido gradualmente, gracias a eso se implementaron los hornos Hoffman para aumentar la capacidad de producción y debido también a que los antiguos hornos de fuego invertido contaminaban de manera potencial el ambiente y no cumplían con las políticas del cuidado del ambiente; por tal razón la empresa cuenta con dos hornos que permiten una producción diaria de aproximadamente 29.000 elementos diarios.

**Figura 4. Sitios de almacenamiento.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Figura 5. Vista de la Planta de la Fábrica



## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACION PARA LADRILLOS Y TEJAS

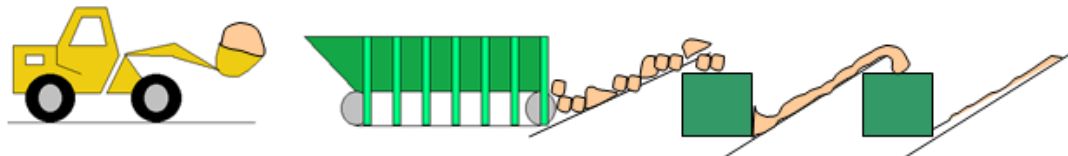
La fabricación de la materiales en Ladrillos y Tubos Ltda, consta de ocho secciones claramente definidas y están interconectadas de acuerdo a las necesidades del proceso, en la figura 6. Se muestra el diagrama de como es el proceso desde que se extrae la arcilla hasta el despacho del producto terminado.

**Figura 6. Proceso de Producción de Ladrillos y Tubos Ltda.**

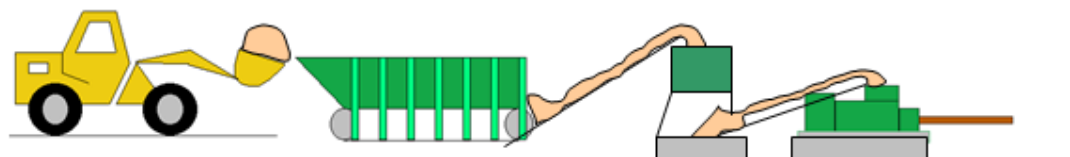
*“Desde la mina, donde solo la arcilla se encuentra, se toma la decisión de hacer algo útil con ella.....*



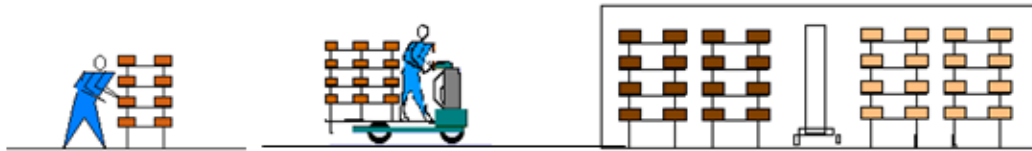
Cargue de tierra en forma de terrazas y mezcla con Buldózer o Excavadora.



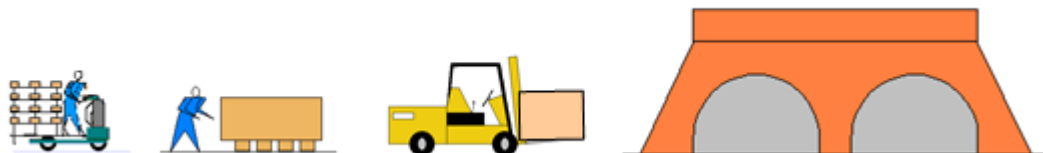
Línea de Molienda (Rompe terrones, Saca - piedras y laminador)



Línea de Moldeo (Caja alimentadora, revolvedor, laminador y prensado)



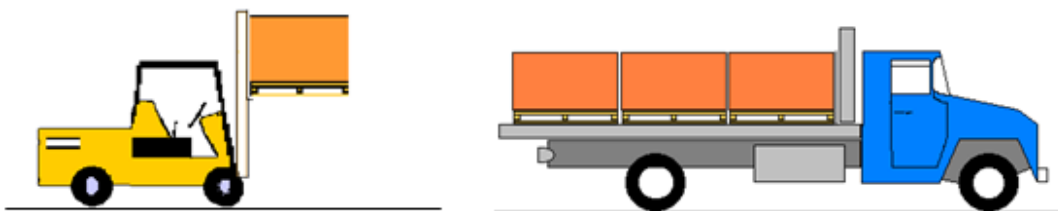
Colocación del material en estantes y transporte en vagonetas para Secado.



Transporte del material seco a Paqueteros para elaboración de mesadas y su transporte al horno.



Salida del material cocido de los hornos, clasificación y embarque.



Cargue y distribución de los ladrillos a los diferentes puntos de almacenamiento y ventas.

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

## 2.1 EXTRACCIÓN Y MEZCLA DE LA MATERIA PRIMA.

Ladrillos y Tubos Ltda., cuenta con una mina de arcilla, la cual da origen a todo el proceso productivo de la empresa; la arcilla es un silicato de aluminio en forma de

roca plástica, frágil en seco y con gran capacidad de absorción; es impermeable al agua y bajo la acción del calor se deshidrata endureciéndose mucho.

La explotación de la mina se efectúa a cielo abierto, utilizando la retroexcavadora 312 Caterpillar (figura 7), esta hace cortes verticales y horizontales en donde se garantiza un alto volumen de explotación. A su vez ella traslada la arcilla a las zonas de envejecimiento y almacenamiento.

**Figura 7. Retroexcavadora 312 Caterpillar.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

## **2.2 CARGUE Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.**

En esta etapa se busca generar el proceso de meteorización, el cual consiste en exponer directamente la materia prima al medio ambiente con el fin de obtener oxidación de sustancias orgánicas y la desintegración de terrones gracias a la acción física del medio ambiente, que a su vez, hace posible la eliminación de gases que se encuentran atrapados en la tierra, que al no ser eliminados

apropiadamente generan torceduras, agrietamientos y desmoronamientos durante las posteriores etapas de la extrusión y quema.

La meteorización es un proceso que tiene una duración de seis meses, en donde cada montón de tierra se encuentra debidamente distribuido y caracterizado, de acuerdo al tiempo de envejecimiento y tipo de materia prima. En esta etapa del proceso interviene un cargador frontal sobre llantas Caterpillar 930H (figura 8), máquina que se encarga de revolver continuamente cada montón de tierra con el fin de obtener un envejecimiento más uniforme, puesto que de no ser así, tan solo la tierra que se encuentra en la superficie del montón alcanzaría la desintegración deseada.

**Figura 8. Cargador 930G Caterpillar**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Finalmente cuando la arcilla ha alcanzado su tiempo de reposo y homogenización deseada, la materia prima se encuentra lista para entrar al siguiente proceso de producción.

### 2.3 MOLIENDA DE ARCILLA

Teniendo una materia prima preparada y seleccionada anteriormente, el cargador se ocupa de transportarla hasta el área de molienda de arcilla, donde se encuentra un cajón alimentador, quien a través de una cinta metálica conduce lentamente la arcilla hacia un molino saca - piedras Bongioanni, (figura 9) el cual mediante la acción de una de sus masas ranurada en forma de espiral, atrapa los terrones grandes o piedras y las extrae separándolas de la arcilla que sigue su camino por medio de bandas transportadoras hacia un rompe terrones o desmenuzador y un laminador Morando LA-6 (figura 10) que tiene por objeto la simple obtención de partículas de tamaño menos grueso que el de partida del proceso de molienda.

**Figura 9. Saca – piedra Bongioanni**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Figura 10. Laminador Morando LA – 6**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

#### **2.4 MOLDEO, EXTRUSADO Y CORTE.**

Como la distribución de la planta no permite que el proceso sea completamente constante, entre la línea de molienda y la de moldeo hay una interacción más del cargador que transporta la arcilla que sale del laminador LA-6 a otro cajón alimentador que transporta la arcilla hacia una Revolvedora marca Aservitec equipo encargado de uniformizar la granulometría de la arcilla, labor que es llevada acabo mediante la aplicación gradual de agua y la ayuda de dos tornillos de transporte paralelos entre si, que giran constantemente para lograr una pasta semi-húmeda que pasara por el laminador LA-7, dispositivo que gracias al movimiento giratorio de sus masas lisas, a pocos milímetros de distancia, logra convertir la materia prima en laminas delgadas logrando una arcilla con la mínima cantidad de piedras con el objetivo de alcanzar mejores condiciones en la etapa de extrusión.

La etapa de extrusión se da en una máquina Morando MVP-5 (figura 11) que mediante acción rotativa de dos cilindros paralelos hacen circular la pasta hasta un tornillo sin fin que la comprime y empuja hacia un orificio ubicado al final de la carrera del tornillo, en este orificio se colocan las diferentes boquillas a utilizar en la fabricación de los distintos tipos de ladrillos.

**Figura 11. Extrusora Morando Súper MVP-5**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

A medida que la extrusora entrega un bloque continuo de materia prima moldeada, es necesario darle su longitud característica, actividad que es ejecutada en forma manual o automática (figuras 12 y 13) por cortadoras que se ubican a la salida de la extrusora.

**Figura 12. Cortadora Automática.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Figura 13. Cortadora Manual**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

## **2.5 SECADO Y TRANSPORTE.**

Terminado el proceso de moldeo y corte, los ladrillos húmedos se colocan en estantes de madera para su secado al natural, es decir, son llevados a zonas específicas de la planta y que por acción de las condiciones de temperatura y humedad del ambiente se secan en primera instancia. Cabe agregar que estas zonas son cubiertas para evitar contacto con la lluvia y que se ayudan con ventiladores de techo, turbo - ventiladores y ventiladores de secado natural (figuras 14 y 15) para acelerar el proceso que tarda entre 18 y 24 horas.

**Figura 14. Ventilador marca Big Ass Fans.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Figura 15. Ventilador de Secado Natural.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Transcurrido este tiempo, los estantes son llevados por medio de vagonetas a las cámaras de secado (figura 16a) que son recintos cerrados en donde se hace circular calor a través de dos ventiladores centrífugos que forzan el paso de aire caliente proveniente de una hornilla (figura 16b).

**Figura 16. A) Cámara de Secado. Figura B) Hornilla quemadora de Carbón**



Dicho aire pasa por un ducto subterráneo que se distribuye para insertarse en las siete cámaras de secado, dentro de ellas hay ventiladores móviles (figura 17) que hacen una cortina de secamiento, estos se desplazan internamente a lo largo de la

cámara mediante la disposición de rieles, logrando distribuir en forma uniforme el aire caliente, acelerando el proceso de secado.

**Figura 17. Ventilador Móvil.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

## **2.6 COCCIÓN Y QUEMA DE LADRILLO.**

Una vez finalizado el proceso de secado, los ladrillos se retiran de los estantes de madera y se organizan en cuartillas, entonces, los productos se encuentran listos para ser sometidos a la quema y cocción, en esta etapa se busca obtener las propiedades adecuadas como la dureza, el color y resistencia de los materiales, para esto la planta cuenta con dos hornos tipo Hoffman (figura 18), los cuales utilizan como combustible carbón mineral que es suministrado por Carbojets (figura 19), equipos que se encuentran constituidos por un tornillo sin fin cuya función es suministrar carbón constantemente a unas boquillas ubicadas en la parte superior del horno, y por ventiladores centrífugos (figura 20) que inyectan constantemente aire caliente y seco para la obtención de una combustión mas eficiente.

**Figura 18. Horno Hoffman**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Figura 19. Carbojet**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

El proceso de quema tiene una duración de 48 horas, durante el cual se ejerce un control de la temperatura por medio de Termocuplas instaladas en la terraza del horno para la medida de la temperatura promedio para que se obtengan las propiedades mecánicas y físicas del ladrillo.

**Figura 20. Ventilador Centrífugo.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

## **2.7 ENFRIAMIENTO Y DESCARGUE DE LOS HORNOS.**

Finalmente cuando pasa el tiempo y el horno ya a hecho su labor, se permite que el fuego se extinga por si solo hasta lograr cierto grado de enfriamiento, se deja pasar un tiempo de 12 horas se abre el horno y se comienza el proceso de descargue de material por medio de montacargas (figura 21a y 21b), se selecciona el ladrillo debido a que en el proceso de cocción algunos ladrillos se queman demasiado y no son aptos dentro de la selección y el control de calidad.

Finalmente se ubican en una sección especial de la planta para la distribución y embarque de los mismos.

**Figura 21.A) Montacarga Caterpillar VC60D**



**Figura 21.B) Pinza Hyundai HDF-30**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

## **2.8 MOLIENDA DE CARBÓN**

Dentro del proceso de fabricación del ladrillo, hay una etapa paralela que es necesaria y es la transformación previa del carbón mineral, combustible con el que se quema el producto en los hornos y para calentar el aire en las hornillas. En la empresa ladrillos y tubos se efectúa con ayuda de dos moledoras de carbón (figura 22), ubicadas en la parte posterior a la planta cerca a los hornos para su fácil transporte hacia los mismos.

**Figura 22. Moledoras de Carbón.**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

El carbón molido es utilizado en los carbojets que son los distribuidores hacia los hornos y permiten que la temperatura se mantenga homogénea en toda la superficie del horno y así se garantice que todos los productos sean cocidos de igual forma.

### **3. ESTADO INICIAL DE LADRILLOS Y TUBOS LTDA – DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE ESTRATEGIA.**

De manera previa se observa la metodología de trabajo de Ladrillos y Tubos LTDA en lo que tiene que ver con el mantenimiento como proceso paralelo y de apoyo al proceso principal, el proceso productivo de ladrillo. Se realiza una descripción de los recursos humanos y técnicos involucrados en el mantenimiento; igualmente se expone el curso de acciones del mantenimiento (objeto de mejora) mediante diagrama de flujo, seguidamente se identifican los aspectos por mejorar elaborando un diagnóstico.

La búsqueda de una metodología de mantenimiento apropiada para Ladrillos y Tubos LTDA es parte de una estrategia trazada desde la gerencia general de la empresa, la cual busca elevar los niveles de productividad, calidad, rendimiento de equipos, disponibilidad de planta y por ende, competitividad de la empresa.

Dado que la empresa presentaba niveles de calidad bajos, se hace necesario realizar un análisis de Pareto enfocado hacia ese aspecto, buscando identificar los problemas de calidad más frecuentes, relacionándolos con etapas del proceso productivo de ladrillo y su respectiva maquinaria.

Buscando establecer el peso que pueden tener otros aspectos relacionados a la baja productividad y baja calidad, se hizo necesario efectuar un análisis de causa y efecto.

Seguidamente y con los resultados arrojados del análisis anterior, se establece la incidencia directa que tiene la maquinaria sobre la productividad, y dentro de la estrategia definida por la gerencia general, se selecciona una metodología de mantenimiento sistemática, fácil de implantar, de alto impacto y que permita

mejora continua, uno de los nuevos paradigmas establecidos por la gerencia buscando competitividad de nivel global.

Se selecciona RCM Reliability Centered Maintenance o mantenimiento centrado en confiabilidad, dadas sus ventajas en cuanto a manejo de información y sobre todo porque encaja dentro de la búsqueda de mejora continua requerida por la gerencia general, entre otras detalladas más adelante.

### **3.1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

#### **3.1.1. Objetivos Generales**

1. Fortalecer los vínculos UNIVERSIDAD- EMPRESA, a través de la generación de proyectos de grado en la modalidad de investigación, como un convenio de mutuo beneficio que permite al estudiante interactuar con el sector industrial para la resolución de un problema aportando soluciones desde el campo del conocimiento técnico y científico a las necesidades del sector industrial en aras de contribuir con el desarrollo del mismo en la región cumpliendo con parte de la misión de la Universidad Industrial de Santander.
2. Efectuar un plan de mantenimiento para la empresa Ladrillos y Tubos LTDA, enfocado hacia el aumento de la productividad y rentabilidad de la empresa mediante una gestión del mantenimiento más estructurada y basada en los paradigmas actuales de la empresa.

#### **3.1.2. Objetivos Específicos**

1. Implementar el software PMX pro para la gestión de mantenimiento de la empresa Ladrillos y Tubos LTDA fundamentado en una base de datos de los equipos de producción de la empresa correspondiente a las secciones de:

- Molienda de arcilla.
- Humidificación y amasado.
- Laminado
- Extrusión al vacío.
- Corte.
- Secado de Ladrillo.
- Cocción de Ladrillo.

2. Aplicar la metodología RCM a la gestión de mantenimiento de la empresa Ladrillos y Tubos LTDA, efectuando un análisis de criticidad a las secciones de la empresa descritas en el anterior objetivo, siguiendo el método FMEA (análisis de modo de fallas y sus efectos) buscando determinar numéricamente prioridad de riesgo y causas de falla.

3. Elaborar un análisis de costos de mantenimiento que incluya costos fijos, costos variables, costos financieros y costos de fallo, aplicado a los equipos de las secciones especificadas en el primer objetivo, estableciendo las ventajas en materia de rentabilidad de la implementación del software PMX pro en la gestión de mantenimiento para la empresa.

### **3.2 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

La razón fundamental para que las empresas realicen una sistematización de sus departamentos de mantenimiento, es llevar de forma más fácil la programación y el control de las actividades.

Al realizar una buena programación el departamento controla las paradas de los equipos, ya que estas al no estar programadas significarían pérdidas muy considerables en la producción.

Analizar cual mantenimiento es el más adecuado para cada máquina es el paso más importante, una de las finalidades es disminuir el mantenimiento correctivo hasta un punto óptimo ya que cuando éste no es planificado produce paros no controlados y en ocasiones resulta siendo el más costoso ya que requiere más personal para realizar las actividades y los equipos pueden sufrir daños irreparables, pero en algunos casos el correctivo es rentable principalmente para máquinas de bajo costo ya que se hace más fácil cambiarlas que repararlas o máquinas que poseen gemelos, y en equipos que no se encuentran en líneas críticas de producción, en los cuales su fallo no afecta de manera considerable la producción. Por la falta de ese adecuado sistema de mantenimiento, los equipos empiezan a producir productos de baja calidad, los tiempos muertos y remplazo de elementos del equipo, producto de reparaciones, aumentan su costo. De esta forma la “mejora” en el proceso productivo por la adquisición de mejor tecnología, equipos de mayor capacidad, etc. no produce la utilidad esperada debido a costos de operación incrementados. Entonces, es obvia la gran importancia de mantener el equipo funcionando adecuadamente y trabajando eficientemente. Las máquinas son las que al final aportan la mayor parte de los procesos productivos.

El programa de mantenimiento preventivo estará basado en la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas y ajustes o reparaciones. Las inspecciones periódicas se ejecutarán a los equipos críticos de la planta en forma planificada y programada anticipadamente, con el fin de descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los mismos. Las inspecciones serán ejecutadas en cada equipo a intervalos fijos independientemente del estado, que incluyen un control sobre el cumplimiento de la misma. El programa de mantenimiento preventivo llevará un registro detallado de los materiales, repuestos, tiempos empleados y costos asumidos en la ejecución del mantenimiento, con el fin de contar con

indicadores que permitan evaluar la buena marcha del programa y tomar medidas oportunas para un mejor funcionamiento.

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LADRILLOS Y TUBOS LTDA.**

Ladrillos y Tubos LTDA tenía una metodología de mantenimiento completamente correctivo, se carecía de sistema de información y sólo había un registro escrito histórico de fallos y tareas ejecutadas por el jefe de taller de mantenimiento, cuando el equipo fallaba.

Es importante aclarar que la empresa ya contaba con un formato de hoja técnica para cada uno de los equipos en el cual se describen características del equipo como nombre, marca, serie, número de referencia, número de inventario, modelo, fecha de adquisición, ubicación en planta, estado de llegada del equipo, si posee o no planos, catálogos, planos de montaje, y características técnicas como dimensiones, peso, voltaje , amperaje, rpm, potencia mecánica, presión, mecanismo de transmisión de potencia.

Hubo necesidad de actualizar las hojas técnicas de todos los equipos debido a que algunas estaban incompletas o simplemente había equipos recientemente adquiridos que no tenían hoja técnica. El formato de hoja técnica se puede encontrar en el capítulo de anexos.

**3.3.1 Inventario.** A continuación se detalla el inventario de Ladrillos y tubos LTDA, haciendo uso de la codificación ya existente en la empresa en donde los dos primeros dígitos indican la ubicación del equipo en la planta y los últimos tres dígitos hacen referencia propiamente al equipo.

**Tabla 1. Sección Molienda de Arcilla.**

<b>Equipo</b>	<b>Código</b>
Sacapedras Bongioanni.	19-255
Cajón Alimentador # 2	19-094
Laminador LA-6	19-099
Banda Transportadora	19-100
Desmenuzador	19-098
Cargador 930 Caterpillar	17-090
Rectificador Laminador LA – 6	19-101
Rectificador Sacapedras	19-261
Molino de Martillos	19-317
Reductor de Cajón Alimentador	19-295

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda

**Tabla 2. Sección, Humidificación, Amasado y Corte**

<b>Equipo</b>	<b>Código</b>
Prensa Extrusora MVP 5	16-124
Bomba de Vacío FMB	16-123
Laminador LA-7	16-118
Cajón Alimentador # 4	16-095
Cortadora Automática	16-119
Laminador Buhler	15-103
Banda Transportadora	16-121
Prensa Extrusora MVP 3	15-113
Cortadora Manual	16-108
Revolvedor Gorlitz	16-117
Compresor Puska.	17-160
Boquillas.	16-097
Rectificador Laminador LA – 7	16-267
Caja Eléctrica con arrancador	16-126
Bomba de Vacío Omel	15-275
Revolvedor Aserveitec	15-105
Rectificador Laminador Bühler	15-021

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda

**Tabla 3. Sección Secado y Quema de Ladrillo**

Equipo	Código
Ventilador Big Ass Fans	22-075
Motovagoneta	17-017
Ventilador de Secado Natural	22-293
Cámaras de Secado directo.	22-138
Carbojets	21-148
Ventilador Cámara de Secado.	22-282
Turboventilador Horno F.I.	22-092
Ventilador de Tiraje Centrifugo # 1	21-143
Ventilador de Tiraje Centrifugo # 2	20-142
Banda Transportadora de Carbón	20-147

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda

**Tabla 4. Sección Transporte y Preparación de Arenas, Equipo Diesel**

Equipo	Código
Retroexcavadora 312 Caterpillar	17-166
Tractor de Orugas DK 75	17-089
Montacarga HDF – 305 Hyundai	17-385
Torre de enfriamiento.	16-399
Prensa Hidráulica Powerteam	18-168
Pinza Caterpillar DP 30	17-162
Taladro de Árbol Royersford	18-169
Grúa Telescópica	18-396
Soldador Transformador	18-176
Cargador Transtec	17-377
Montacarga Caterpillar VC60D	17-163
Trompo Diesel	17-167
Tractor de Carga Fordson	17-091

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Los equipos objeto del análisis se encuentran en las anteriores tablas clasificados de acuerdo a su ubicación en la planta la cuál va de acuerdo con su función dentro del proceso productivo.

De acuerdo a información suministrada por Ladrillos y Tubos LTDA, la totalidad de los activos de maquinaria y equipo se encuentran avaluados en \$ 2.251.800.200.

**3.3.2 Descripción del taller de mantenimiento.** El taller de mantenimiento se subdivide en dos secciones, taller de mantenimiento industrial y taller de mantenimiento diesel que, como su nombre lo indica, está destinado a las reparaciones de la maquinaria diesel como retroexcavadora , cargador, tractores y demás equipos con esta misma característica.

Es un espacio que en total contabiliza 150 metros cuadrados de área y cuenta para cumplir con su objetivo con equipos de soldadura, taladro, prensas, inyector de grasa, y herramientas como destornilladores, martillos, seguetas, sierras eléctricas y alicates.

Está a cargo de un jefe de taller de mantenimiento, quien es la persona que coordina y plantea los procedimientos de mantenimiento que sea lugar a ejecutarse.

Cómo se exponía anteriormente, ésta persona a cargo no posee un nivel de empoderamiento en su cargo y además no posee conocimientos relacionados con técnicas de mantenimiento enfocadas hacia un óptimo nivel de productividad.

La experticia de este jefe de taller se basa en el conocimiento del funcionamiento del total del sistema de producción de la empresa, adquirido a lo largo de varios años de ocupar este cargo.




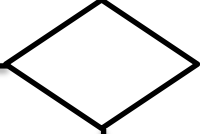
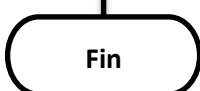

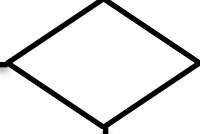
**3.3.3 Descripción almacén de repuestos.** El almacén de repuestos de Ladrillos y tubos LTDA, cuenta con un almacenista, quien es la persona a cargo que, ejecuta tareas de pedidos cuando el mantenimiento así lo requiere y distribuye los repuestos en estantes.

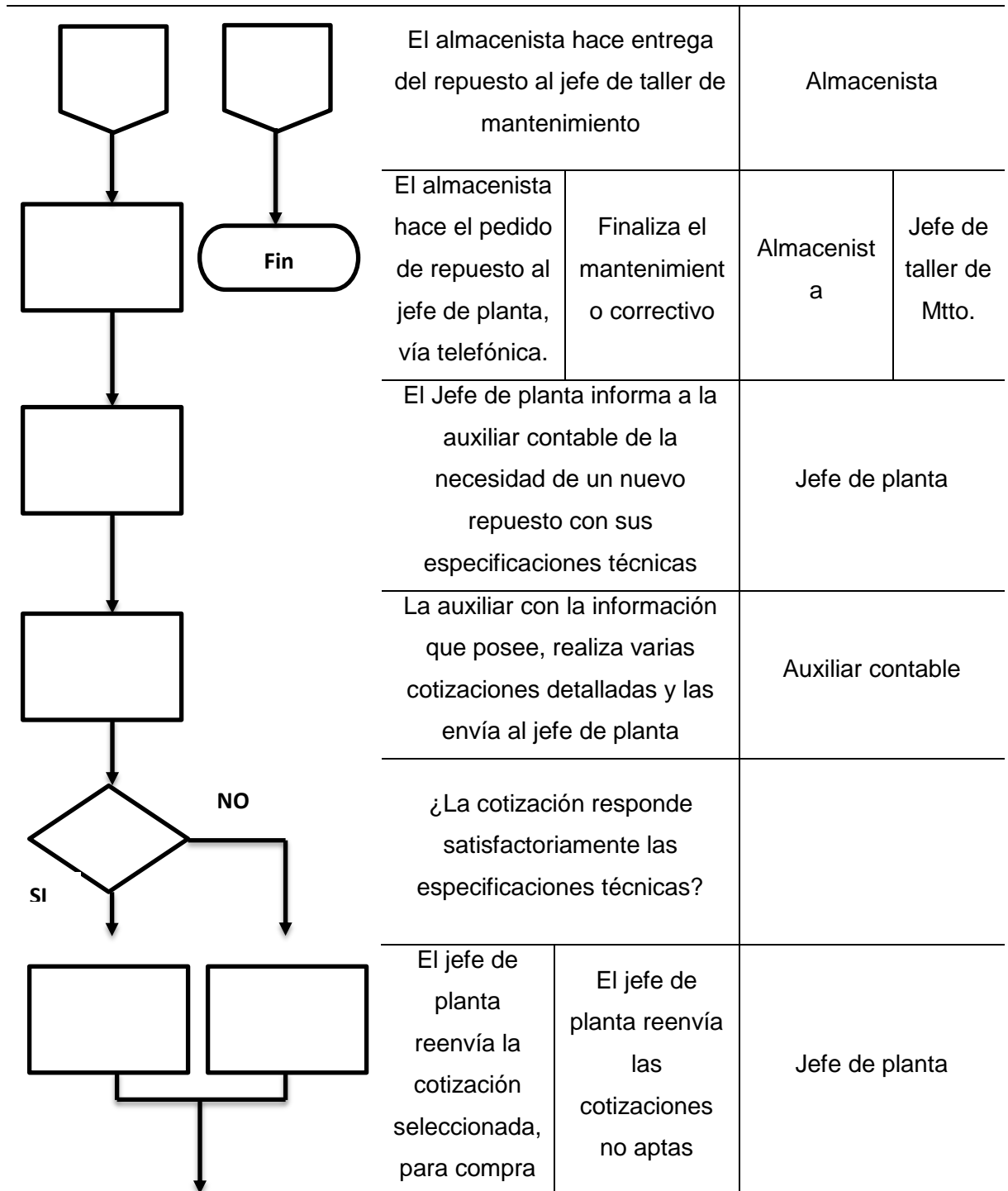
Ésta persona tiene conocimiento de la existencia del repuesto por la factura de compra que es un documento que suele conservar.

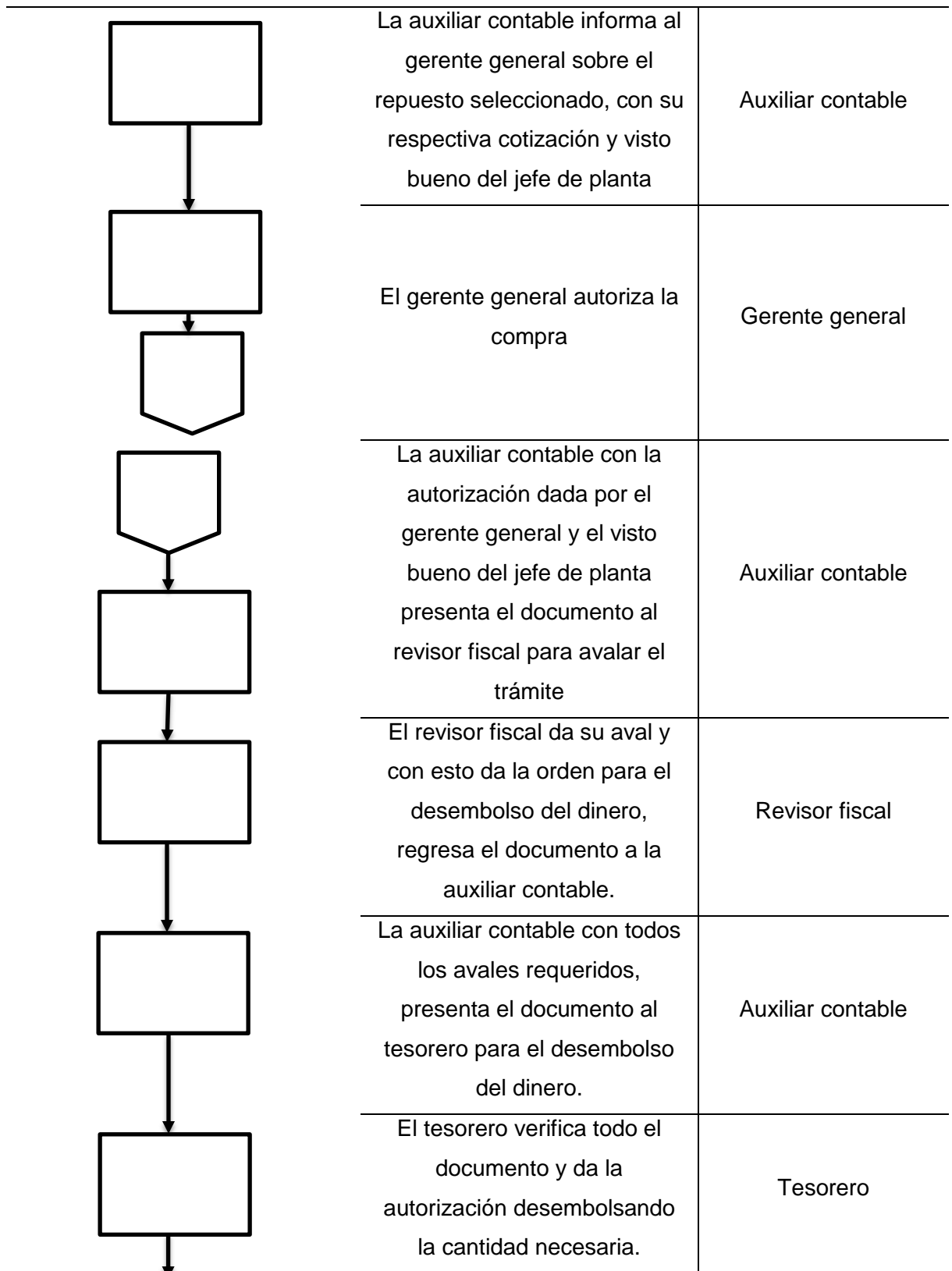
El espacio cuenta con 80 metros cuadrados de área total, con estantes para el almacenamiento, un escritorio y un teléfono fijo.

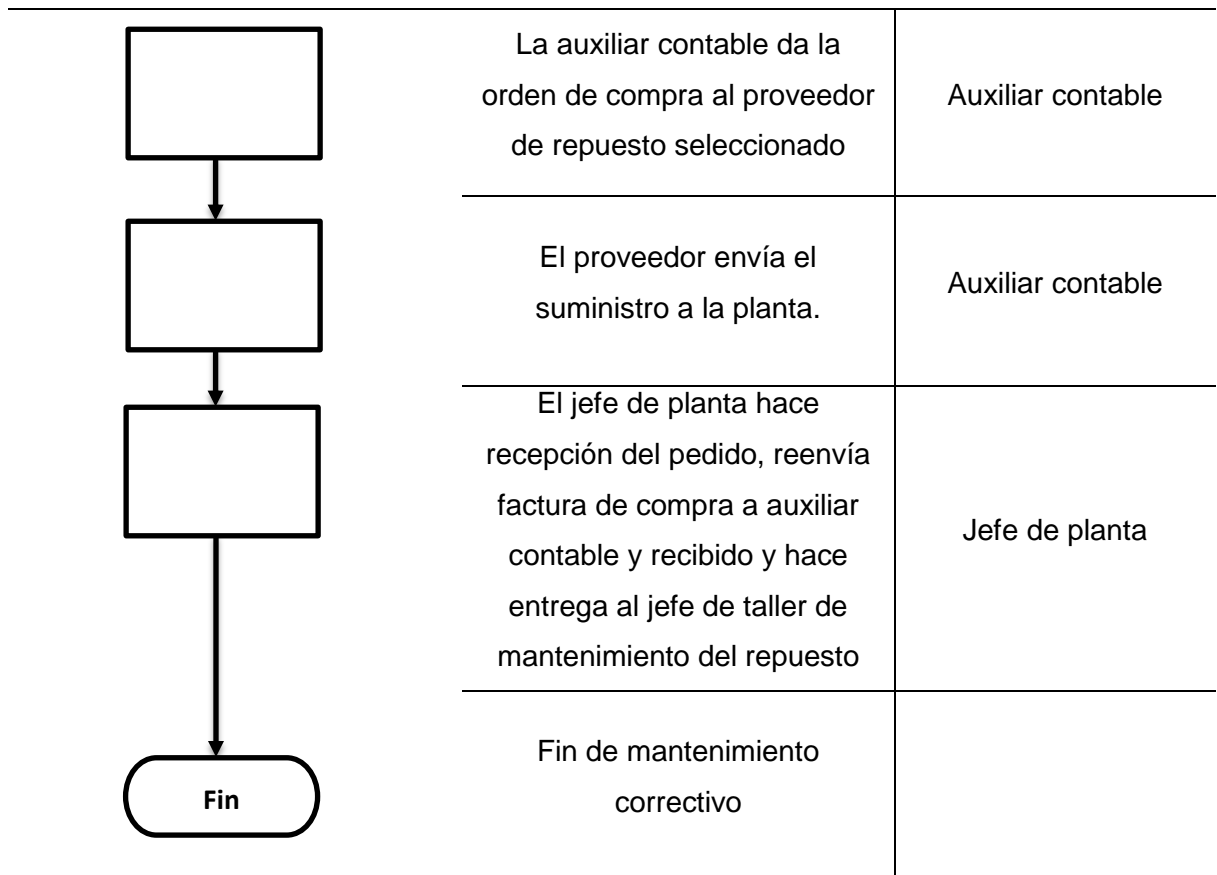
**3.3.4 Curso de acciones de mantenimiento de ladrillos y tubos.** El curso de acciones de mantenimiento de Ladrillos y Tubos LTDA se expone a continuación con la ayuda de un diagrama de flujo. Involucra desde los operarios, el jefe de taller de mantenimiento, el almacenista, el jefe de planta hasta el revisor fiscal, tesorero y gerente general.

**Figura 23. Desarrollo del Mantenimiento de Ladrillos y Tubos Ltda.**

Diagrama de flujo	Actividad	Encargado
	Identificación de la máquina por reparar	Operario
	El operario da aviso de forma verbal al jefe de taller de mantenimiento	Operario
	El jefe de taller de mantenimiento da inicio a la actividad correctiva	Jefe de taller de mantenimiento y operarios
	¿Es necesario un repuesto?	
	Finalización mantenimiento correctivo	Jefe de taller de mantenimiento
	El Jefe de taller de mantenimiento hace el pedido de repuesto al almacenista de manera verbal	Jefe de taller de mantenimiento
	El almacenista plantea: ¿El repuesto está en almacén?	Almacenista







### 3.4 DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO EN LADRILLOS Y TUBOS LTDA.

La administración del mantenimiento en la empresa evidenciaba los siguientes problemas:

- Ausencia de tareas de mantenimiento de tipo preventivo.
- Reparaciones de bajo nivel de precisión.
- Rendimiento de la maquinaria irregular y no acorde con capacidades nominales.
- Gestión de repuestos ineficiente.
- Bajo nivel de empoderamiento del jefe de taller de mantenimiento
- Departamento de mantenimiento no estructurado

- No existe control ni planeación de las actividades de mantenimiento
- Tiempo de toma de decisiones y ejecución de las mismas es lento
- No hay sistema de información tipo software.
- Almacén desordenado, se pierde tiempo productivo ubicando un repuesto existente en planta.

### **3.5 SELECCIÓN DE ESTRATEGIA**

Como se enunció al inicio de este capítulo Ladrillos y Tubos LTDA viene implementando un proceso de mejora continua. Dentro de esta dinámica se apunta a implantar estrategias nuevas y probadas en el ámbito industrial, buscando responder a los crecientes niveles de demanda del sector constructor actual tanto en Bucaramanga como en Santander, sin generar traumatismos al funcionamiento de la planta. Para ello debe incrementar su nivel de productividad y calidad, mediante una estrategia adecuada.

De acuerdo a datos suministrados por la empresa, mensualmente eran rechazados, porque no cumplían con los requerimientos exigidos por los clientes, cerca de 72 000 ladrillos en promedio, lo que hacía pensar de manera previa que debía mejorar la calidad. Es por ello que se realiza un análisis de Pareto con el objeto de encontrar los pocos vitales, en cuanto a calidad del producto.

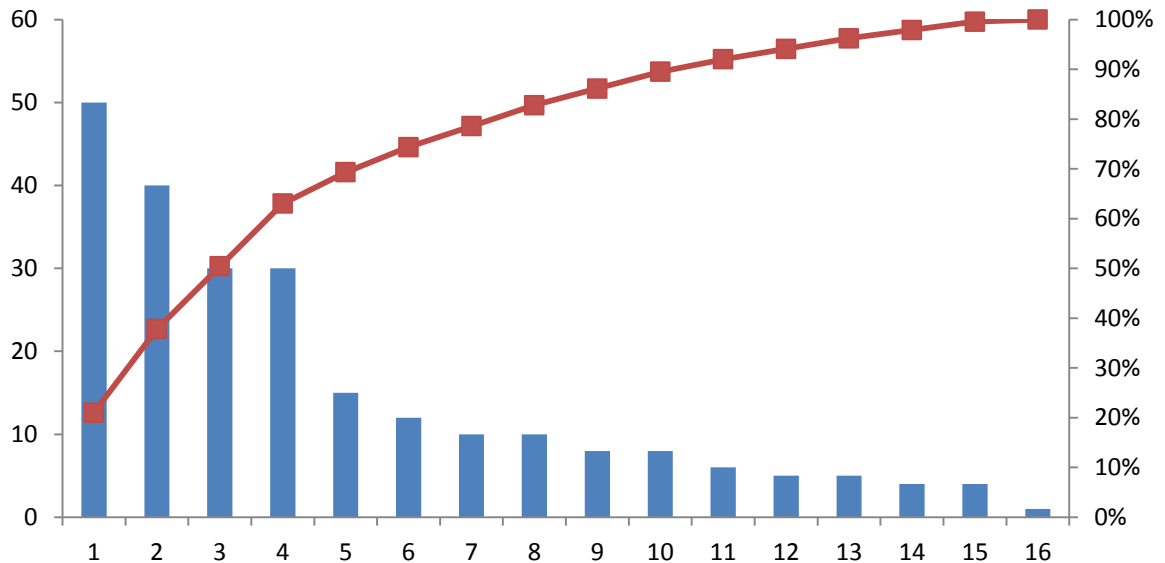
**3.5.1 Análisis de Pareto.** Se observaron los problemas en cuanto a la calidad del ladrillo, se enumeraron en una lista y de acuerdo a información suministrada se estableció la frecuencia con que se presentaban dichos problemas, se estableció el porcentaje para cada problema en comparación con el total y se establecieron los porcentajes acumulados. La información está reseñada en la siguiente tabla, y corresponde a un mes como ciclo productivo:

**Tabla 5. Problemas de Calidad del Ladrillo**

N°	PROBLEMA DEL LADRILLO	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	Exceso de tamaño	50	21%	21%
2	Grietas aleatorias en superficie	40	17%	38%
3	Marcas de arrastre	30	13%	50%
4	Protrusión de grietas	30	13%	64%
5	Demasiado fino	15	6%	70%
6	Demasiado grueso	12	5%	75%
7	Esquinas redondeadas	10	4%	79%
8	Esquinas levantadas	10	4%	83%
9	Rebabas	8	3%	86%
10	Desprendimiento	8	3%	89%
11	Marcas de apilamiento	6	3%	92%
12	Dimensiones pequeñas	5	2%	94%
13	Una cara más ancha	5	2%	96%
14	Forma cóncava	4	2%	98%
15	Fragilidad	4	2%	100%
16	Eflorescencia	1	0%	100%
	<b>Total</b>	<b>238</b>	<b>100%</b>	

Posteriormente se realiza el diagrama de Pareto para poder identificar claramente los pocos vitales en cuanto a calidad del producto.

**Figura 24. Diagrama De Pareto Ladrillos Y Tubos Ltda (Calidad)**



Se puede inferir a partir del diagrama, que los defectos de calidad más frecuentes, y que acumulan un 80 % dentro de la producción rechazada, se cuentan:

- Exceso de tamaño
- Grietas aleatorias en la superficie
- Marcas de arrastre
- Protrusión de grietas
- Ladrillo demasiado fino
- Ladrillo demasiado grueso
- Esquinas redondeadas

A continuación se establecieron las causas que provocan estos defectos de calidad, lo cual se visualiza en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Problemas de Calidad y sus Causas**

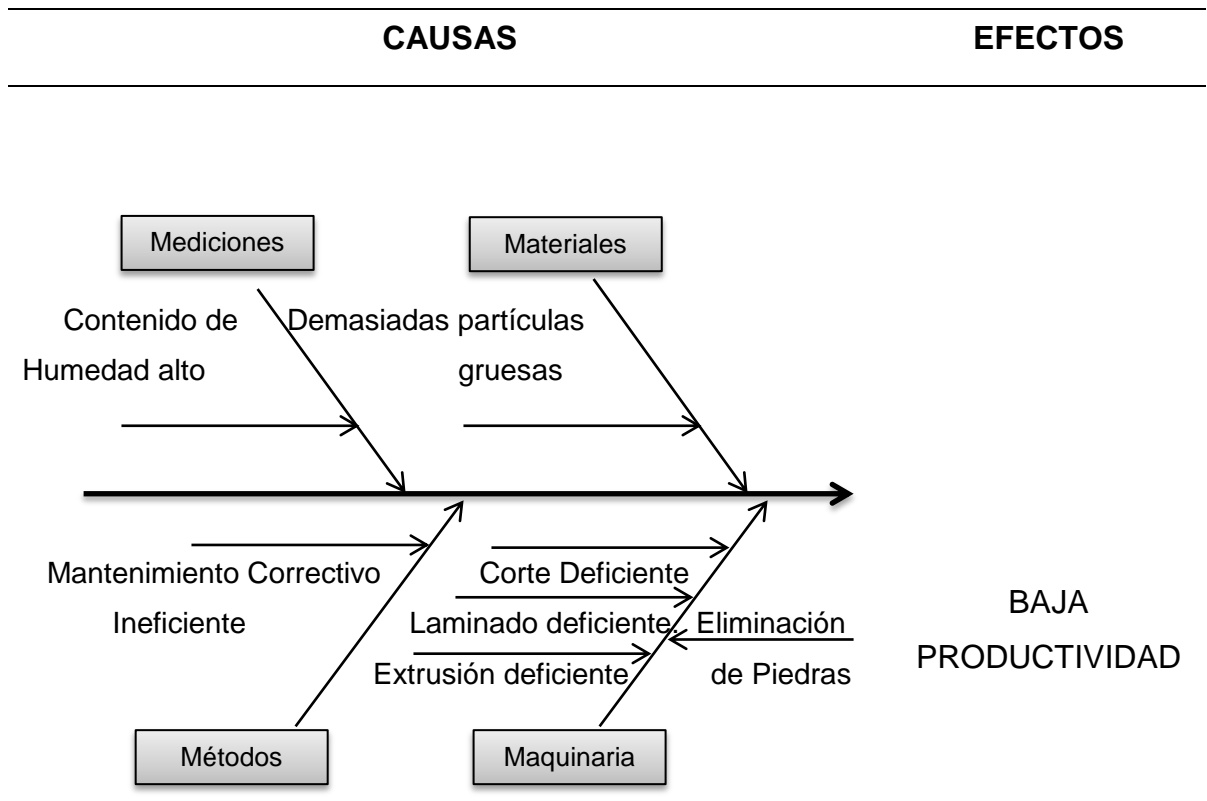
PROBLEMAS DEL LADRILLO MAS FRECUENTES	CAUSAS
1. Exceso de tamaño	Demasiadas partículas gruesas en arcilla. Boquillas desgastadas.
2. Grietas aleatorias en superficie	Arcilla muy seca. Presencia de piedras. Alambres de cortadora desgastados o deteriorados por
3. Marcas de arrastre	corrosión. Presencia de arcilla en el corte
4. Protrusión de grietas	Contenido de humedad alto.
5. Ladrillo demasiado fino	Extrusión deficiente.
6. Ladrillo demasiado grueso	Error en ajuste de cables de corte.
7. Esquinas redondeadas	Extrusión deficiente.

Una vez definidas las causas y teniendo en cuenta el análisis de Pareto y su respectivo diagrama se pudo establecer que los siguientes procesos con su maquinaria asociada debían ser objeto de optimización:

- Corte
- Laminado
- Eliminación de piedras
- Laminado.

**3.5.2 Análisis de causa y efecto.** A continuación se muestra el diagrama causa y efecto que muestra el análisis para la situación específica de Ladrillos y Tubos LTDA.

**Figura 25. Diagrama De Causa Y Efecto Ladrillos Y Tubos Ltda.**



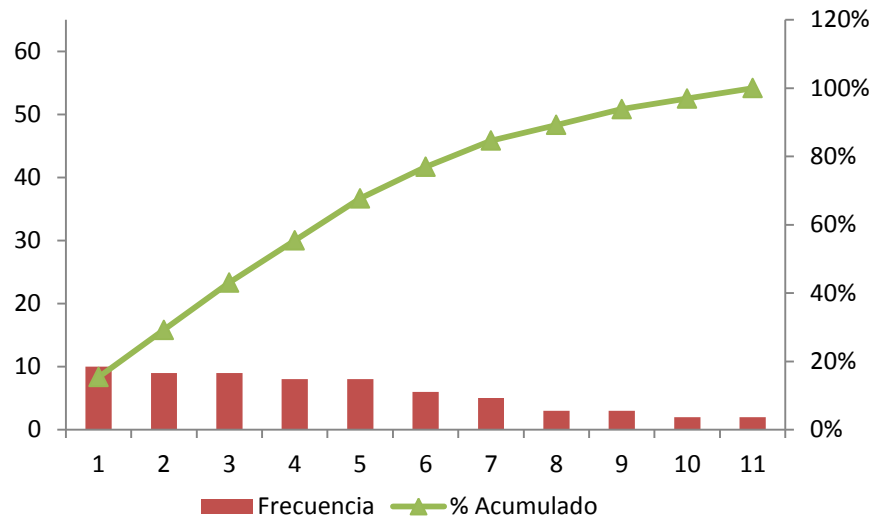
Como resultado después de realizar el análisis de causa y efecto para Ladrillos y Tubos LTDA se pudo identificar que la maquinaria ejecutaba una labor deficiente y que el método de mantenimiento correctivo era ineficiente y que ambos problemas se relacionaban entre sí y con la baja productividad. El mantenimiento correctivo era lento y retrasaba la producción y los problemas asociados a la maquinaria.

Se hizo necesario realizar un nuevo análisis gráfico de Pareto, pero esta vez para la maquinaria, aspecto ya identificado como foco de optimización.

**Tabla 7. Problemas de la Maquinaria de Ladrillos y Tubos Ltda.**

<b>N°</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>PORCENTAJE ACUMULADO</b>
1	Desgaste de cilindro (laminador)	10	15%	15
2	Daño en sistemas de lubricación (compresor)	9	14%	29
3	Vibración extrusora	9	14%	43
4	Falla en filtros (retroexcavadora)	8	12%	55
5	Daño en bandas transportadoras	8	12%	67
6	Falla en torre de enfriamiento	6	9%	76
7	Falla en reductor de velocidad (laminador)	5	7%	83
8	Pérdidas en transmisión de potencia (saca piedras)	3	5%	88
9	Exceso de temperatura hornos	3	5%	93
10	Falla en Carbojets	2	3%	96
11	Descenso viscosidad aceite hidráulico cargador	2	3%	99
	Total	65	100%	

**Figura 26. Diagrama De Pareto Ladrillos y Tubos (Maquinaria)**



Los primeros cuatro problemas enunciados constituyen los pocos vitales en cuanto a mantenimiento, entonces, el curso de acción se enfoca ahora hacia laminación, maquinaria diesel y extrusión.

### **3.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD**

Luego del análisis de causa y efecto se selecciona la metodología RCM porque contribuye a la estrategia de mejora dada por la gerencia general, además es de fácil implantación y de alto impacto, incluye rutinas de mantenimiento preventivo, necesidad evidenciada en el último análisis de Pareto.

El mantenimiento centrado en confiabilidad apunta hacia obtener tiempos medios entre falla prolongados y tiempos de reparación cortos como objetivo global.

Esto quiere decir que RCM apunta a mejorar la disponibilidad de toda la instalación además:

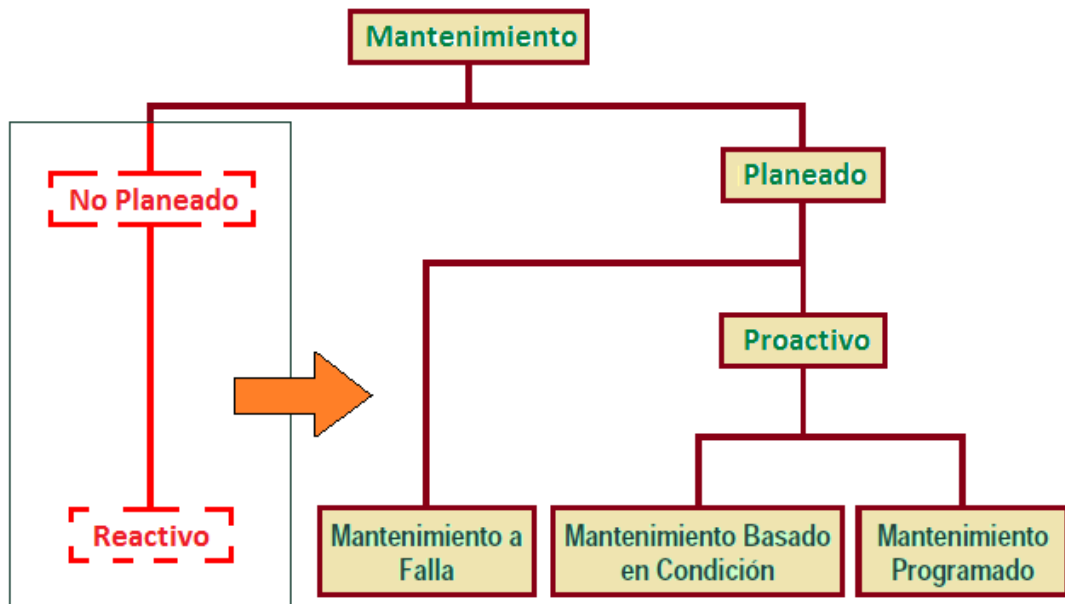
- Proporciona una visión global del desempeño de todo el sistema productivo y de cada uno de los equipos
- Ofrece después de un exhaustivo análisis de todas las posibilidades de fallo, una serie de herramientas orientadas a evitarlos
- Determina el curso de acción a seguir en una situación dada, lo que reduce tiempos de reparación.
- Se centra en una relación de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad encaminada a la eficiencia en el uso de recursos financieros y humanos.

RCM más que generar documentación, genera para Ladrillos y Tubos un enfoque preciso, en la determinación del peso o incidencia que pueda tener un equipo en la rentabilidad de la empresa bajo el punto de vista de mantenimiento, lo cual abarca, como es lógico, tiempos de reparación, costo de fallo, gestión de repuestos, ese es el aporte buscado por la gerencia de la implantación de esta probada metodología.

#### 4. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La estrategia de mantenimiento que se obtendrá, siguiendo la metodología RCM para los activos de maquinaria y equipos, buscando cumplir la meta de mejora de los niveles de producción de la planta de Ladrillos y Tubos Ltda, junto con los objetivos de la gerencia de incrementar disponibilidad y reducción de costos, se basa en la filosofía de trabajar con un mantenimiento planeado, minimizando el fallo de los equipos de la planta, así como aumentar la eficiencia en el uso de recursos humanos y técnicos en la ejecución de tareas de reparación. (Ver figura 27).

**Figura 27. Mantenimiento Planeado**



El mantenimiento planeado incluye el trabajar con equipos de falla, para los casos donde técnicamente es factible el mantenimiento proactivo por su característica aleatoria de falla o el proceso de degradación es súbito, o si el mantenimiento proactivo posible es más costoso que la reparación del equipo cuando falle.

El estudio de mantenimiento a realizarse por medio de la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad al igual que la mayoría de las industrias que lo aplican, va centrado a un grupo de equipos en particular, que son los denominados equipos críticos de la planta de la empresa Ladrillos y Tubos Ltda, que serán seleccionados y se tratara con este proyecto asegurar que no fallen.

#### **4.1 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM**

La metodología RCM, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

1. ¿Cuál es la función del activo?
2. ¿De qué manera puede fallar?
3. ¿Qué origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

El éxito del proceso de implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad en la industria dependerá básicamente del trabajo de equipo de RCM, el cuál se encargará de responder las siete preguntas básicas, las cuales las llevaremos por medio de las siguientes fases de desarrollo:

- Fase 0: Determinación de los equipos críticos de la empresa por factores ponderados.
- Fase 1: Desarrollo del sistema de análisis de modo de falla y efecto (AMEF) en donde se da el listado de funciones y especificaciones de los equipos.
- Fase 2: Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos (AMEF).

- Fase 3: Determinación de los modos de fallo (AMEF).
- Fase 4: Estudio de los efectos de los fallos (AMEF).
- Fase 5: Determinación de las medidas preventivas por medio del árbol lógico de actividades (formulación de preguntas hacia dónde va encaminado el mantenimiento de cada falla).
- Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas por medio de la hoja de información en donde se muestran las fallas de cada componente de máquina.
- Fase 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas por medio de la hoja de toma de decisiones.

En las cuales se dará respuesta a los interrogantes que se generan en la filosofía RMC, dando así una nueva herramienta a Ladrillos y Tubos para poder encaminar su labor de mantenimiento de forma concreta de sus equipos y secciones.

**4.1.1 Equipo RCM para ladrillos y tubos.** El personal de mantenimiento en si, no puede responder las siete preguntas a cabalidad debido a que los operarios o el personal de operación también influyen en la solución a dichos cuestionamientos. Por esto se conforma un equipo RCM que incluye al jefe de planta, el ingeniero de mantenimiento, el técnico de mantenimiento, los operarios y los facilitadores (autores).

Los integrantes designados del equipo RCM de la empresa son:

- Facilitadores: Juan Carlos Reyes Villamizar y Freddy Leonardo Prada Pérez.
- Jefe de Operación: Eduardo Bonilla
- Jefe de Mantenimiento: Ing. Cesar Rodríguez
- Técnico de Mantenimiento: Primitivo Llanes Vera
- Operario: Según el equipo analizado.

## 4.2 HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL RCM

Como parte de la definición de contexto operacional es importante tener en claro los procesos y sistemas:

Unidades de proceso: se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.

Sistemas: Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tienen una función específica.

En esta parte del RCM nosotros podremos definir los factores que delimitan el problema de estudio, como:

- Perfil de operación.
- Ambiente de operación.
- Calidad/disponibilidad de los insumos requeridos (gas natural, aire, etc.)
- Alarmas señales de paro.
- Política de repuestos, recursos y logística.

Partiendo de la anterior podemos determinar las herramientas para el desarrollo del mantenimiento:

- Análisis de factores ponderados.
- Matriz de Criticidad.
- AMEF (Análisis de modo de falla y efecto)
- Árbol lógico de actividades.
- Hoja de Información.
- Hoja de Toma de decisiones.

- Cronograma de actividades de mantenimiento.
- Niveles del plan de mantenimiento.
- Plan detallado de trabajo (PDT).
- Formato de Ordenes de trabajo (OT).

### 4.3 ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una herramienta de suma importancia dentro de un sistema de mantenimiento, es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos).

El modelo utilizado en Ladrillos y Tubos Ltda, para el análisis de criticidad implementado será el de factores ponderados basados en el concepto de riesgos, que es una valoración cuantitativa para los parámetros: No critica (NC); Medio Critica (MC) y Critica (C) basada en la expresión:

$$\text{CRITICIDAD TOTAL} = \text{Frecuencia de falla} \times \text{Consecuencia}$$

La criticidad total será entonces una organización jerárquica de los equipos de la empresa de acuerdo al resultado obtenido entre la frecuencia de falla y la consecuencia, lo cual hace permite saber cuáles equipos están en un grado de alta, media y baja criticidad dentro del proceso de Ladrillos y Tubos Ltda.

**4.3.1 Frecuencia de fallas.** Es el parámetro que indica la cantidad de fallas que presenta una máquina o equipo en un intervalo de tiempo definido; el cual, debe ser cuantificado de acuerdo a una tabla donde se establecen un conjunto de criterios o los que se les asigna un factor de ponderación, es decir que a cada máquina analizada, le corresponde uno de los criterios definidos para cada

parámetro y por consiguiente una respectiva calificación ponderada, procedimiento que se puede evidenciar en la Tabla 8.

**Tabla 8. Criterios de Frecuencia de Fallas.**

FRECUENCIA DE FALLAS	
Mayor a 4 fallas anuales.	4
2 – 4 fallas anuales.	3
1 – 2 fallas anuales.	2
0 – 1 fallas anuales.	1

Esta ponderación se da por medio de un histórico proporcionado por la empresa que permitió dar una cuantificación de un máximo de fallas en todos los equipos. Estos criterios pueden dar por estipulado que un equipo que falle por más de cuatro veces al año significaría un índice elevado para el proceso de producción debido a que frena cada trimestre en promedio la producción y uno que no falle o que lo haga al menos una sola vez, sería excelente para el proceso debido que no genera una falla anual, hecho que significa poca pérdida de tiempo en reparación y costos de mantenimiento para la empresa.

Además se cuenta con el soporte técnico de la empresa consultora The Woodhouse Parthership Limited, especialista en el manejo de auditar soportes robustos de mantenimiento para la toma de decisiones basada en la gerencia de activos industriales.

**4.3.2 Consecuencia.** La consecuencia es la expresión que resulta de diferentes ponderaciones fundamentales para realizar el análisis de criticidad, tal como la seguridad y el ambiente, la producción, los costos operacionales y de mantenimiento; y la flexibilidad operacional. Viene dada por la expresión:

$$\text{Consecuencia} = (IO \times FO) + CM + ISA$$

Donde,

IO= Impacto Operacional.

FO= Flexibilidad Operacional.

CM= Costos de Mantenimiento.

ISA= Impacto sobre la Seguridad y el Ambiente.

La ponderación de cada uno de los parámetros para hallar la consecuencia de cada equipo la encontramos en la Tabla 9.

**Tabla 9. Criterios de Consecuencia**

<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	
Mayor o igual a \$ 1'000.000 (incluye repuestos)	2
Inferior a \$ 1'000.000 (incluye repuestos)	1
<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema.	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad.	2-4
No genera ningún efecto significativo	1
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1
<b>IMPACTO A SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE</b>	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasi accidente o incidente menor	2-3
No provoca ningún tipo de riesgo	1

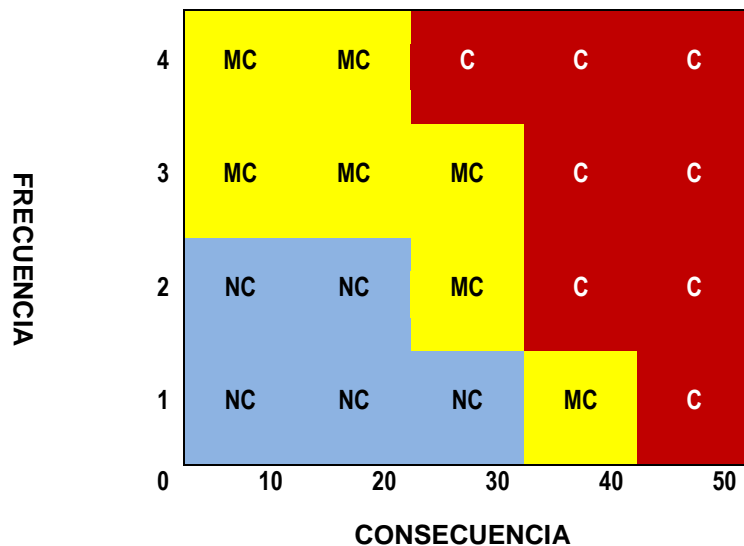
**4.3.3 Matriz de criticidad.** Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá el equipo en estudio se le ocurre una falla los valores correspondientes a los ejes, son obtenidos de acuerdo a los cálculos de consecuencia y los valores dados a la frecuencia de falla para cada equipo; los cuales al ser determinados, permiten ubicar un punto de la matriz que a su vez se encuentra dividida en tres zonas: No critica (NC); Medio Critica (MC) y Critica (C).



La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad del equipo analizado.

**Figura 28. Matriz de Criticidad**



Fuente: Gonzales, B. Carlos R. Principios de Mantenimiento

Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la Matriz de Criticidad diseñada, para determinar el nivel de la criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

Los resultados obtenidos deberán ser analizados a fin de definir acciones para minimizar los impactos asociados a los modos de falla indicados que causan la falla funcional.

La valoración del nivel de criticidad y la identificación de los activos más críticos permitirán orientar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo ameriten, así como gerenciar las acciones de mitigación del riesgo en elementos subsistemas, considerando su impacto en el proceso.

Este análisis final permitirá validar los resultados obtenidos, a fin de detectar cualquier posible desviación que merezca la revaluación de la criticidad.

**4.3.4 Resultados del análisis de criticidad.** Establecidos los criterios y la selección del método para el análisis de criticidad por factores ponderados, aplicaremos el mismo a los equipos de la planta Ladrillos y Tubos Ltda, en donde se tomarán los equipos por secciones:

- Molienda de Arcilla.
- Humidificación, amasado, laminado y extrusión al vacío.
- Corte de ladrillo.
- Secado y Cocción de Ladrillo.

Estos resultados nos arrojaran los equipos en nivel (C) los cuales serán el objeto de nuestro análisis detallado y concienzudo para decretar las propuestas de mantenimiento preventivo, en la tabla 8 podemos ver el resultado del análisis de criticidad de los equipos de la empresa con su valor de criticidad.

**Tabla 10. Resultados del análisis de criticidad por secciones de Ladrillos y Tubos.**

Análisis de Criticidad Sección Molienda de Arcilla									
Nombre del Equipo	Código	Factores Ponderados					Consec	Criticidad	Nivel
		FF	IO	FO	CM	ISA			
Sacapiedras Bongioanni.	19-255	4	7	4	2	1	31	124	C
Cajón Alimentador # 2	19-094	3	7	3	2	1	24	72	MC
Laminador LA-6	19-099	4	10	3	2	1	33	132	C
Banda Transportadora	19-100	3	4	2	1	1	10	30	MC
Desmenuzador	19-098	3	9	3	2	1	30	90	MC
Cargador 930 Caterpillar	17-090	4	7	3	2	3	26	104	C
Rectificador Laminador LA-6	19-101	2	2	2	1	1	12	12	NC
Rectificador Sacapiedras	19-261	2	2	2	1	1	12	12	NC
Molino de Martillos	19-317	Fuera de Servicio							
Reductor de Cajón Alimentador	19-295	2	4	2	2	1	11	22	NC

Análisis de Criticidad Sección de Extrusión, Humidificación, Amasado y Corte									
Nombre del Equipo	Código	Factores Ponderados					Consec	Criticidad	Nivel
		FF	IO	FO	CM	ISA			
Prensa Extrusora MVP5	16-124	4	4	4	2	2	19	80	MC
Bomba de Vacío FMB	16-123	3	4	2	1	1	10	30	MC
Laminador LA-7	16-118	4	4	4	2	1	19	76	MC
Cajón Alimentador # 4	16-095	3	7	2	2	1	17	51	MC
Cortadora Automática	16-119	4	8	3	2	1	27	108	C
Laminador Buhler	15-103	3	4	3	2	1	15	45	MC
Banda Transportadora	16-121	3	4	2	1	1	10	30	MC
Prensa Extrusora MVP 3	15-113	3	5	3	2	1	18	54	MC
Cortadora Manual	16-108	1	4	1	1	1	6	6	NC
Revolvedor Gorlitz	16-117	2	7	2	2	1	17	34	MC
Compresor Puska	17-160	3	7	4	1	1	30	90	MC
Boquillas.	16-097	2	2	1	2	1	5	10	NC
Rectificador Laminador LA-7	16-267	1	4	2	1	1	10	10	NC
Caja Eléctrica con arrancador	16-126	2	4	2	1	1	10	20	NC
Bomba de Vacío Omel	15-275	2	4	2	1	1	10	20	NC
Revolvedor Aservitec	15-105	3	7	3	2	1	24	72	MC
Rectificador Laminador Buhler	15-021	1	4	2	1	1	10	10	NC

<b>Análisis de Criticidad Sección Secado y Quema de Ladrillo</b>									
<b>Nombre del Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>Factores Ponderados</b>					<b>Consec</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Nivel</b>
		<b>FF</b>	<b>IO</b>	<b>FO</b>	<b>CM</b>	<b>ISA</b>			
Ventilador Big Ass Fans	22-075	1	4	2	1	6	15	15	NC
Motovagoneta	17-017	4	7	1	2	3	12	48	MC
Ventilador de Secado Natural	22-293	2	4	1	1	6	11	22	NC
Cámaras de Secado directo.	22-138	1	4	1	1	7	12	12	NC
Carbojets	21-148	4	4	1	1	3	8	32	MC
Ventilador Cámara de Secado.	22-282	3	3	1	1	8	13	39	MC
Turboventilador Horno F.I.	22-092	1	2	1	1	1	4	4	NC
Ventilador de Tiraje Cent # 1	21-143	2	10	4	2	8	50	100	MC
Ventilador de Tiraje Cent # 2	20-142	2	10	4	2	8	50	100	MC
Banda - Carbón Transportadora.	20-147	4	7	2	1	1	16	64	MC
Moledora Carbón	20-132	1	7	1	1	3	11	11	NC

Análisis de Criticidad Sección Transporte y Preparación de Arenas, Equipo Diesel									
Nombre del Equipo	Código	Factores Ponderados					Consec	Criticidad	Nivel
		FF	IO	FO	CM	ISA			
Retroexcavadora 312 Caterpillar	17-166	4	7	3	2	3	26	104	C
Tractor de Orugas DK 75	17-089	3	6	3	2	3	23	69	MC
Montacarga HDF – 305 Hyundai	17-385	3	10	2	1	3	24	72	MC
Torre de enfriamiento.	16-399	2	6	4	2	3	29	58	MC
Prensa Hidráulica Powerteam	18-168	1	4	1	1	1	6	6	NC
Pinza Caterpillar DP 30	17-162	4	7	2	1	3	18	72	MC
Taladro de Árbol Royersford	18-169	1	4	2	1	1	10	10	NC
Grúa Telescópica	18-396	1	4	3	1	3	16	16	NC
Soldador Transformado	18-176	2	3	1	1	1	5	10	NC
Cargador Transtec	17-377	2	4	1	1	3	8	16	NC
Montacarga VC60D	17-163	4	7	2	1	3	18	72	MC
Trompo Diesel	17-167	1	4	2	1	3	12	12	NC
Tractor de Carga Fordson	17-091	1	4	2	1	3	12	12	NC

Adicionalmente la disposición de los datos contenidos en la tabla, permite realizar una subdivisión de los equipos incluidos dentro del programa de mantenimiento,

puesto que los equipos con condición crítica (C) deben estar dentro de un programa minucioso en donde sean inspeccionados con mayor frecuencia tratando de mantener el mejor nivel de disponibilidad para ellos.

Los equipos medianamente críticos (MC) son equipos no dejan de ser más importantes dentro de las líneas de producción pero si nos brindan un poco de flexibilidad en frecuencias de mantenimiento, son equipos que no son totalmente indispensables y que pueden ser reemplazados o que no detienen la producción en la empresa drásticamente generando pérdidas a grandes escalas.

Por último los equipos no críticos (NC), son elementos totalmente flexibles y que son materia de mantenimiento correctivo ya que su importancia dentro del proceso de producción no es representativa con respecto a los equipos jerarquizados en la parte crítica, para estos equipos siempre se tendrá una opción para su participación en el proceso productivo de la empresa.

**Tabla 11. Organización de los Equipos por Criticidad y Jerarquización.**

Nombre del Equipo	Código	Criticidad	Jerarquización
Laminador LA – 6	19-099	132	<b>C</b>
Sacapedras Bongioanni.	19-255	124	<b>C</b>
Cortadora Automática	16-119	108	<b>C</b>
Cargador 930 Caterpillar	17-090	104	<b>C</b>
Retroexcavadora 312 Caterpillar	17-166	104	<b>C</b>
Ventilador de Tiraje Centrifugo # 1	21-143	100	<b>MC</b>
Ventilador de Tiraje Centrifugo # 2	20-142	100	<b>MC</b>
Desmenuzador	19-098	90	<b>MC</b>
Compresor Puska	17-160	90	<b>MC</b>
Prensa Extrusora MVP – 5	16-124	80	<b>MC</b>
Laminador LA – 7	16-118	76	<b>MC</b>
Cajón Alimentador # 2	19-094	72	<b>MC</b>

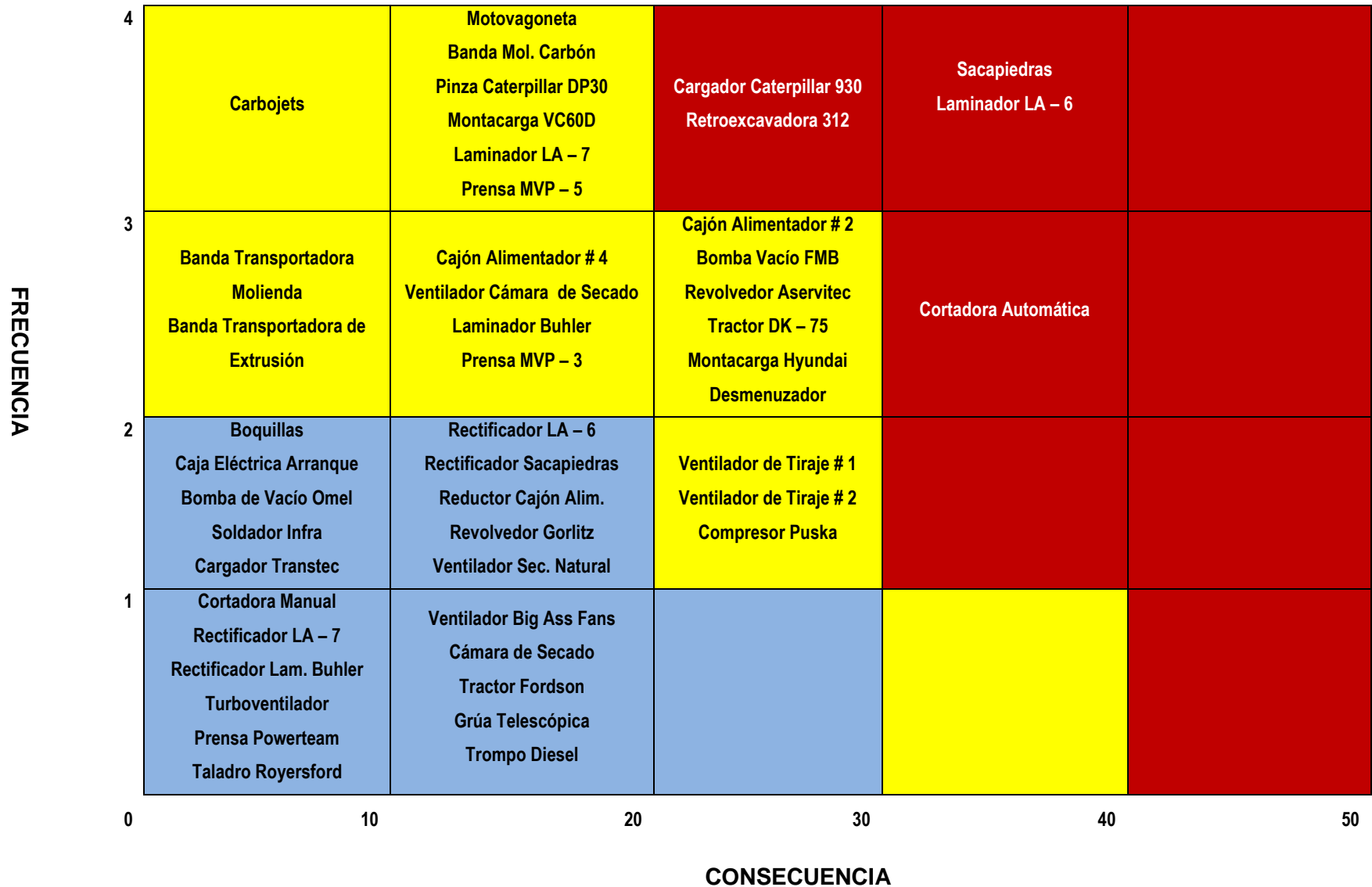
<b>Nombre del Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Jerarquización</b>
Revolvedor Aservitec	15-105	72	<b>MC</b>
Montacarga HDF – 305 Hyundai	17-385	72	<b>MC</b>
Pinza Caterpillar DP 30	17-162	72	<b>MC</b>
Montacarga Caterpillar VC60D	17-163	72	<b>MC</b>
Tractor de Orugas DK 75	17-089	69	<b>MC</b>
Banda Transportadora de Carbón	20-147	64	<b>MC</b>
Torre de enfriamiento.	16-399	58	<b>MC</b>
Prensa Extrusora MVP – 3	15-113	54	<b>MC</b>
Cajón Alimentador # 4	16-095	51	<b>MC</b>
Motovagoneta	17-017	48	<b>MC</b>
Laminador Buhler	15-103	45	<b>MC</b>
Ventilador Cámara de Secado.	22-282	39	<b>MC</b>
Revolvedor Gorlitz	16-117	34	<b>MC</b>
Carbojets	21-148	32	<b>MC</b>
Banda Transportadora	19-100	30	<b>MC</b>
Bomba de Vacío FMB	16-123	30	<b>MC</b>
Banda Transportadora	16-121	30	<b>MC</b>
Reductor de Cajón Alimentador	19-295	22	<b>NC</b>
Ventilador de Secado Natural	22-293	22	<b>NC</b>
Caja Eléctrica con arrancador	16-126	20	<b>NC</b>
Bomba de Vacío Omel	15-275	20	<b>NC</b>
Grúa Telescópica	18-396	16	<b>NC</b>
Cargador Transtec	17-377	16	<b>NC</b>
Ventilador Big Ass Fans	22-075	15	<b>NC</b>
Rectificador Laminador LA – 6	19-101	12	<b>NC</b>
Rectificador Sacapiedras	19-261	12	<b>NC</b>
Cámaras de Secado directo.	22-138	12	<b>NC</b>
Trompo Diesel	17-167	12	<b>NC</b>
Tractor de Carga Fordson	17-091	12	<b>NC</b>

Nombre del Equipo	Código	Criticidad	Jerarquización
Moledora de Carbón	20-132	11	NC
Boquillas.	16-097	10	NC
Rectificador Laminador LA – 7	16-267	10	NC
Rectificador Laminador Buhler	15-021	10	NC
Taladro de Árbol Royersford	18-169	10	NC
Soldador Transformado	18-176	10	NC
Cortadora Manual	16-108	6	NC
Prensa Hidráulica Powerteam	18-168	6	NC
Turboventilador Horno F.I.	22-092	4	NC
Molino de Martillos	19-317	0	NC

**4.3.5 Resultados de la matriz de criticidad.** Determinar la criticidad para la empresa nos permitirá completar la metodología, sin formar parte de la misma. Cuando en la evaluación de los activos obtenemos frecuencias de ocurrencias altas, las acciones recomendadas para llevar la criticidad de un valor más tolerable, debe orientarse a reducir la frecuencia de ocurrencia.

Del anterior análisis de factores ponderados obtenemos 5 equipos con un alto nivel crítico, los cuales serán objeto de un estudio detallado de donde se realizara a cada uno un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) que servirán para la implementación de metodología en mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) propuesta para la empresa. Adicional a esto se realizaran cronogramas de mantenimiento para el año 2014.

**Figura 29. Matriz de Criticidad de Ladrillos y Tubos.**



Podemos concluir de esta matriz de criticidad que tenemos cinco (5) equipos críticos de cincuenta y uno (51) analizados, cuatro (4) tienen una frecuencia de falla de 4 con un valor de consecuencia entre 20 a 40, y un último equipo con frecuencia de 3 y una consecuencia de 30 a 40, mostrándonos entonces que debemos hacer el estudio completo de cada uno de estos equipos decretados como críticos para poder generar un plan de mantenimiento a través de la respuesta de las preguntas generadas en la filosofía RCM.

#### **4.4 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO**

El AMEF (análisis de modo de fallas y efectos de fallos) y el árbol lógico de decisión, constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el RCM que responderán las siete preguntas básicas. A partir de esta técnica se logra:

1. Asegurar que todos los modos de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos.
  2. Identificar debilidades de diseño.
  3. Proveer alternativas en la etapa de diseño.
  4. Proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.
  5. Proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.
  6. Asistir en la identificación de fallas en sistemas con anomalías.
- Pudiendo así responder las preguntas 1, 2, 3, 4 del RCM.

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el NPR (Número de prioridad de riesgo), el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la Gravedad o Severidad, el nivel de Ocurrencia y por la facilidad de Detección.

Dichos índices de evaluación se van determinando en escalas de 1 hasta 10 en función de las características que se describan para cada uno de ellos, siendo

puntaje el menor 1 y 1000 el mayor para la evaluación y por consecuencia el valor más crítico de un AMEF.

Definiremos dicho índices:

- Gravedad o Severidad: se refiere a la probabilidad de fallos en el proceso, está basada únicamente en el efecto de fallo; todas las causas potenciales de fallo para un efecto particular también reciben la misma clasificación.
  
- Ocurrencia: o la frecuencia en la cual se presentan las fallas, cuando se asigna esta clasificación, se deben considerar dos probabilidades:
  - La probabilidad de que se produzca una falla.
  - La probabilidad de que, una vez ocurrida la falla, esta provoque el efecto nocivo indicado.
  
- Detección o probabilidad de No Detección: este indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue a ser informado. Se está definiendo la “no detección”, para que el índice de prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa.

Estos son los valores ponderados para un análisis por medio de un AMEF, a continuación mostramos estos valores en las tablas 12 a 14

**Tabla 12. Severidad de los Efectos en un Proceso AMEF**

EFECTO	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO PARA AMEF	FILA
Peligroso sin alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	10
Peligroso con alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy arriba	Interrupción importante a la cadena de producción, 100% del producto puede ser desechada. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	Interrupción, es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser desechado (no se clasifica). El producto es operable pero un cierto ítem(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable.	6
Bajo	Interrupción, es de menor importancia a la cadena de producción, 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos ítems de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	5
Muy bajo	Interrupción, es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción puede ser devuelta a trabajar. La mayoría de los clientes notan el defecto.	4
De menor importancia	Interrupción, es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación. Los clientes medios notan el defecto.	3
Muy de menor importancia	Interrupción, es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación. Los clientes exigentes notan el defecto.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	1

**Tabla 13. Ocurrencia del incidente en un proceso AMEF**

PROBABILIDAD DEL INCIDENTE	INCIDENTE TARIFAS	PK DE C	FILA
<b>Muy arriba:</b> el incidente es casi inevitable	1 en 2	< 0,33	10
	1 en 3	0,33 <sup>3</sup>	9
<b>Alto:</b> asociado generalmente a los procesos similares que han fallado anteriormente	1 en 8	0,51 <sup>3</sup>	8
	1 en 20	0,67 <sup>3</sup>	7
<b>Probabilidad del incidente</b>	Incidente tarifas	Pk de C	Fila
<b>Moderado:</b> asociado generalmente a los procesos similares previos que han experimentado incidentes ocasionales, pero no en proporciones importantes	1 en 80	0,83 <sup>3</sup>	6
	1 en 400	1,00 <sup>3</sup>	5
	1 de 2000	1,17 <sup>3</sup>	4
<b>Bajo:</b> los incidentes aislados se asociaron a procesos similares	1 en 15.000	1,33 <sup>3</sup>	3
<b>Muy bajo:</b> solamente los incidentes aislados se asocian a procesos casi idénticos	1 en 150.000	1,50 <sup>3</sup>	2

**Tabla 14. Detección de una causa del modo de fallo en un proceso AMEF**

DETECCIÓN	CRITERIOS: PROBABILIDAD DE LA DETECCIÓN POR CONTROL DEL DISEÑO	FILA
Casi imposible	Ninguno de los controles disponibles detectar incidente modo o causa	10
Muy alejado	Los controles actuales tiene una probabilidad muy alejada de detectar modo o causa de fallo	9
Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad alejada de detectar modo o causa de fallo	8
Muy bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad muy baja de detectar modo o causa de fallo	7
Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad baja de detectar modo o causa de fallo	6
Moderado	Los controles actuales tienen una probabilidad moderada de detectar modo o causa de fallo	5
Moderadamente alto	Los controles actuales tienen una probabilidad moderadamente alta de detectar modo o causa de fallo	4
Alto	Los controles actuales tienen una alta probabilidad de detectar modo o causa de fallo	3

DETECCIÓN	CRITERIOS: PROBABILIDAD DE LA DETECCIÓN POR CONTROL DEL DISEÑO	FILA
Muy alto	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alta de detectar modo o causa de fallo	2
Casi seguro	Controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares	1

## 4.5 HOJA DE DECISION

En esta etapa de la metodología finalmente se integran las tareas y las consecuencias y es donde se pueden responder las últimas tres preguntas de la metodología RCM, ¿Qué importa si falla? ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla? ¿Qué debe hacerse en caso de no encontrar una tarea proactivamente apropiada?

Para dar solución a estos interrogantes damos uso a la hoja de toma de decisiones, basándonos en un diagrama de decisiones o árbol lógico (figura 29).

**4.5.1 Diagrama de Decisiones.** Después de tener el análisis de equipos con alto índice de criticidad y sus partes analizadas en el AMEF, se elaborara el árbol lógico de decisiones de mantenimiento respectivas según el RCM, este diagrama consta de una secuencia de acciones a realizarse respondiendo una serie de cuestionamientos que permiten dar una salida lógica a las actividades de mantenimiento que se puedan presentar frente a una situación de fallo. Este es el punto de partida para el diseño de las estrategias a seguir en cuestión de mantenimiento.

Figura 30. Árbol Lógico de Decisiones de las Actividades de Mantenimiento.



**4.5.2 La Hoja De Información.** Antes de la realización de la hoja de decisiones se debe tener en cuenta que hay que estratificar la referencia de información para establecer las tareas propuestas, esto lo obtenemos del análisis que se hizo en el AMEF plasmando la información de modo de fallas y causas potenciales.

También este formato nos permite referenciarle a cada equipo un código según su ubicación en la planta, el elemento de máquina o pieza, su función, modo y causas de fallos.

El formato de hoja de información (Tabla 15) genera un código para introducirse al software PMX – PRO y así tener codificadas todas las fallas de todos los equipos.

**Tabla 15. Hoja de Información.**

NOMBRE DEL EQUIPO:						
SECCIÓN:						
Pieza	Función que desempeña (F)		Modo de fallo funcional (MF)		Causas potenciales de fallo (CF)	
XXXX	1	XXXXX	A	XXXXX	1	XXXXX
					2	XXXXX
			B	XXXXX	1	XXXXX

La función que desempeña (F) se define como 1, está asociado al modo de falla funcional (MF) como sobrecarga la cual se define como A, y finalmente la causa potencial de fallo (CF) como taponamiento se define como 1. Entonces para identificar el código obtenido de la estratificación sería 1A1.

Entonces la codificación de fallas sería:

Código del equipo + Pieza + Modo de Falla + Causa de Falla

Ejemplo:

**17 – 166 – 1A1**

Donde,

**17** = Sección Mantenimiento Diesel

**166** = Retroexcavadora Caterpillar 312

**1 A 1** = Falla = Rotura – Cucharón – Golpe.

Según lo anterior podemos dar un formato para la hoja de toma de decisiones de la siguiente forma (Tabla 16).

**Tabla 16. Formato de Hoja de Toma de Decisiones.**

HOJA DE DECISIONES			Sección:						Facilitador:			Fecha:	Hoja N°		
			Equipo:						Auditor:			Fecha:			
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				P 1	P 2	P 3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
							Q 1	Q 2	Q 3						
F	M F	CF	P	Q	X	Y	X 1	X 2	X 3	P 4	P 5	Q 4			
							Y 1	Y 2	Y 3						

Al tener este modelo a seguir podemos dar respuesta a las preguntas dadas en el árbol de decisiones y en función de dichas respuestas registrar:

- Que se garantizará un mantenimiento de rutina, una persona encargada y que se tendrán en cuenta factores como frecuencia de fallas y ocurrencia dentro de un histórico de datos del equipo.
- Que si hay fallas en el diseño organizacional de la sección o línea de trabajo, se contara con un encargado en la dependencia de mantenimiento que dará solución a este ítem.
- Habrá una evaluación de consecuencias que permitan la flexibilidad de la línea permitiendo así que si hay algún fallo de carácter inesperado se pueda controlar.

El formato de toma de decisiones comprende diferentes columnas de diferentes importancias. Las tres primeras (F), (MF) Y (CF) identifican la función, el modo y las causas. Se utilizan para correlacionar las referencias de las hojas de información dentro del formato de toma de decisiones.

Las siguientes diez columnas se refieren a las preguntas del árbol lógico de decisiones en donde las letras en mayúscula son utilizadas para registrar las respuestas (Si o No) de las preguntas concernientes a las consecuencias de modos de falla. Las letras con subíndice 1, 2 y 3 registran si se ha sido seleccionada una tarea proactiva, y si es así, que tipo de tarea. Las letras con subíndice 4, 5 si se hace necesario responder preguntas sobre tareas reprogramadas, necesidad de mantenimiento programado o el de rediseñar la línea de producción. Por último se tienen tres columnas en donde se proponen las tareas de propuestas de mantenimiento, el intervalo de tiempo y el personal encargado a realizar esas tareas.

Terminado el análisis por medio de las herramientas dadas en la metodología, se da paso al cronograma de actividades obtenidas como resultado de la hoja de decisiones y al formato de órdenes de trabajo que según el software PMX PRO son generadas.

La orden de trabajo es un registro básico para la administración del mantenimiento, donde se detalla en forma escrita la orden que generó el software y que el ingeniero de mantenimiento da a conocer al operario pertinente, que debe realizar las tareas programadas en fechas determinadas, siguiendo los códigos tanto de máquina, como de tarea programada en la hoja de decisiones.

#### **4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO**

Las actividades que se obtengan de los manuales de los fabricantes y de la experiencia del personal de mantenimiento, serán las mismas que tengan que ver con: lubricación, limpieza, ajustes e inspecciones; acciones que deben ser ejecutadas por operadores y personal del taller. Para lograr un mejor control de las actividades se les ha dividido en diferentes niveles, tal como lo muestra la siguiente tabla.

**Tabla 17. Niveles del Plan de Mantenimiento Propuesto**

NIVELES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ACTIVIDADES
Mantenimiento Diario	Diariamente	Realizar niveles y realizar la inspección visual alrededor del equipo.
Mantenimiento rutinario, lubricación y engrase.	Intervenciones regulares a lo largo de la vida del equipo.	Engrases, cambios de aceites y filtros.
Mantenimiento Preventivo. Tipo A (Ajustes y servicios)	Cada mes	Revisiones sistemáticas que tratan de encontrar anomalías no identificadas por el operador.
Mantenimiento Preventivo. Tipo B (Ajustes y servicios)	Cada 6 meses	Revisiones sistemáticas de partes y accesorios.
Mantenimiento Predictivo	Cada 5000 horas	Análisis de aceites.

**4.6.1 Niveles de mantenimiento.** Este proceso tiene como finalidad detectar síntomas de posibles fallas de los componentes más importantes de los equipos, las operaciones serán realizadas por los mecánicos a través de una lista comprobatoria o de chequeo.

Se trata de realizar un diagnóstico de la unidad a modo de transferir la unidad del operador al mecánico, en otras palabras el operador deberá mantener su unidad que opera y reportar al departamento de mantenimiento por un desgaste o una falla considerada normal, pero no entregarlas en malas condiciones.

Cada intervención anterior está incluido el mantenimiento subsiguiente, es decir el mantenimiento tipo B incluye al tipo A y así sucesivamente. En cada mantenimiento posterior se realizaran más intervenciones que la anterior lo que implica mayor tiempo de la unidad, se encuentre no disponible.

➤ **Mantenimiento Diario:**

**Responsable:** El operador o ayudante

**Objetivo:** Comprometer al operador con el mantenimiento.

**Meta:** Garantizar la operación continua a través de inspecciones visuales y comprobación de niveles.

**Descripción de actividades y frecuencias:** En las tablas para cada equipo y en los cronogramas de mantenimiento se muestran las actividades y sus tiempos.

➤ **Mantenimiento Tipo A:**

**Responsables:** Personal de Taller de Industrial.

**Objetivo:** Se trata de revisiones sistemáticas para observar fallas eventuales que se pueden realizar durante el abastecimiento de combustible si el equipo se encuentra en algún frente de trabajo o en el taller dependiendo el caso cuyo propósito es identificar visualmente algunas anomalías no detectadas por el operador.

**Meta:** Asegurar la vida útil de los componentes necesarios para reponer el potencial de trabajo de la unidades.

**Descripción de actividades y frecuencias:** En las tablas para cada equipo y en los cronogramas de mantenimiento se muestran las actividades y sus tiempos.

➤ **Mantenimiento Tipo B:**

**Responsables:** Personal de Mantenimiento Diesel

**Objetivo:** Revisar sistemáticamente partes, elementos y accesorios, revisiones que pueden resultar en cambios de partes o elementos.

**Meta:** Asegurar la vida útil de los componentes necesarios para reponer el potencial de trabajo de la unidades.

**Descripción de actividades y frecuencias:** En las tablas para cada equipo y en los cronogramas de mantenimiento se muestran las actividades y sus tiempos.

➤ **Mantenimiento Predictivo:**

**Responsables:** Técnico de Mantenimiento

**Objetivo:** Reducción de los costes de operación y de mantenimiento incrementando la fiabilidad del equipo.

**Meta:** Optimizar el funcionamiento de los equipos por medio de monitoreo.

**Descripción de actividades y frecuencias:** Monitoreo de aceites cada 5000 horas de trabajo.

**4.6.2 Acciones a falta de.** Una característica de RCM como estrategia de mantenimiento es el enfoque en las consecuencias de falla. Para el caso de Ladrillos y Tubos Ltda este enfoque se dirige hacia las consecuencias operacionales, dónde se evalúa el impacto de la falla en el proceso, en la producción y el costo de reparación. En el contexto operacional presente de la planta y de los equipos críticos, las tareas sistemáticas responden bien a la necesidad de la empresa, un mantenimiento con tiempo de reparación corto que además permita un tiempo de operación largo.

Se sugiere, sin embargo, llevar a cabo las siguientes acciones de mantenimiento, en caso de una desviación continua e indeseada de los indicadores de mantenimiento esperados (mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad).

## **4.7 ANÁLISIS DE EQUIPOS CRÍTICOS**

**4.7.1 Retroexcavadora Caterpillar 312D.** La retroexcavadora es un equipo vital para la empresa que encabeza todo el sistema de producción en Ladrillos y Tubos Ltda; está ubicada en la sección de extracción de materia prima (patios de extracción y maduración de tierras). Su función principal es extraer la arcilla de la mina para ser suministrada a todo el sistema de producción, haciendo los procesos de excavación de zangas para mezcla de las diferentes capas de tierra de la mena y su extracción hacia la zona de envejecimiento de arcilla.

**Figura 31. Retroexcavadora Caterpillar 312D**



Fuente: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C420100>

El contexto operacional es el entorno donde, como, cuando, por que funciona el equipo, para el cual fue creado; la siguiente tabla expone de manera resumida estos aspectos que tienen que ver con la relación existente entre el funcionamiento esperado del equipo y la estrategia de mantenimiento seleccionada (RCM).

**Tabla 18. Contexto Operacional Retroexcavadora 312D**

CONTEXTO OPERACIONAL	
¿Cuáles son las funciones del equipo?	El equipo hace las funciones de excavación de zanjas y extracción de material arcilloso para la producción de ladrillos.
¿De que forma puede fallar?	La probabilidad más alta de que algún elemento pueda fallar sería la bomba del sistema hidráulico principal, ya que puede pasar contaminante en el aceite, pequeñas partículas que hacen que se rayen las paredes de la bomba, los sellos y

---

---

## CONTEXTO OPERACIONAL

---

---

	empaques. Ella es la encargada de enviar aceite a los todos los componentes hidráulicos del sistema para su movimiento y sin ella el trabajo de las piezas deja de ser continuo y por tanto esta sería una falla total que generaría un detenimiento de la máquina.
¿Qué causa que falle?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Que no haya buena lubricación, ni un buen filtrado de aceite.</li><li>• Que no se inspeccione constantemente la máquina.</li><li>• La falta de mantenimiento.</li></ul>
¿Qué sucede cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las piezas al no ser lubricadas se pueden fundir por la alta temperatura que se alcanza al rozar.</li><li>• Sobrecargas, desgaste y rotura de elementos.</li></ul>
¿Qué ocurre cuando falla?	Los sistemas dejan de funcionar correctamente y la máquina se para.
¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?	Es necesario hacer un buen mantenimiento y cambio de filtros, aceites y revisiones periódicas.
¿Qué sucede si no se puede prevenirse el fallo?	Se para la máquina generando una detención ocasionando incumplimiento en las entregas, afectando la cadena de producción y los clientes finales.

---

---

Sus principales características técnicas son:

- El equipo cuenta con un motor CAT C4.2 con tecnología Acert (tecnología de reducción de emisiones y combustión avanzada).
- Cuenta con un control de dos etapas de comando One Touch y el suministro de combustible es regulado por el controlador Adem A4.
- El cigüeñal es forjado de una sola pieza, endurecido por inducción y los pistones son de aleación de aluminio.
- Los motores de desplazamiento cuentan con selección automática de velocidad.
- El filtro de aire cuenta con un núcleo filtrante de doble capa de sello radial, el filtro de retorno hidráulico es de tipo cápsula y es accesible desde la parte exterior del tanque.

- El condensador horizontal del aire acondicionado de la cabina es removible hacia afuera.

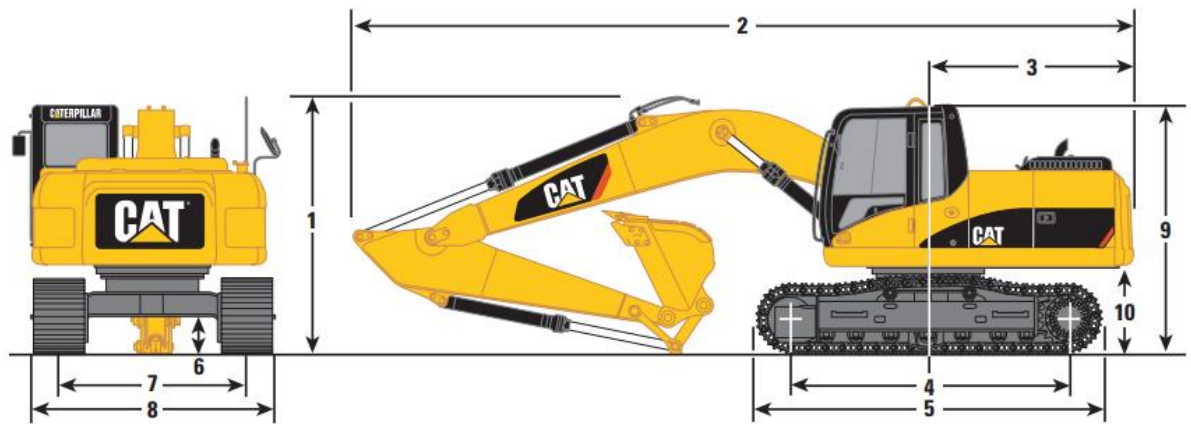
**Figura 32. Partes Retroexcavadora 312D**



Fuente: Catalogo Excavadora Caterpillar 312D

En la figura 37 se muestran las dimensiones del equipo de acuerdo a su fabricante, se precisan longitudes que son importantes en cuanto a la maniobrabilidad del equipo y en cuanto a su rendimiento como lo es la longitud de su brazo y el tamaño de la cuchara, ésta última dimensión importante en el cálculo del volumen de tierra removido parámetro fundamental del cálculo del rendimiento del equipo. Las dimensiones están en mm.

**Figura 33. Dimensiones Retroexcavadora 312D**



Opciones de pluma	Alcance	Alcance	Alcance
Opciones de brazo	2,5 m (8'2")	2,8 m (9'2")	3,0 m (9'10")
<b>1</b> Altura de embarque	2.830 mm (9'3")	2.970 mm (9'9")	2.830 mm (9'3")
<b>2</b> Longitud de embarque	7.610 mm (25'0")	7.590 mm (24'11")	7.610 mm (25'0")
<b>3</b> Radio de giro de cola	2.140 mm (7'0")	2.140 mm (7'0")	2.140 mm (7'0")
<b>4</b> Longitud hasta el centro de los rodillos			
312D	2.780 mm (9'1")	2.780 mm (9'1")	2.780 mm (9'1")
312D L	3.040 mm (10'0")	3.040 mm (10'0")	3.040 mm (10'0")
<b>5</b> Longitud de cadena			
312D	3.490 mm (11'5")	3.490 mm (11'5")	3.490 mm (11'5")
312D L	3.750 mm (12'4")	3.750 mm (12'4")	3.750 mm (12'4")
<b>6</b> Espacio libre sobre el suelo	430 mm (1'5")	430 mm (1'5")	430 mm (1'5")
<b>7</b> Entrevía			
312D	1.990 mm (6'6")	1.990 mm (6'6")	1.990 mm (6'6")
312D L	1.990 mm (6'6")	1.990 mm (6'6")	1.990 mm (6'6")
<b>8</b> Ancho de transporte	Zapatas de 500 mm (20")	Zapatas de 600 mm (24")	Zapatas de 700 mm (28")
312D	2.490 mm (8'2")	2.590 mm (8'6")	2.690 mm (8'10")
312D L	2.490 mm (8'2")	2.590 mm (8'6")	2.690 mm (8'10")
<b>9</b> Altura de la cabina	2.760 mm (9'1")	2.760 mm (9'1")	2.760 mm (9'1")
<b>10</b> Espacio libre del contrapeso	915 mm (3'0")	915 mm (3'0")	915 mm (3'0")

Fuente: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C420100>

**Tabla 19. AMEF de Retroexcavadora 312 Caterpillar**

<b>Nombre del Equipo:</b> Retroexcavadora 312 Caterpillar
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b>
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014	(Rev) _____

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
Puntas de Cucharón	Excavar el material de la mena de arcilla	Rotura	Daño estructural	8	Golpes	3	Ninguno	3	72
			Desgaste de material	4	Sobrecarga	2	Inspección Visual	3	24
			Desgaste de material	2	Intemperie	3	Inspección Visual	4	24
Acoples de mangueras	Acoplan las mangueras del sistema hidráulico	Partidura de los acoples	Parada de máquina	10	Uso inadecuado de la máquina	6	Inspección Visual	4	240
Oruga	Dar movimiento de traslación de la máquina.	Rotura de bujes	Parada de máquina	9	Poca fuga en la comba de la cadena	4	Ninguno	4	144
Retenedores de vástagos	No permite la fuga de hidráulico por los vástagos	Pérdida del aceite hidráulico	Falla en el sistema hidráulico	8	Tiempo de vida útil	5	Inspección Visual	3	120
Filtros	Filtrar el fluido de los sistemas.	Taponamiento	Consumo excesivo de combustible.	7	Suciedad	3	Inspección Visual	6	126
			Falla de potencia de motor	6	Suciedad	3	Inspección Visual	6	108

Nombre del Equipo: Retroexcavadora 312 Caterpillar

Responsable:

Preparado por: Freddy L. Prada

Hoja 1 de 2

AMEF Fecha: 2/Ene/2014

(Rev) \_\_\_\_\_

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
			Recalentamiento	6	Suciedad	3	Inspección Visual	5	90
		Rotura	No hay tracción	8	Desgaste	2	Inspección Visual	2	32
		Fricción	Sobrecalentamiento	8	Desgaste de metales	3	Mantenimiento Mayor	4	96
Tren de Potencia	Transmisión de potencia.	Desbalanceo	Alta vibración	9	Falla de mantenimiento	1	Acción Correctiva	8	72
				9	Falla de montaje	2	Mantenimiento Mayor	8	144
		Daño motor	Pérdida de Potencia	10	Mal Sincronismo	4	Inspección Visual	5	200
		Rotura de Guayas	No se puede frenar	7	Desgaste, sobrecarga	3	Acción Correctiva	3	63
Sistema de Frenos	Frenado del sistema	Alabeado	Vibraciones	6	Sobrecalentamiento	4	Acción Correctiva	5	120
		Fugas de aceite	Frenado condicionado	5	Sobrecarga.	2	Inspección Visual	4	40
Sistema	Dar electricidad al	Descarga del	Batería no funcional	8	Tiempo de vida	3	Acción Correctiva	2	48

<b>Nombre del Equipo:</b> Retroexcavadora 312 Caterpillar
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b>
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014	(Rev) _____

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
Eléctrico	sistema	sistema			finalizado				
		Descargue de batería	No se produce corriente	6	Bajo nivel de líquido.	3	Mantenimiento Preventivo	2	36
		Recalentamiento	Corto circuito	5	Cables sulfatados.	2	Acción Correctiva	2	20
Sistema Hidráulico	Generar movimiento de mecanismos.	Fugas de aceite	Mala lubricación	9	Desgaste de sellos	5	Mantenimiento Mayor	3	135
		Fricción	Sobrecalentamiento	6	Desgaste de mecanismos	4	Acción Correctiva	3	72
		Recalentamiento	Paro de Bomba	7	Mala calidad de aceite	5	Acción Preventiva	4	140
Bomba Hidráulica	Bombeo de aceite necesario para generar movimiento del sistema hidráulico.	Perdida de presión.	No hay retención de aceite.	6	Daño de sellos	5	Acción Correctiva	5	150
		Taponamiento	No hay paso de aceite al sistema.	7	Taponamiento de filtros	4	Acción Preventiva	3	84
		Código de falla en el sistema (Tablero de	Daño de los elementos del sist.	7	Contaminación de aceite	4	Acción Preventiva	3	84

**Tabla 20. Hoja De Información Retroexcavadora 312 Caterpillar**

<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> Retroexcavadora 312 Caterpillar						
<b>SECCIÓN:</b> Mantenimiento Diesel						
<b>Pieza</b>	<b>Función que desempeña (F)</b>		<b>Modo de fallo funcional (MF)</b>		<b>Causas potenciales de fallo (CF)</b>	
Puntas de Cucharón	1	Excavar el material de la mena de arcilla.	A	Rotura	1	Golpes
					2	Sobrecarga
			B	Oxidación	1	Intemperie
Acoples de mangueras	2	Acoplan las mangueras del sistema hidráulico	A	Partidura de los acoples	1	Uso inadecuado de la máquina
Oruga	3	Dar movimiento de traslación de la máquina.	A	Rotura de bujes	1	Poca fuga en la comba de la cadena
Retenedores de vástagos	4	No permite la fuga de hidráulico por los vástagos	A	Pérdida del aceite hidráulico	1	Tiempo de vida útil
Filtros	5	Filtrar el fluido de los sistemas.	A	Taponamiento	1	Suciedad
					2	Suciedad
					3	Suciedad
Tren de Potencia	6	Transmisión de potencia.	A	Rotura	1	Desgaste
			B	Fricción	1	Desgaste de metales
			C	Desbalanceo	1	Falla de mantenimiento
					2	Falla de montaje
			D	Daño motor	1	Mal Sincronismo
Sistema de Frenos	7	Frenado del sistema	A	Rotura de Guayas	1	Desgaste, sobrecarga
			B	Alabeado	1	Sobrecalentamiento
			C	Fugas de aceite	1	Sobrecarga.
Sistema Eléctrico	8	Dar electricidad al sistema	A	Descarga del sistema	1	Tiempo de vida finalizado
			B	Descargue de batería	1	Bajo nivel de líquido.
			C	Recalentamiento	1	Cables sulfatados.
Sistema Hidráulico	9	Generar movimiento de mecanismos.	A	Fugas de aceite	1	Desgaste de sellos
			B	Fricción	1	Desgaste de mecanismos
Bomba	10	Bombeo de aceite	A	Recalentamiento	1	Mala calidad de aceite

<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> Retroexcavadora 312 Caterpillar						
<b>SECCIÓN:</b> Mantenimiento Diesel						
Hidráulica		necesario para generar movimiento del sistema hidráulico	B	Perdida de Presión	1	Daño de Sellos
			C	Taponamiento	1	Taponamiento de filtros
			D	Código de falla en el sistema (Tablero de mando)	1	Contaminación del aceite

**Tabla 21. Hoja De Decisiones Retroexcavadora 312 Caterpillar**

HOJA DE DECISIONES			Sección: Transporte y preparación de arenas										Facilitador:		Fecha:	Hoja N°
			Equipo: Retroexcavadora 312 Caterpillar										Auditor:		Fecha:	
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:	
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3	P4	P5	Q4				
							X1	X2	X3							
							Y1	Y2	Y3							
Puntas de Cucharón																
1	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión y control de operación	2 semanas	Operario	
1	A	2	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos de sujeción	1 semanas	Operario	
1	B	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Verificación de equipo	4 semanas	Operario	
Acoples de mangueras																
2	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión o cambio de acople	10 meses	Mecánico	
Oruga																
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Inspección visual	6 semanas	Operario	
Retenedores de vástagos																
4	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión sellos y reposición de aceite	4 meses	Mecánico	
Filtros																
5	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión y limpieza	3 semanas	Operario	
5	A	2	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de filtro de aceite	5 meses	Mecánico	
5	A	3	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de filtro de aire	6 meses	Mecánico	
Tren de Potencia																

HOJA DE DECISIONES			Sección: Transporte y preparación de arenas							Facilitador:			Fecha:	Hoja N°		
			Equipo: Retroexcavadora 312 Caterpillar							Auditor:			Fecha:			
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de				Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3	P4	P5	Q4				
			X1	X2	X3											
6	A	1	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N	Lubricación de componentes	3 meses	Mtto Ind	
6	B	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Lubricación de componentes	10 semana	Mtto Ind	
6	C	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Revisión periódica	4 semanas	Operario	
6	C	2	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Revisión de montaje	4 semanas	Mtto Ind	
6	D	1	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N	Cambio de aceite	4 meses	Operario	
Sistema de Frenos																
7	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de Guayas	12 meses	Mtto Ind	
7	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	3 meses	Operario	
7	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	4 semanas	Operario	
Sistema Eléctrico																
8	A	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Cambio de Batería	24 meses	Electricista	
8	B	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Adición de liquido para Batería	2 semanas	Operario	
8	C	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos térmicos	3 semanas	Operario	
Sistema Hidráulico																
9	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de mangueras y ductos	2 meses	Operario	
9	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	4 semanas	Operario	



**Tabla 23. Mantenimiento para Retroexcavadora 312 Caterpillar**

---

**Departamento de Mantenimiento**  
(Hoja a cargo del Operador)

---

**INSPECCION VISUAL ALREDEDOR DEL VEHICULO**

---

1. **Comportamiento del Motor:** Observar fugas de aceite o combustible, partes flojas, cables sueltos, exceso de suciedad.
2. **Sistema de Enfriamiento:** Observar fugas, estado de radiador, abolladuras, suciedad, mangueras, abrazaderas flojas.
3. **Transmisión:** Observar fugas de aceite. En las transmisiones hidrostáticas verificar estado general de mangueras, roturas o rozamientos, varillas de control flojas.
4. **Mandos Finales y Diferenciales:** Observar fugas de aceite.
5. **Dirección:** Observar fugas de aceite, estado general de mangueras, roturas o rozamientos.
6. **Orugas:** Observar lozas, bujes y uniones, roturas o rozamientos.

---

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Mensual)**

---

7. **Motor y Sistema Eléctrico:** Calibrar válvulas.  
Revisar ajuste de pernos y montaje del múltiple admisión y escape.  
Revisar estado y funcionamiento de inyectores.  
Revisar compresión del motor.  
Revisar funcionamiento del termostato.  
Lavar radiador, revisar cables y terminales para batería.  
Comprobar carga de la batería.  
Comprobar funcionamiento de las bujías de precalentamiento.  
Revisar estado de terminales de los elementos del sistema.
8. **Servotransmisión:** Revisar temperatura, comprobar presión del aceite.
9. **Sistema Hidráulico:** Revisar rotulas y casquillos de los cilindros hidráulicos.  
Revisar vástagos de los cilindros hidráulicos.  
Revisar bomba hidráulica (Fugas, ruidos inusuales)  
Revisar tipo de aceite y calidad de aceites usados en los equipos.  
Revisar tiempo de ciclo de trabajo de los cilindros hidráulicos.
10. **Tren de Rodaje:** Revisar desgaste de elementos del tren de rodaje (ruedas, guías, rodillos inferiores, zapatas)  
Revisar fugas de lubricante en ruedas motrices, orugas, guías y rodillos.  
Revisar el estado de las válvulas de desahogo de grasa del mecanismo ajustador de cadenas, revisar estado de protectores.
11. **Implementos:** Revisar pernos faltantes, desgastados.

---

---

## Departamento de Mantenimiento

(Hoja a cargo del Operador)

---

Revisar estado de esquineros, protectores laterales, cuadros, cuchillas y puntas.

De hojas de empuje, cucharones.

---

### MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Semanal)

---

12. **Revisión de niveles:** Carter del aceite del motor  
Carter del aceite del convertidor y transmisión  
Transmisiones hidrostáticas, purgar el sistema desde el deposito
  13. **Radiador:** Comprobar nivel de líquido refrigerante
  14. **Batería:** Comprobar nivel de electrolito y agregar agua destilada de ser necesario, limpiar bornes.
  15. **Ante filtro de Aire:** Limpiar elemento.
  16. **Tanque de Combustible:** Drenar agua y sedimentos, llenar tanque al final de la jornada de trabajo.
  17. **Filtros de Combustible:** Drenar agua y sedimentos.
  18. **Tanque de Aire:** Drenar agua
  19. **Bandas de Ventilador:** Comprobar tensión y estado.
  20. **Instrumentos:** Al poner el motor en funcionamiento, observar que todos los instrumentos e iconos de alertas indiquen en forma normal.
- 

### LUBRICACIÓN DIARIA

---

21. **Rodillos del Tren de Rodaje:** Engrasar los cojinetes del eje vibrador dos veces al día. Use grasa con 3 a 5 % de bisulfuro de molibdeno.
  22. **Rodillos Vibratorios:** Semiejes del rodillo vibratorio  
Cojinete de palancas de comando de bombas hidrostáticas  
Crucetas de Transmisión
  23. **Rodillos Neumáticos:** Cadenas de Transmisión  
Pines de oscilación de las ruedas.  
Articulaciones de la horquilla de las ruedas de dirección  
Cojinetes cilíndricos de dirección.
  24. **Rodillos Tándem y Triciclo:** Cadenas de Transmisión  
Engranaje de rodillos de propulsión.  
Articulaciones de la horquilla de dirección  
Cojinetes cilindros de dirección.
-

## **RECOMENDACIONES GENERALES DEL SERVICIO**

- 1.** Llene el tanque de combustible al fin de cada día de operación para desalojar el aire cargado de humedad y evitar condensación.
- 2.** Limpie bien todas las graseras, tapas y tapones antes de dar servicio para que no entre suciedad en los puntos que se van a comprobar niveles a lubricar.
- 3.** Para el radiador utilice líquido refrigerante o en su defecto, utilice agua limpia y sin minerales para que no se formen incrustaciones que perjudiquen la refrigeración del motor. No utilice agua a la que hayan agregado ablandadores químicos.
- 4.** Es recomendable agregar al líquido refrigerante con algún anticorrosivo, pus en la actualidad existe infinidad de estos refrigerantes, se debe mezclar en la proporción que indique el fabricante del mismo.
- 5.** Dejar de funcionar el motor a media aceleración hasta que llegue a la temperatura normal de trabajo, durante este periodo escuche si existe un algún ruido anormal, pruebe los controles y frenos, baje de la máquina y observe si hay fugas.
- 6.** El engrasado debe ser según recomienda el fabricante, luego de engrasar se deben limpiar los excesos de grasa.

A continuación se muestra el formato de plan detallado de trabajo (Tabla 24) correspondiente a las acciones de mantenimiento que van dentro del formato de Orden de Trabajo, propias de la nueva estrategia RCM adoptada por la empresa Ladrillos y Tubos Ltda.

Este formato fue diseñado esquemáticamente, con la intención de proporcionar una nueva y eficaz herramienta al ingeniero de mantenimiento, la cual permitirá hacer un seguimiento detallado del funcionamiento de los diferentes equipos, lo que a su vez facilitará la medición de los indicadores más importantes tales como confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

También brindará mayor agilidad en el momento de desarrollar cualquier acción de mantenimiento ya que se estandarizan los procedimientos o pasos a seguir, los cuales deberán ser incluidos en la orden de trabajo.

En el formato se detalla, el equipo, su función, su código (ubicación en la planta), se especifica el componente objeto del mantenimiento, se hacen recomendaciones de seguridad, se precisa la característica del componente, se debe describir brevemente el modo en que ocurrió la falla, se especifica la acción de mantenimiento a ejecutar las herramientas necesarias, el procedimiento estándar detallado paso por paso, el responsable y finalmente el supervisor.

**Tabla 24. Plan Detallado de Trabajo.**

<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>	
Fecha / / /	
Planta Ladrillos y Tubos Ltda	
<b>Equipo</b>	<b>Código</b>
<b>Función del Equipo</b>	<b>Componente</b>
<b>Característica del componente</b> Eléctrico ( ) Mecánico ( ) Hidráulico ( ) Neumático ( ) Electrónico ( )	<b>Recomendaciones de seguridad:</b>
<b>Descripción del modo de falla</b>	<b>Acción de mantenimiento</b> Preventiva ( ) Predictiva ( ) Correctiva ( ) Por Condición ( )
<b>Herramientas necesarias</b>	
<b>Procedimiento</b>	
<b>Responsable</b>	
<b>Supervisor</b>	

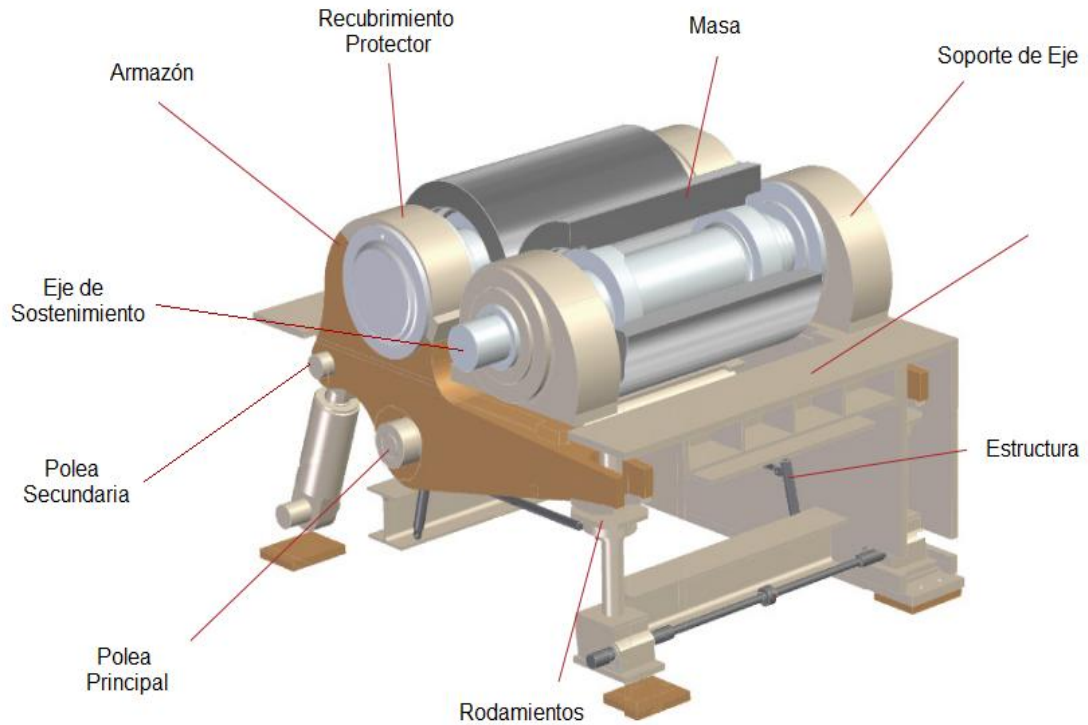
En el capítulo de anexos se podrá encontrar el PDT (Plan Detallado de Trabajo) para las acciones dadas de mantenimiento de los equipos críticos.

**Tabla 25. Acciones a falta de Retroexcavadora 312 Caterpillar**

Componente o Sistema	Modo de Falla	Acción a Falta de
Cucharón	Oxidación	Aplicación de inhibidores de corrosión
Acoples	Rotura	Mantenimiento correctivo
Orugas	Rotura de bujes y eslabones	Análisis periódico de detección de ultrasonido
Transmisión de potencia	Sobrecalentamiento por fricción	Análisis termo gráfico periódico
Sistema eléctrico	No se produce electricidad	Análisis de corriente identificando el balance entre las tres fases (desbalance no debe ser mayor a 3 %)
Sistema hidráulico	Fugas de aceite	Overhaulín, remplazo de todos los componentes

**4.7.2 Laminador LA – 6.** Es un equipo ubicado en la línea de molienda de arcilla, más específicamente el último equipo de la línea después del Sacapiedras (equipo crítico), donde su función es reducir el material arcilloso a láminas de pequeño grosor, estirando y desgarrando el material. Esto es a fin de procurar la rotura por corte, más que por colisión, de los núcleos de tierra más grandes y duros eventualmente presentes, provenientes de la mena de extracción de materia prima.

**Figura 34. Partes del Laminador LA – 6**



Fuente: [www.keller.de/05es/01bs/10ab/rollermills.html](http://www.keller.de/05es/01bs/10ab/rollermills.html)

En nuestro análisis de criticidad es el equipo con mayor nivel crítico debido a que según el histórico de la empresa es una máquina que presenta más fallas durante el transcurso del año, con mayor incidencia dentro de la cadena de producción.

**Tabla 26. Contexto Operacional Laminador LA – 6**

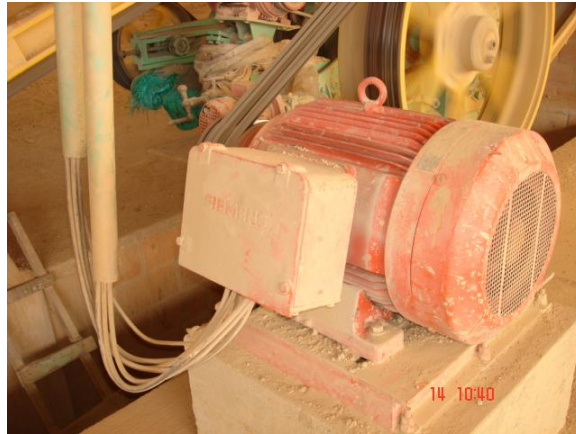
CONTEXTO OPERACIONAL	
¿Cuáles son las funciones del equipo?	Reducción del tamaño del material arcilloso que se entrega a la etapa de extrusión, amasado y corte.
¿De qué forma puede fallar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de partículas pétreas provenientes de la anterior etapa del proceso.</li> <li>• Alargamiento de la correa de transmisión.</li> <li>• Falla del motor por corto circuito, sobre voltaje.</li> </ul>
¿Qué causa que falle?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medio abrasivo.</li> <li>• Desbalance de fuerzas, tensiones.</li> </ul>

CONTEXTO OPERACIONAL	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régimen de velocidad no acorde al funcionamiento deseado del equipo.</li> </ul>
¿Qué sucede cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste adhesivo de las masas.</li> <li>• Desajuste de la correa de transmisión.</li> <li>• Mayor consumo de energía eléctrica, fatiga, fricción y calor excesivo.</li> </ul>
¿Qué ocurre cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay una granulometría óptima para el proceso de producción.</li> <li>• Laminado deficiente.</li> </ul>
¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección periódica de las masas.</li> <li>• Rectificado de las masas.</li> <li>• Alineamiento de correa.</li> <li>• Verificación visual de la condición del material arcilloso proveniente del equipo anterior.</li> </ul>
¿Qué sucede si no se puede prevenirse el fallo?	<p>Se para la máquina generando una detención ocasionando incumplimiento en las entregas.</p> <p>Desviación de los tiempos establecidos de producción.</p> <p>Afectación potencial a las etapas siguientes de producción.</p>

Sus características principales son:

- La máquina utiliza dos masas cilíndricas que permiten la compresión de la materia prima.
- Su transmisión de potencia se genera a través de una polea conductora, que es impulsada por un motor eléctrico de 60 HP, ubicado al lado del laminador.
- Switche de sobrecarga que protege el motor de cualquier exceso o sobre trabajo.
- Los rodamientos se encuentran aislados de cualquier posible contacto por el usuario.
- Consta de 2 ejes sostenedores de las masas de 5".
- Rectificador de masas con un motor de 1 HP con piedra de 12" por 1½"

**Figura 35. Motor de Laminador LA – 6**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

El laminador LA – 6 es parte fundamental de la línea de molienda y de la producción y si este equipo se detiene por cambio de masas, cambio de rodamientos o daños inesperados, genera un paro de la línea y por ende de la siguiente secuencia de fabricación, o sea la línea de extrusión, amasado y corte. Por eso es fundamental decretar por medio de un análisis AMEF todas sus fallas para poder determinar un plan de acción de mantenimiento de este equipo.

**Tabla 27. AMEF de Laminador LA – 6**

Nombre del Equipo: Laminador LA-6
Responsable:

Preparado por: Freddy L. Prada	Hoja 1 de 2
AMEF Fecha: 2/Ene/2014 (Revisión) _____	

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN	
Rodillos	Transmisión de potencia.	Desalineamiento	No se suelta la tierra	6	Sobrecarga	3	Inspección Visual	5	90	
		Desgaste	Deformación	8	Largos periodos de trabajo	5	Acción Correctiva	5	200	
		Fricción	Sobrecalentamiento	7	Mala Lubricación	3	Inspección Visual	2	42	
Rodamientos	Permite el giro del eje apoyado en la máquina.	Ruido	No hay tracción	7	Desgaste	3	Inspección Visual	3	63	
			Deformación del eje	8	Rotura de	3	Acción Correctiva	2	48	
			Sobrecalentamiento	7	Mala lubricación.	3	Inspección Visual	4	84	
Cilindros - Masas	Reducir material arcilloso a láminas de menor grosor.	Desgaste	No se reducen los terrones de tierra	7	Uso excesivo	4	Acción Correctiva	5	140	
			Desalineamiento	Roce de masas	8	Velocidades elevadas	4	Acción Correctiva	3	96
			Fricción	Sobrecalentamiento	6	Mala lubricación.	3	Acción Correctiva	4	72
			Porosidad	La mezcla se pega a la masa	3	Desgaste.	4	Ninguno	2	24

<b>Nombre del Equipo:</b> Laminador LA-6
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b>
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014 (Revisión) _____	

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
Polea	Transmisión de potencia.	Ruido	Alta vibración	7	Pernos flojos	2	Ninguno	4	56
				7	Desgaste de rodamiento	2	Acción Correctiva	3	42
Bandas - Correas	Transmisión de potencia.	Desgaste	Rotura	8	Correa forzada	3	Mantenimiento Preventivo.	5	120
				9	Severas cargas de choque	3	Mantenimiento Preventivo.	3	81
				6	Capacidad insuficiente	3	Mantenimiento Preventivo.	4	72
		Endurecimiento	Cristalización de la correa	6	Deslizamiento	6	Acción Correctiva	2	72
				6	Poleas gastadas	5	Acción Correctiva	2	60
				6	Temperatura excesiva	5	Acción Correctiva	2	50
Motor	Transformar energía eléctrica en mecánica	Corto Circuito	Parada de máquina	9	Contaminación interna	2	Mantenimiento Preventivo.	4	72
				9	Fallo de aislantes	2	Mantenimiento Preventivo.	6	108

<b>Nombre del Equipo:</b> Laminador LA-6
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b>
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014 (Revisión) _____	

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
		Fricción	Sobrecalentamiento	6	Exceso de carga en la punta del eje.	3	Acción Correctiva	3	54
				6	Sobretensión	2	Acción Correctiva	3	36
				5	Oscilación violenta en la tensión de alimentación	3	Inspección Visual	6	90
	Pico de Tensión		Vibraciones	5	Surtos de maniobra de banco de condensadores	2	Inspección Visual	6	60
				6	Largos periodos de trabajo	4	Inspección Visual	4	96
		Desgaste	Deformación	6	Dificultad de arranque (Alta Inercia)	2	Acción Correctiva	4	48
				6	Oscilaciones de tensión en las tres fases.	2	Inspección Visual	3	36

Entonces las fallas potenciales tomadas en el análisis de modos y efectos se resumen en los elementos de potencia y de sujeción del laminador, por tanto no se toman en cuenta otros elementos como bases de apoyo, tolva de recolección de arcilla ni elementos eléctricos, debido a la buena respuesta del departamento encargado de esta labor y la poca generación de detención del equipo por estas causas.

**Tabla 28. Hoja de Información Laminador LA - 6**

NOMBRE DEL EQUIPO: Laminador LA – 6								
SECCIÓN: Línea de Molienda de Arcilla								
Pieza	Función que desempeña (F)		Modo de fallo funcional (MF)		Causas potenciales de fallo (CF)			
Rodillos	1	Transmisión de potencia	A	Desalineamiento	1	Sobrecarga		
			B	Desgaste	1	Largos periodos de trabajo		
			C	Fricción	1	Mala lubricación		
Rodamientos	2	Permite el giro del eje apoyado en la máquina.	A	Ruido	1	Desgaste		
					2	Rotura		
					3	Mala lubricación.		
Cilindros - Masas	3	Reducir material arcilloso a láminas de menor grosor.	A	Desgaste	1	Uso excesivo		
					B	Desalineamiento	1	Velocidades elevadas
					C	Fricción	1	Mala lubricación.
					D	Porosidad	1	Desgaste.
Polea	4	Transmisión de potencia.	A	Ruido	1	Pernos flojos		
					2	Desgaste de rodamiento		
Bandas - Correas	5	Transmisión de potencia.	A	Desgaste	1	Correa forzada		
					2	Severas cargas de choque		
					3	Capacidad insuficiente		
			B	Endurecimiento	1	Deslizamiento		
					2	Poleas gastadas		
					3	Temperatura excesiva		
Motor	6	Transformar energía eléctrica en mecánica	A	Corto Circuito	1	Contaminación interna		
					2	Fallo de aislantes		

<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> Laminador LA – 6						
<b>SECCIÓN:</b> Línea de Molienda de Arcilla						
<b>Pieza</b>	<b>Función que desempeña (F)</b>		<b>Modo de fallo funcional (MF)</b>		<b>Causas potenciales de fallo (CF)</b>	
			B	Fricción	1	Exceso de carga en la punta del eje. Sobretensión
			C	Vibraciones	1	Oscilación violenta en la tensión de alimentación
					2	Surtos de maniobra de banco de condensadores
			D	Deformación	1	Largos periodos de trabajo
					2	Dificultad de arranque (Inercia)
					3	Oscilaciones de tensión en las tres fases.

Una vez diligenciados los diferentes formatos para el Laminador LA – 6 se puede establecer entonces, una toma de decisiones para cada falla que se presenta en el equipo, este es el formato visto en la tabla 16, formulando una tarea de mantenimiento que permita prevenir una parada del equipo no contemplada y así evitar que la línea de molienda produzca una disminución en la producción anual y represente pérdidas económicas y de rentabilidad.

También generamos un cronograma para el año 2014 (tabla 20) que pretende dos cosas: Primero dar al ingeniero de mantenimiento unas semanas estipuladas para que se guie de estas y pueda generar las ordenes de trabajo durante la semana para el Laminador LA – 6. Y segundo introducir estas fechas al software para el manejo estricto de estas tareas preventivas de mantenimiento y exista un control sistemático.

**Tabla 29. Hoja de Decisiones Laminador LA – 6**

HOJA DE DECISIONES			Sección: Molienda de Arcilla										Facilitador:			Fecha:	Hoja N°	
			Equipo: Laminador LA – 6										Auditor:			Fecha:		
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:			
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3									
							X1	X2	X3	P4	P5	Q4						
							Y1	Y2	Y3									
Rodillos																		
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Alineamiento de rodillos	6 semanas	Operario			
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Rectificación de pieza	12 meses	Mtto Ind			
1	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de rodillos	8 semanas	Mtto Ind			
Rodamientos																		
2	A	1	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Revisión de componentes	4 semanas	Operario			
2	A	2	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Cambio de rodamientos	12 meses	Mecánico			
2	A	3	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Lubricación de balineras	6 meses	Mtto Ind			
Cilindros - Masas																		
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Rectificación de masa	6 meses	Mtto Ind			
3	B	1	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	Revisión de reductor de velocidad	2 meses	Operario			
3	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de soportes	2 semanas	Mtto Ind			
3	D	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Inspección visual	2 meses	Operario			
Polea																		
4	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Ajuste de elementos	3 meses	Mtto Ind			
4	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de rodamiento	12 meses	Mtto Ind			

HOJA DE DECISIONES			Sección: Molienda de Arcilla										Facilitador:		Fecha:	Hoja N°
			Equipo: Laminador LA – 6										Auditor:		Fecha:	
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de				Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3							
							X1	X2	X3	P4	P5	Q4				
Bandas - Correas																
5	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Rectificación de distancia entre centros	6 semanas	Mtto Ind	
5	A	2	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión visual	2 semanas	Operario	
5	A	3	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Prueba de funcionamiento	4 semanas	Mecánico	
5	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos de sujeción	2 semanas	Operario	
5	B	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de correas	18 meses	Mtto Ind	
5	B	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de componentes	2 meses	Mtto Ind	
Motor																
6	A	1	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Revisión de circuitos	6 meses	Electricista	
6	A	2	S	N	N	N	N	S	N	N	N	N	Recambio de uniones y cables	12 meses	Electricista	
6	B	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Suspensión de eje	4 meses	Mecánico	
6	B	2	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión de soportes y acoples	8 semanas	Operario	
6	C	1	S	N	N	N	N	N	S	N	N	N	Escáner de motor	12 meses	Mecánico	
6	C	2	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Lubricación	4 semanas	Mtto Ind	
6	C	3	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Análisis eléctrico	6 meses	Electricista	

**Tabla 30. Cronograma de Actividades Laminador LA – 6**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	EQUIPO: Laminador LA - 6		AÑO: 2014																																																							
	SECCIÓN: Línea de Extrusión, Amasado y Humidificación		RESPONSABLE: Ing. Mantenimiento																																																							
LISTA DE ACTIVIDADES	SEMANAS ANUALES																																																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52						
Alineamiento de rodillos																																																										
Rectificación de pieza																																																										
Lubricación de rodillos																																																										
Revisión de componentes																																																										
Cambio de rodamientos																																																										
Lubricación de balineras																																																										
Rectificación de masa																																																										
Revisión de reductor de velocidad																																																										
Lubricación de soportes																																																										
Inspección visual																																																										
Ajuste de elementos																																																										
Cambio de rodamiento																																																										
Rectificación distancia entre centros																																																										
Revisión visual																																																										
Prueba de funcionamiento																																																										
Revisión de elementos de sujeción																																																										
Cambio de correas																																																										
Lubricación de componentes																																																										
Revisión de circuitos																																																										
Recambio de uniones y cables																																																										
Suspensión de eje																																																										
Revisión de soportes y acoples																																																										
Escáner de motor																																																										
Lubricación																																																										
Análisis eléctrico																																																										

**Tabla 31. Mantenimiento para Laminador LA – 6**

---

**Departamento de Mantenimiento**

(Hoja a cargo del Operador)

---

**INSPECCION VISUAL ALREDEDOR DEL EQUIPO**

---

1. **Comportamiento del Motor:** Observar partes flojas, cables sueltos, exceso de suciedad.
2. **Poleas:** Observar desajustes, estado de las poleas, abolladuras, suciedad, abrazaderas flojas.
3. **Transmisión de Potencia:** Verificar estado general de correas de transmisión, roturas o rozamientos, control de acoples.
4. **Bases y sostenimiento:** Observar si el equipo tiene movimientos y vibraciones por desajustes.
5. **Masas:** Inspección del estado de desgaste de la masa rápida y lenta.  
Revisar distancia entre masas, calibrar de ser necesario a distancia óptima.

---

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Mensual)**

---

6. **Motor y Sistema Eléctrico:** Revisar cables y empalmes.  
Revisar estado de terminales de los elementos del sistema.  
Revisar rectificadores de masas  
Mirar estado de piedra amoladora.  
Revisar carros de movimiento del rectificador.
7. **Rodillos:** Revisar alineamiento de rodillos.  
Revisar lubricación de soportes.  
Revisar distancia entre centros.
8. **Correas:** Revisar fragmentación o porosidades en las correas.  
Revisar alargamiento de las correas.  
Revisar alineamiento de la correa con la polea.

---

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Semanal)**

---

9. **Implementos:** Revisar pernos faltantes, desgastados.  
Revisar estado de esquineros, protectores laterales y puntas.  
Inspeccione los otros componentes de la transmisión tales como cojinetes, ejes, montajes del motor, y guías de ajuste.
-

---

**Departamento de Mantenimiento**

(Hoja a cargo del Operador)

---

**LUBRICACIÓN DIARIA**

---

10. **Rodillos de sostenimiento (Ejes):** Engrasar los cojinetes del eje. Use grasa con 3 a 5 % de bisulfuro de molibdeno.
  11. **Rectificadores:** Revise el funcionamiento de los rectificadores antes de ponerlos en funcionamiento. Verificar el estado de las piedras abrasivas.
  12. **Carros de desplazamiento:** Revisar y aplicar de ser necesario grasa a los elementos de movimiento, tornillos sin fin, cremalleras y manivelas.
- 

**Tabla 32. Acciones a falta de Laminador LA – 6**

Componente o Sistema	Modo de Falla	Acción a Falta de
Rodamientos	Fatiga	Análisis de vibraciones periódico
Cilindros	Desgaste	Mantenimiento correctivo
Polea	Ruido	Análisis termo gráfico periódico
Correa	Rotura	Mantenimiento correctivo Análisis termo gráfico periódico
Motor eléctrico	Bajo rendimiento transformación de energía eléctrica en mecánica deficiente o nula	Mantenimiento correctivo (reemplazo) Análisis de corriente (balance entre fases)

---

**4.7.3 Cargador Caterpillar 930.** Es un equipo ubicado en la sección de extracción y preparación de arenas, o sea que tiene dos funciones dentro de la empresa, la primera es recolectar las arenas del patio donde se almacena la materia prima envejecida proveniente del trabajo hecho por la Retroexcavadora hacia la línea de molienda en donde empieza el proceso de tratamiento de arcilla.

La segunda función es entregar la arcilla proveniente de la sección de molienda ya procesada a las líneas # 3 y # 5 de producción, que son las encargadas del

proceso de humidificación, amasado, extrusión y corte de ladrillo. Este equipo es muy importante para estas tres líneas, debido a que sin el no habría posibilidad de entregar este material generando una situación de parada las líneas de procesamiento de arenas.

**Figura 36. Partes del Cargador Caterpillar 930G**



Fuente: Catalogo Frontal Caterpillar 930G

Es uno de los equipos críticos de la empresa debido a que es un equipo único y está destinado para diferentes requerimientos que se desempeñan gracias a esta máquina y que no tiene un equipo replazante para sus funciones primordiales en la empresa. Su nivel de frecuencia de fallas es de cuatro al año y una consecuencia de 26.

A continuación se muestra el contexto operacional del Cargador 930, definiendo sus funciones bajo el punto de vista de la metodología seleccionada RCM.

**Tabla 33. Contexto Operacional Cargador Caterpillar 930G**

<b>CONTEXTO OPERACIONAL</b>	
¿Cuáles son las funciones del equipo?	El equipo transporta arcilla extraída por la retroexcavadora y la deposita en el cajón alimentador (línea de molienda). También transporta la arcilla molida hacia las dos líneas de producción
¿De qué forma puede fallar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulaciones en los filtros.</li> <li>• Pérdida de relación entre capacidad del cucharón y cajones alimentadores (mayor número de desplazamientos o mayor carga en el cucharón).</li> <li>• Falla del motor de arranque por corto circuito, sobre voltaje.</li> <li>• Lubricación escasa o nula</li> </ul>
¿Qué causa que falle?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se reemplazan los filtros en el momento oportuno</li> <li>• Falta de limpieza en el cucharón, falta de coordinación para la alimentación de los cajones</li> <li>• Falta de mantenimiento, pérdida de propiedad antioxidante del aceite hidráulico.</li> <li>• Pérdida de rendimiento en las baterías</li> </ul>
¿Qué sucede cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obstruye el conducto de entrada salida del filtro</li> <li>• Se somete a la máquina a un régimen de torque y velocidad mayor ( no deseado)</li> <li>• El sistema hidráulico pierde potencia</li> <li>• El arranque del motor diesel se hace más lento</li> </ul>
¿Qué ocurre cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las impurezas pueden retener el combustible , los sedimentos afectan las válvulas del sistema hidráulico</li> <li>• La temperatura del aceite sube lo que hace al operador reducir la carga del cucharón ( pérdida de tiempo productivo)</li> <li>• El régimen de velocidad requerido aumenta, lo que ocasiona, pérdida de tiempo y mayor consumo de combustible.</li> <li>• Se pierde tiempo de producción</li> </ul>
¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis técnico que incluya además de cambio de aceite, engrase y cambio de filtros; realización de prueba y</li> </ul>

---

---

### CONTEXTO OPERACIONAL

---

---

verificación requerida.

- Análisis de aceite periódico

¿Qué sucede si no se puede prevenirse el fallo?

Se para la máquina generando una detención del proceso productivo, ocasionando incumplimiento en las entregas.

Desviación de los tiempos establecidos de producción.

Afectación directa a las etapas siguientes de producción.

---

---

Sus principales características son:

- Un cucharón de capacidad de 2.1 a 5 metros cúbicos.
- Un motor de potencia neta de 159 HP
- Se desplaza a través de cuatro neumáticos.
- Un sistema hidráulico modular que proporciona ciclos de carga rápidos y control de amortiguación.
- Tren de fuerza generado de un motor de 6 seis cilindros junto con una servo transmisión que se adapta a un par de ejes direccionales.
- Sistema de monitoreo que vigila todos los sistemas de la máquina por medio de un control electrónico y un ECM (Modulo de Control Electrónico)

**Figura 37. Cargador Caterpillar 930G**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Tabla 34. AMEF de Cargador Caterpillar 930G**

Nombre del Equipo: Cargador 930 Caterpillar
Responsable:

Preparado por: Freddy L. Prada	Hoja 1 de 2
AMEF Fecha: 2/Ene/2014	(Revisión) _____

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
Cucharón	Acumula arena para ser movida de lugar.	Rotura	Daño estructural	8	Golpes	2	Inspección Visual	2	32
			Desgaste de material	4	Sobrecarga.	2	Inspección Visual	2	16
		Oxidación	Desgaste de material	2	Intemperie	3	Inspección Visual	2	12
Tren de Potencia	Transmisión de potencia.	Rotura	No hay tracción	8	Desgaste	2	Inspección Visual	2	32
		Fricción	Sobrecalentamiento	8	Desgaste de metales	3	Mantenimiento Mayor	4	96
					Falla de mantenimiento	1	Acción Correctiva	8	72
		Desbalanceo	Alta vibración	9	Falla de montaje	1	Mantenimiento Mayor	8	72
			Pérdida de Potencia	10	Mal Sincronismo	4	Inspección Visual	6	240
			Deformaciones	9	Sobrecarga.	4	Inspección Visual	6	216
Sistema de Frenos	Frenado del sistema	Rotura de Guayas	No se puede frenar	8	Desgaste, sobrecarga	3	Acción Correctiva	3	72

**Nombre del Equipo:** Cargador 930 Caterpillar

**Responsable:**

**Preparado por:** Freddy L. Prada

Hoja 1 de 2

**AMEF Fecha:** 2/Ene/2014

(Revisión) \_\_\_\_\_

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
		Alabeado	Vibraciones	5	Sobrecalentamiento	3	Acción Correctiva	4	60
		Fugas de aceite	Frenado condicionado	5	Sobrecarga.	3	Inspección Visual	4	60
Sistema Eléctrico	Dar electricidad al sistema	Descarga del sistema	Batería no funcional	8	Tiempo de vida finalizado	3	Acción Correctiva	2	48
		Descargue de batería	No se produce corriente	6	Bajo nivel de líquido.	3	Mantenimiento Preventivo	2	36
		Recalentamiento	Corto circuito	5	Cables sulfatados.	2	Acción Correctiva	2	20
Neumáticos	Sostenimiento y movilización del cargador.	Pinchazo	Parada de máquina	8	Circunstanciales	3	Acción Correctiva	1	24
		Presión inadecuada	Desgaste de llanta	5	Falta o exceso de aire	4	Inspección Visual	3	60
		Desestabilidad	Desalineación	5	Desgaste de neumáticos	3	Mantenimiento Preventivo	5	75
Sistema Hidráulico	Generar movimiento de mecanismos.	Fugas de aceite	Mala lubricación	9	Desgaste de sellos	5	Mantenimiento Mayor	3	135
		Fricción	Sobrecalentamiento	7	Desgaste de	4	Acción Correctiva	3	84

**Nombre del Equipo:** Cargador 930 Caterpillar

**Responsable:**

**Preparado por:** Freddy L. Prada

Hoja 1 de 2

**AMEF Fecha:** 2/Ene/2014

(Revisión) \_\_\_\_\_

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
mecanismos									
Nivel de aceite	Controla la cantidad necesaria de aceite en el motor.	Obstrucción de nivel	Parada de motor	9	Aceite contaminado	3	Inspección Visual	6	162
		Descalibración	Sobrecalentamiento	6	Error de montaje	5	Inspección Visual	5	150
		Bajo nivel de aceite	Sobrecalentamiento	6	Descalibración	5	Mantenimiento Preventivo	5	150
Palanca Universal	Dispositivo de control, controla la transmisión y dirección.	Desgaste.	No entran los cambios	7	Daño de buje de palanca	2	Acción Correctiva	2	28
		Rotura de Palanca	No hay tracción	7	Desgaste de material	1	Inspección Visual	1	7
Sistema de Monitoreo	Controla el funcionamiento de los sistemas	Daño de sensores	No se ven la acciones	6	Corto circuito	3	Acción Correctiva	3	54
		Desgaste	No se ven la acciones	5	Golpes	3	Acción Correctiva	3	45
		Luces	No genera luz	5	Daño de bombillos	3	Inspección Visual	2	30

**Tabla 35. Hoja De Información Cargador 930GCaterpillar**

NOMBRE DEL EQUIPO: Cargador 930 Caterpillar						
SECCIÓN: Línea de Mantenimiento Diesel						
Pieza	Función que desempeña (F)		Modo de fallo funcional (MF)		Causas potenciales de fallo (CF)	
Cucharón	1	Acumula arena para ser movida de lugar.	A	Rotura	1	Golpes
					2	Sobrecarga.
			B	Oxidación	1	Intemperie
Tren de Potencia	2	Transmisión de potencia.	A	Rotura	1	Desgaste
			B	Fricción	1	Desgaste de metales
			C	Desbalanceo	1	Falla de mantenimiento
					2	Falla de montaje
			D	Daño motor	1	Mal Sincronismo
					2	Sobrecarga.
Sistema de Frenos	3	Frenado del sistema	A	Rotura de Guayas	1	Desgaste, sobrecarga
			B	Alabeado	1	Sobrecalentamiento
			C	Fugas de aceite	1	Sobrecarga.
Sistema Eléctrico	4	Dar electricidad al sistema	A	Descarga del sistema	1	Tiempo de vida finalizado
			B	Descargue de batería	1	Bajo nivel de líquido.
			C	Recalentamiento	1	Cables sulfatados.
Neumáticos	5	Sostenimiento y movilización del cargador.	A	Pinchazo	1	Circunstanciales
			B	Presión inadecuada	1	Falta o exceso de aire
			C	Desestabilidad	1	Desgaste de neumáticos
Sistema Hidráulico	6	Generar movimiento de mecanismos.	A	Fugas de aceite	1	Desgaste de sellos
			B	Fricción	1	Desgaste de mecanismos
Nivel de aceite	7	Controla la cantidad necesaria de aceite en el motor.	A	Obstrucción de nivel	1	Aceite contaminado
			B	Descalibración	1	Error de montaje
			C	Bajo nivel de aceite	1	Descalibración
Palanca Universal	8	Dispositivo de control, controla la transmisión y dirección.	A	Desgaste.	1	Daño de buje de palanca
			B	Rotura de Palanca	1	Desgaste de material

<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> Cargador 930 Caterpillar						
<b>SECCIÓN:</b> Línea de Mantenimiento Diesel						
<b>Pieza</b>	<b>Función que desempeña (F)</b>		<b>Modo de fallo funcional (MF)</b>		<b>Causas potenciales de fallo (CF)</b>	
Sistema de Monitoreo	9	Controla el funcionamiento de los sistemas	A	Daño de sensores	1	Corto circuito
			B	Desgaste	1	Golpes
			C	Luces	1	Daño de bombillos

**Tabla 36. Hoja De Decisiones Cargador 930GCaterpillar**

HOJA DE DECISIONES			Sección: Transporte y preparación de arenas										Facilitador:		Fecha:	Hoja N°
			Equipo: Cargador 390 Caterpillar										Auditor:		Fecha:	
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:	
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3	P4	P5	Q4				
							X1	X2	X3							
							Y1	Y2	Y3							
Cucharón																
1	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión y control de operación	2 semanas	Operario	
1	A	2	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos de sujeción	1 semanas	Operario	
1	B	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Verificación de equipo	4 semanas	Operario	
Tren de Potencia																
2	A	1	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N	Lubricación de componentes	3 meses	Mtto Ind	
2	B	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Lubricación de componentes	10 semana	Mtto Ind	
2	C	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Revisión periódica	4 semanas	Operario	
2	C	2	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Revisión de montaje	4 semanas	Mtto Ind	
2	D	1	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N	Cambio de aceite	4 meses	Operario	
2	D	2	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N	Medición de revoluciones	6 meses	Mtto Ind	
Sistema de Frenos																
3	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de Guayas	12 meses	Mtto Ind	
3	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	3 meses	Operario	
3	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	4 semanas	Operario	
Sistema Eléctrico																

HOJA DE DECISIONES			Sección: Transporte y preparación de arenas							Facilitador:			Fecha:	Hoja N°	
			Equipo: Cargador 390 Caterpillar							Auditor:			Fecha:		
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3						
							X1	X2	X3	P4	P5	Q4			
4	A	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Cambio de Batería	24 meses	Electricista
4	B	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Adición de líquido para Batería	2 semanas	Operario
4	C	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos térmicos	3 semanas	Operario
Neumáticos															
5	A	1	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Despínche	-	Mecánico
5	B	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Balanceo, suspensión y alineación	2 meses	Mecánico
5	C	1	S	N	S	S	N	S	N	N	N	N	Revisión visual	4 semanas	Operario
Sistema Hidráulico															
6	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de mangueras y ductos	2 meses	Operario
6	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	4 semanas	Operario
Nivel de aceite															
7	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de mangueras y ductos	2 meses	Operario
7	B	1	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Valoración de elementos de medida	6 meses	Operario
7	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Adición de aceite por quema	6 semanas	Operario
Palanca Universal															
8	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de buje de cambios	12 meses	Mecánico

HOJA DE DECISIONES			Sección: Transporte y preparación de arenas							Facilitador:			Fecha:	Hoja N°	
			Equipo: Cargador 390 Caterpillar							Auditor:			Fecha:		
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3	P4	P5	Q4			
8	B	1	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	Revisión y buen manejo	4 meses	Operario
Sistema de Monitoreo															
9	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de cables y fusibles	12 meses	Electricista
9	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos	2 meses	Electricista
9	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de bombillos	24 meses	Electricista

Según el AMEF (Tabla 21), podemos concluir que los mayores números prioritarios de riesgos NPR en el Cargador se ven reflejados hacia el motor por sobrecarga y mal sincronismo; y en el sistema de lubricación tanto en el nivel de aceite como en el sistema hidráulico generado por fugas, desgaste de sellos y usos de aceites no adecuados o contaminados.



**Tabla 38. Mantenimiento para Cargador Caterpillar 930G**

Departamento de Mantenimiento (Hoja a cargo del Operador)
<b>INSPECCION VISUAL ALREDEDOR DEL VEHICULO</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Comportamiento del Motor:</b> Observar fugas de aceite o combustible, partes flojas cables sueltos, excesos de suciedad.</li> <li>2. <b>Sistema de Enfriamiento:</b> Observar fugas, estado del radiador, abolladuras, suciedad, limpieza de mangueras, abrazaderas flojas.</li> <li>3. <b>Sistema Hidráulico:</b> Observar fugas, estado general de mangueras, roturas o rozamientos, varillas flojas.</li> <li>4. <b>Mandos Finales y Diferenciales:</b> Observar fugas de aceites.</li> <li>5. <b>Cucharón:</b> Observar si hay desgaste mayor, torceduras, dientes rotos o desgastados o falta de pernos.</li> <li>6. <b>Neumáticos:</b> Comprobar presión de inflado, estado general, desgaste, cortes, objetos incrustados.</li> </ol>
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Mensual)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>7. <b>Motor y Sistema Eléctrico:</b> Calibrar válvulas.  Revisar ajuste de pernos y montaje del múltiple admisión y escape.  Revisar estado y funcionamiento de inyectores.  Revisar compresión del motor.  Revisar funcionamiento del termostato.  Lavar radiador, revisar cables y terminales para batería.  Comprobar carga de la batería.  Comprobar funcionamiento de las bujías de precalentamiento.  Revisar estado de terminales de los elementos del sistema.</li> <li>8. <b>Servotransmisión:</b> Revisar temperatura, comprobar presión del aceite.</li> <li>9. <b>Sistema Hidráulico:</b> Revisar rotulas y casquillos de los cilindros hidráulicos.  Revisar vástagos de los cilindros hidráulicos.  Revisar bomba hidráulica (Fugas, ruidos inusuales)  Revisar tipo de aceite y calidad de aceites usados en los equipos.  Revisar tiempo de ciclo de trabajo de los cilindros hidráulicos.</li> <li>10. <b>Tren de Rodaje:</b> Revisar desgaste de elementos del tren de rodaje (ruedas, guías, rodillos inferiores, zapatas)  Revisar fugas de lubricante en ruedas motrices, orugas, guías y rodillos.  Revisar el estado de las válvulas de desahogo de grasa del mecanismo ajustador de cadenas, revisar estado de protectores.</li> <li>11. <b>Implementos:</b> Revisar pernos faltantes, desgastados.</li> </ol>

<b>Departamento de Mantenimiento</b> (Hoja a cargo del Operador)
Revisar estado de esquineros, protectores laterales, cuadros, cuchillas y puntas. De hojas de empuje, cucharones.
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Semanal)</b>
<p><b>12. Revisar niveles y rellenar de ser necesario:</b> Carter de aceite del motor Carter de aceite de transmisión Depósito de aceite hidráulico.</p> <p><b>13. Radiador:</b> Comprobar nivel del agua.</p> <p><b>14. Batería:</b> Comprobar nivel de electrolito y agregar agua destilada de ser necesario, limpiar bornes.</p> <p><b>15. Ante filtro de Aire:</b> Limpiar elemento.</p> <p><b>16. Tanque de Combustible:</b> Drenar agua y sedimentos, llenar tanque al final de la jornada de trabajo.</p> <p><b>17. Filtros de Combustible:</b> Drenar agua y sedimentos.</p> <p><b>18. Tanque de Aire:</b> Drenar agua.</p> <p><b>19. Bandas del ventilador:</b> Comprobar tensión y estado.</p> <p><b>20. Instrumentos:</b> Al poner el motor en funcionamiento, observar que todos los instrumentos e iconos de alertas indiquen en forma normal.  Revisar nivel y abastecer de ser necesario el depósito de líquido de frenos.</p>
<b>LUBRICACIÓN DIARIA</b>
<p>Engrasar los siguientes puntos: Cojinetes de los cilindros de dirección Cojinete de Ventilador (SAE/API:G2 EP Litio)</p>

## RECOMENDACIONES GENERALES DEL SERVICIO

1. Llene el tanque de combustible al fin de cada día de operación para desalojar el aire cargado de humedad y evitar condensación.
2. Limpie bien todas las graseras, tapas y tapones antes de dar servicio para que no entre suciedad en los puntos que se van a comprobar niveles a lubricar.
3. Para el radiador utilice líquido refrigerante o en su defecto, utilice agua limpia y sin minerales para que no se formen incrustaciones que perjudiquen la refrigeración del motor. No utilice agua a la que hayan agregado ablandadores químicos.

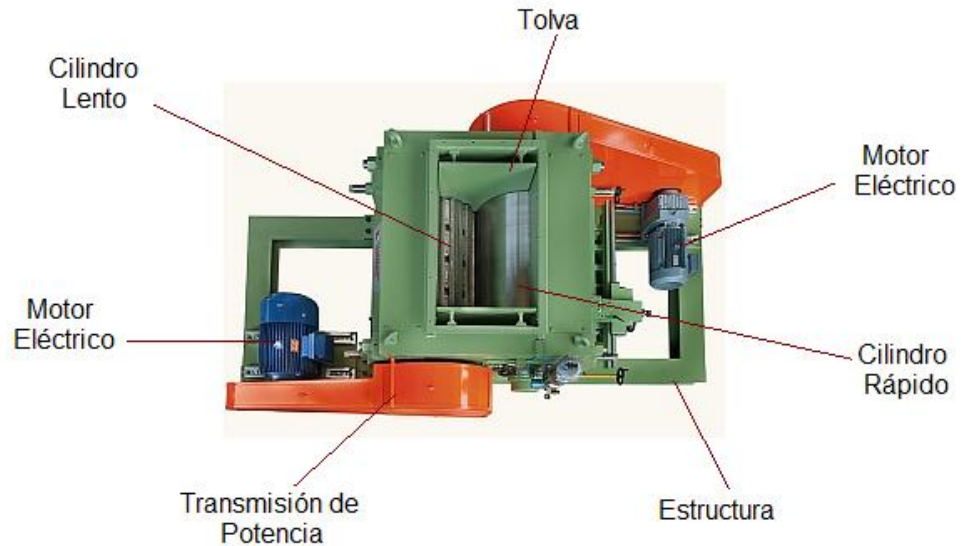
4. Es recomendable agregar al líquido refrigerante con algún anticorrosivo, pus en la actualidad existe infinidad de estos refrigerantes, se debe mezclar en la proporción que indique el fabricante del mismo.
5. Dejar de funcionar el motor a media aceleración hasta que llegue a la temperatura normal de trabajo, durante este periodo escuche si existe un algún ruido anormal, pruebe los controles y frenos, baje de la máquina y observe si hay fugas.
6. El engrasado debe ser según recomienda el fabricante, luego de engrasar se deben limpiar los excesos de grasa.

**Tabla 39. Acciones a falta de Cargador Caterpillar 930G**

Componente o Sistema	Modo de Falla	Acción a Falta de
Cucharón	Oxidación	Aplicación de inhibidores de corrosión
Neumáticos	Rotura	Mantenimiento correctivo
Sistema de transmisión de potencia	Rotura	Análisis de vibraciones periódico
Sistema de monitoreo	Daño en sensores	Mantenimiento correctivo
Sistema hidráulico	Fuga de aceite	Mantenimiento correctivo

**4.7.4 Sacapiedras BONGIOANNI.** Este equipo se encuentra ubicado en la sección de molienda de arcilla, es un laminador separador de piedras que separa el material arcilloso de los elementos duros (piedras, terrones, etc.) que estén presentes, efectuando un primer desmenuzado y estiramiento del material (desbaste). Ésta acción se realiza al pasar el material por la apertura entre los cilindros o masas que giran en sentido opuesto con velocidad diferente. La separación de las piedras se efectúa mediante una ranura helicoidal situada en la superficie de la masa rápida.

**Figura 38. Partes Sacapiedras Bongioanni**



Fuente: [www.bongioanimacchine.com/es/disaggr.htm](http://www.bongioanimacchine.com/es/disaggr.htm)

Cada laminador (lento y rápido) giran gracias a un eje acoplado a una polea que a su vez gira por el par transmitido por un motor eléctrico, a cada cilindro corresponde un motor eléctrico. Las especificaciones de tamaño, potencia transmitida y volumen de arcilla triturado esperado por hora, se encuentran en la siguiente tabla.

**Tabla 40. Contexto Operacional Sacapiedras Bongioanni**

CONTEXTO OPERACIONAL	
¿Cuáles son las funciones del equipo?	Extracción de piedras del material proveniente del desmenuzador, que se entrega al laminado LA – 6.
¿De que forma puede fallar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de bloques de arcilla de mayor dureza.</li> <li>• Alargamiento de la correa de transmisión.</li> <li>• Falla del motor por corto circuito, sobre voltaje.</li> </ul>
¿Qué causa que falle?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor abrasividad sobre la masa.</li> <li>• Desbalance de fuerzas, tensiones.</li> </ul>

<b>CONTEXTO OPERACIONAL</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régimen de velocidad no acorde al funcionamiento deseado del equipo.</li> </ul>
¿Qué sucede cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste adhesivo de las masas.</li> <li>• Desajuste de la correa de transmisión.</li> <li>• Mayor consumo de energía eléctrica, fatiga, fricción y calor excesivo.</li> </ul>
¿Qué ocurre cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtración de piedras y terrones de tamaño inadecuado.</li> <li>• Afecta el funcionamiento del siguiente equipo (Laminado deficiente).</li> </ul>
¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección periódica de las masas.</li> <li>• Rectificado de las masas.</li> <li>• Alineamiento de correa.</li> <li>• Verificación visual de la condición del material arcilloso proveniente del equipo anterior.</li> </ul>
¿Qué sucede si no se puede prevenirse el fallo?	<p>Se para la máquina generando una detención ocasionando incumplimiento en las entregas.</p> <p>Desviación de los tiempos establecidos de producción.</p> <p>Afectación potencial a las etapas siguientes de producción.</p>

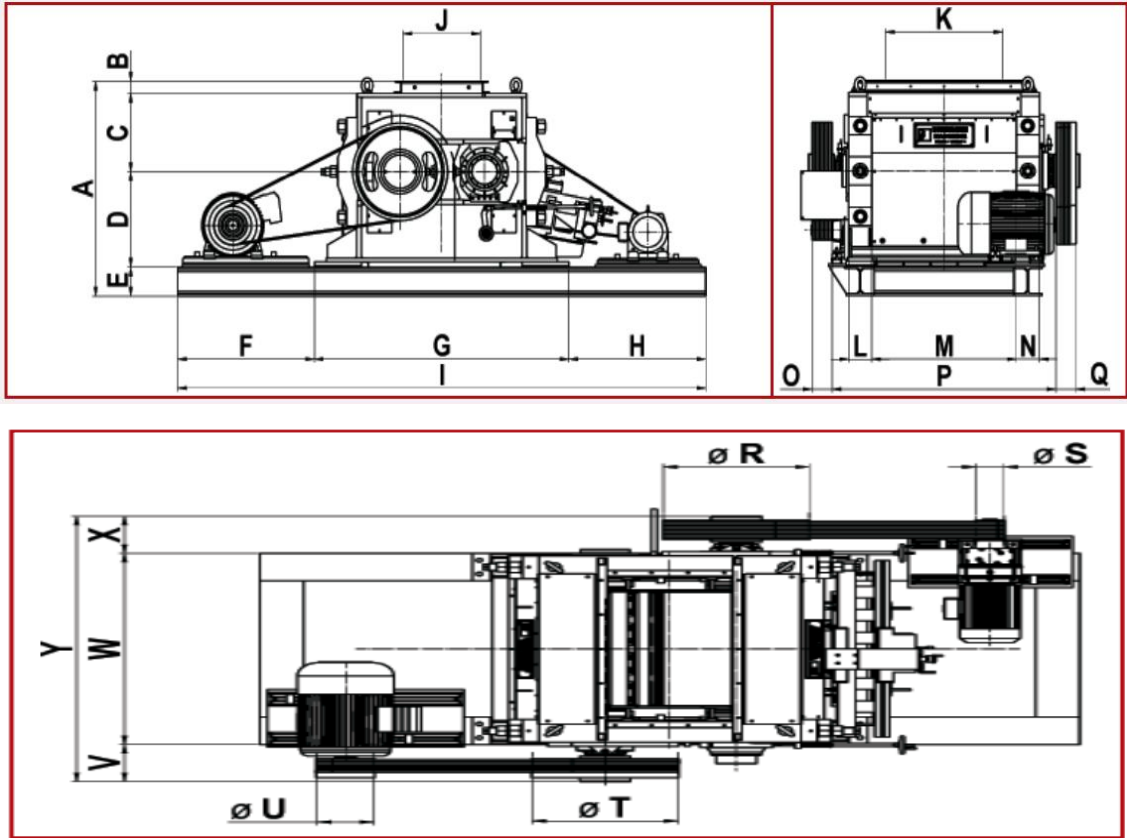
**Tabla 41. Características Técnicas Saca piedras Bongioanni**

	Diámetro*Altura (mm)	Relación de Velocidades (RPM)	Volumen/hora $\left(\frac{m^3}{h}\right)$	Potencia Instalada (kW)	Peso (kg)
<b>Cilindro Rápido</b>	600*1000	600/30	90	18,5	12300
<b>Cilindro Lento</b>	800*1000	600/30	90	18,5	12300

Fuente: [www.bongioannimacchine.com/es/disaggr.htm](http://www.bongioannimacchine.com/es/disaggr.htm)

La figura 39 nos muestra un plano en diferentes vistas del equipo y las correspondientes dimensiones según la vista indicada.

**Figura 39. Plano del Sacapiedras Bongioanni**



Fuente: [www.bongioannimacchine.com/it/pdf/07-Laminatoi\\_disintegratori.pdf](http://www.bongioannimacchine.com/it/pdf/07-Laminatoi_disintegratori.pdf)

**Tabla 42. Dimensiones Sacapiedras Bongioanni**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
11	1733	100	650	783	200	1235	2015	1150	4400	620	800	174	985
LD													
13	1778	100	650	788	240	1165	2170	1165	4500	660	1000	197	1233
LD													
	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
11	147	110	1560	110	393	155	393	233	273	1330	233	1836	
LD													
13	197	170	1910	170	800	155	800	313	323	1670	323	2316	
LD													

Fuente: [www.bongioannimacchine.com/it/pdf/07-Laminatoi\\_disintegratori.pdf](http://www.bongioannimacchine.com/it/pdf/07-Laminatoi_disintegratori.pdf)

La anterior tabla corresponde a las dimensiones del equipo Sacapiedras Bongioanni de acuerdo al plano expuesto en la figura 39. Las dimensiones están en mm y la referencia que corresponde al Sacapiedras que se encuentra en la planta de Ladrillos y Tubos Ltda es la 13 LD.

A continuación mostraremos el análisis de modos y efectos de falla para el saca piedras Bongioanni (Tabla 43)

**Tabla 43. AMEF de Sacapiedras Bongioanni**

<b>Nombre del Equipo:</b> Saca piedras Bongioanni
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b> ____
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014 (Revisión) _____	

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
Cilindros - Masas	Reducir material arcilloso a láminas de menor grosor.	Desgaste	No se eliminan piedras	8	Uso excesivo	5	Acción Correctiva	5	200
		Desalineamiento	Roce de masas y piedras	9	Daño de masa acanalada	5	Mantenimiento Preventivo.	5	225
				7	Velocidades elevadas	2	Acción Correctiva	4	56
		Fricción	Sobrecalentamiento	6	Mala lubricación.	3	Acción Correctiva	5	90
Polea	Transmisión de potencia.	Ruido	Alta vibración	8	Pernos flojos	3	Ninguno	3	72
				8	Desgaste de rodamiento	3	Acción Correctiva	5	120
Bandas	Transmisión de potencia.	Desgaste	Rotura	9	Correa forzada	2	Mantenimiento Preventivo.	6	108
				8	Severas cargas de choque	2	Mantenimiento Preventivo.	5	80
				6	Capacidad insuficiente	3	Mantenimiento Preventivo.	4	72
		Endurecimiento	Cristalización de la	7	Deslizamiento	6	Acción Correctiva	3	126

			correa	6	Poleas gastadas	5	Acción Correctiva	3	90
				6	Temperatura excesiva	4	Acción Correctiva	3	72
				9	Contaminación interna	2	Mantenimiento Preventivo.	5	90
		Corto Circuito	Parada de máquina	9	Fallo de aislantes	2	Mantenimiento Preventivo.	4	72
				7	Exceso de carga en la punta del eje.	3	Acción Correctiva	3	63
		Fricción	Sobrecalentamiento	7	Sobretensión	2	Acción Correctiva	3	42
				5	Oscilación violenta en la tensión de alimentación	3	Inspección Visual	6	90
Motor	Transformar energía eléctrica en mecánica	Pico de Tensión	Vibraciones	5	Surtos de maniobra de banco de condensadores	2	Inspección Visual	6	60
				6	Largos periodos de trabajo	4	Inspección Visual	4	96
				6	Dificultad de arranque (Alta Inercia)	2	Acción Correctiva	3	36
		Desgaste	Deformación	6	Oscilaciones de tensión en las tres fases.	2	Inspección Visual	2	24

Rodillos	Transmisión de potencia.	Desalineamiento	Choque con piedras	6	Sobrecarga	3	Inspección Visual	4	72
		Desgaste	Deformación	8	Largos periodos de trabajo	6	Acción Correctiva	4	192
		Fricción	Sobrecalentamiento	6	Mala lubricación	3	Inspección Visual	3	54
Rodamientos	Permite el giro del eje apoyado en la máquina.	Ruido	No hay tracción	8	Desgaste	3	Inspección Visual	4	96
			Deformación del eje	8	Rotura	3	Acción Correctiva	3	72
			Sobrecalentamiento	8	Mala lubricación.	3	Inspección Visual	5	120

**Tabla 44. Hoja De Información Sacapiedras Bongioanni**

NOMBRE DEL EQUIPO: Sacapiedras Bongioanni						
SECCIÓN: Línea de Molienda						
Pieza	Función que desempeña (F)		Modo de fallo funcional (MF)		Causas potenciales de fallo (CF)	
Cilindros - Masas	1	Reducir material arcilloso a láminas de menor grosor.	A	Desgaste	1	Uso excesivo
					2	Daño de masa acanalada
			B	Desalineamiento	1	Velocidades elevadas
			C	Fricción	1	Mala lubricación.
Polea	2	Transmisión de potencia.	A	Ruido	1	Pernos flojos
					2	Desgaste de rodamiento
Bandas	3	Transmisión de potencia.	A	Desgaste	1	Correa forzada
					2	Severas cargas de choque
					3	Capacidad insuficiente
			B	Endurecimiento	1	Deslizamiento
					2	Poleas gastadas
					3	Temperatura excesiva
Motor	4	Transformar energía eléctrica en mecánica	A	Corto Circuito	1	Contaminación interna
					2	Fallo de aislantes
			B	Fricción	1	Exceso de carga en la punta del eje.
					2	Sobretensión
			C	Vibraciones	1	Oscilación violenta en la tensión de alimentación
						Surtos de maniobra de banco de condensadores
						Largos periodos de trabajo
			D	Desgaste	1	Dificultad de arranque (Alta Inercia)
						2
3						

<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> Sacapiedras Bongioanni						
<b>SECCIÓN:</b> Línea de Molienda						
<b>Pieza</b>	<b>Función que desempeña (F)</b>		<b>Modo de fallo funcional (MF)</b>		<b>Causas potenciales de fallo (CF)</b>	
						en las tres fases.
Rodillos	5	Transmisión de potencia.	A	Desalineamiento	1	Sobrecarga
			B	Desgaste	1	Largos periodos de trabajo
			C	Fricción	1	Mala lubricación
Rodamientos	6	Permite el giro del eje apoyado en la máquina.	A	Ruido	1	Desgaste
					2	Rotura
					3	Mala lubricación.

**Tabla 45. Hoja De Decisiones Sacapiedras Bongioanni**

HOJA DE DECISIONES			Sección: Molienda de Arcilla										Facilitador:		Fecha:	Hoja N°
			Equipo: Sacapiedras Bongioanni										Auditor:		Fecha:	
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:	
F	MF	C	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3	P4	P5	Q4				
		F					X1	X2	X3							Y1
Cilindros - Masas																
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Rectificación de masa	6 meses	Mtto Ind	
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de masa	12 meses	Mtto Ind	
1	B	1	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	Revisión de reductor de velocidad	2 meses	Operario	
1	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de soportes	2 semana	Mtto Ind	
Polea																
2	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Ajuste de elementos	3 meses	Mtto Ind	
2	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de rodamiento	12 meses	Mtto Ind	
Bandas																
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Rectificación de distancia entre centros	6 semana	Mtto Ind	
3	A	2	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión visual	2 semana	Operario	
3	A	3	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Prueba de funcionamiento	4 semana	Mecánico	
3	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de elementos de sujeción	2 semana	Operario	
3	B	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de correas	18 meses	Mtto Ind	
3	B	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de componentes	2 meses	Mtto Ind	
Motor																

HOJA DE DECISIONES			Sección: Molienda de Arcilla							Facilitador:			Fecha:	Hoja N°		
			Equipo: Sacapiedras Bongioanni							Auditor:			Fecha:			
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de				Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
F	MF	C	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3							
							X1	X2	X3	P4	P5	Q4				
4	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de circuitos	6 meses	Electricista	
4	A	2	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Recambio de uniones y cables	12 meses	Electricista	
4	B	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Suspensión de eje	4 meses	Mecánico	
4	B	2	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Revisión de soportes y acoples	8 semana	Operario	
4	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Análisis de picos de corriente	6 meses	Electricista	
4	D	1	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	Escáner de motor	12 meses	Mecánico	
4	D	2	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Lubricación	4 semana	Mtto Ind	
4	D	3	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Análisis eléctrico	6 meses	Electricista	
Rodillos																
5	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Alineamiento de rodillos	6 semana	Operario	
5	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Rectificación de pieza	12 meses	Mtto Ind	
5	C	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de rodillos	8 semana	Mtto Ind	
Rodamientos																
6	A	1	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Revisión de componentes	4 semana	Operario	
6	A	2	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Cambio de rodamientos	12 meses	Mecánico	
6	A	3	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Lubricación de balineras	6 meses	Mtto Ind	



**Tabla 47. Mantenimiento para Saca Piedras Bongioanni**

---

**Departamento de Mantenimiento**

(Hoja a cargo del Operador)

---

**INSPECCION VISUAL ALREDEDOR DEL EQUIPO**

---

1. **Comportamiento del Motor:** Observar partes flojas, cables sueltos, exceso de suciedad.
2. **Poleas:** Observar desajustes, estado de las poleas, abolladuras, suciedad, abrazaderas flojas.
3. **Transmisión de Potencia:** Verificar estado general de correas de transmisión, roturas o rozamientos, control de acoples.
4. **Bases y sostenimiento:** Observar si el equipo tiene movimientos y vibraciones por desajustes.
5. **Masas:** Inspección del estado de desgaste de la masa acanalada y lenta.  
Revisar distancia entre masas, calibrar de ser necesario a distancia óptima.  
Revisar estado de los higos de la masa acanalada.

---

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Mensual)**

---

6. **Motor y Sistema Eléctrico:** Revisar cables y empalmes.  
Revisar estado de terminales de los elementos del sistema.  
Revisar rectificadores de masas  
Mirar estado de piedra amoladora.  
Revisar carros de movimiento del rectificador.
7. **Rodillos:** Revisar alineamiento de rodillos.  
Revisar lubricación de soportes.  
Revisar distancia entre centros.
8. **Correas:** Revisar fragmentación o porosidades en las correas.  
Revisar alargamiento de las correas.  
Revisar alineamiento de la correa con la polea.

---

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Semanal)**

---

9. **Implementos:** Revisar pernos faltantes, desgastados.  
Revisar estado de esquineros, protectores laterales y puntas.  
Inspeccione los otros componentes de la transmisión tales como cojinetes, ejes, montajes del motor, y guías de ajuste.
-

---

**Departamento de Mantenimiento**

(Hoja a cargo del Operador)

---

**LUBRICACIÓN DIARIA**

---

- 10. **Rodillos de sostenimiento (Ejes):** Engrasar los cojinetes del eje. Use grasa con 3 a 5 % de bisulfuro de molibdeno.
  - 11. **Rectificadores:** Revise el funcionamiento de los rectificadores antes de ponerlos en funcionamiento. Verificar el estado de las piedras abrasivas.
  - 12. **Carros de desplazamiento:** Revisar y aplicar de ser necesario grasa a los elementos de movimiento, tornillos sin fin, cremalleras y manivelas.
- 

**Tabla 48. Acciones a falta de Saca Piedras Bongioanni**

Componente o Sistema	Modo de Falla	Acción a Falta de
Cilindros	Desgaste	Mantenimiento correctivo
Polea	Ruido	Análisis de vibraciones periódico
Correa	Rotura	Mantenimiento correctivo Análisis termo gráfico periódico
Motor eléctrico	Disminución de rendimiento	Análisis de corriente (balance entre fases)
Rodamientos	Fatiga	Análisis de vibraciones

---

**4.7.5 Cortadora automática.** Es un equipo ubicado en la línea de producción N° 5 después de la extrusora MVP - 5. Su función principal es el corte de la mezcla (arcilla más agua) una vez ha sido extruida a una longitud establecida según el tipo de ladrillo a producir.

**Figura 40. Cortadora Automática**



Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Para ello cuenta con un sistema de rodillos y banda que transportan el bloque hasta una posición en la que es impulsado hacia los alambres de corte por un mecanismo de movimiento alternativo. Los alambres de corte están tensos, dispuestos de acuerdo a la referencia deseada por el cliente. La cortadora entrega los ladrillos para secado y posterior cocción en horno.

A continuación se expone el contexto operacional de la cortadora estableciendo un vínculo preliminar entre la estrategia seleccionada y las características del funcionamiento deseado del equipo.

**Tabla 49. Contexto Operacional Cortadora Automática**

CONTEXTO OPERACIONAL	
¿Cuáles son las funciones del equipo?	El equipo hace las funciones de corte de ladrillo de la mezcla proveniente de la extrusora.
¿De que forma puede fallar?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rotura de alambre por impurezas en la mezcla arcillosa.</li><li>• Alargamiento de cadena Multialambre por tensión.</li></ul>

---

---

**CONTEXTO OPERACIONAL**

---

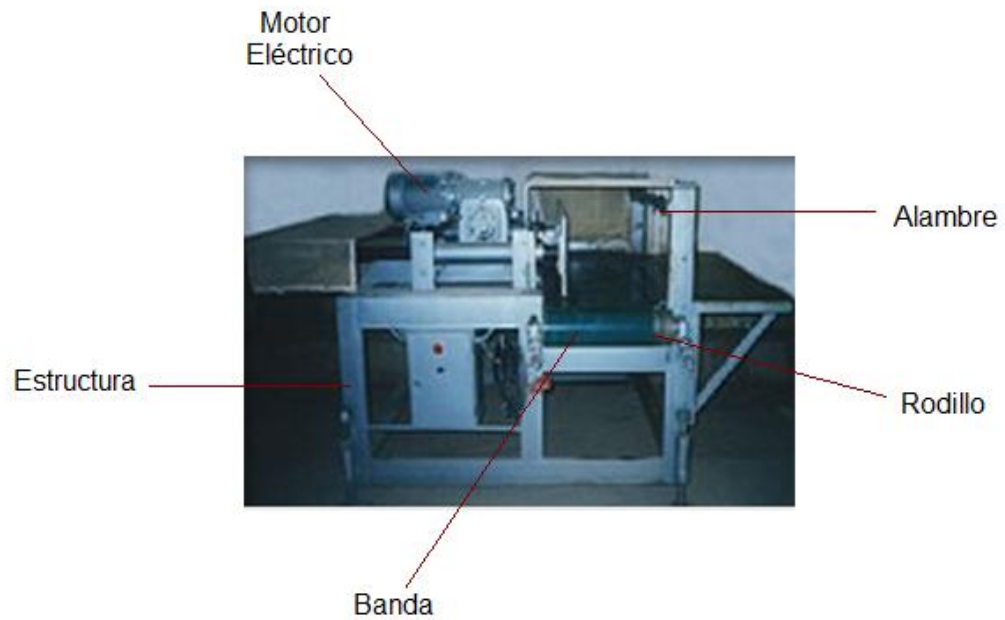
---

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Falla del motor por corto circuito, sobre voltaje.</li><li>• Falta de mantenimiento por condición ( presencia de impurezas)</li></ul>
¿Qué causa que falle?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Falta de inspección del alambre.</li><li>• Que no haya buena lubricación, engrasado de la cadena, piñones y soportes.</li><li>• Que no se inspeccione constantemente la máquina.</li></ul>
¿Qué sucede cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"><li>• El alambre sufre desgaste como adhesivo (acumulación de impurezas en la mezcla) y corrosivo (factores ambientales).</li><li>• Sobrecarga.</li><li>• Desgaste entre piñón y cadena, disminución de eficiencia mecánica.</li></ul>
¿Qué ocurre cuando falla?	<ul style="list-style-type: none"><li>• No cumple su función principal de corte de ladrillo.</li><li>• Se presenta un mayor consumo de energía eléctrica.</li></ul>
¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo?	Inspección periódica del alambre de corte. Rutina de lubricación adecuada.
¿Qué sucede si no se puede prevenirse el fallo?	Se para la máquina generando una detención ocasionando incumplimiento en las entregas, afectando la cadena de producción y los clientes finales. Desviación de los tiempos establecidos de producción.

---

---

**Figura 41. Partes Cortadora Automática**



Fuente: [www.maquigars.com](http://www.maquigars.com)

#### Características técnicas de la cortadora automática

- La cortadora cuenta con una estructura que está hecha de viga en U de acero laminado en caliente.
- Un motor eléctrico de 1,8 HP de 1122 RPM para un voltaje de 220V.
- Una banda de caucho vulcanizado, resistente a hidrocarburos.
- Alambres que pueden variar de 2 a 400 cm.

**Tabla 50. AMEF de Cortadora Automática**

<b>Nombre del Equipo:</b> Cortadora Automática
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b> ____
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014	(Rev) _____

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
Piñones	Transmisión de potencia.	Rotura	Deslizamiento de piñones	7	Desgaste, sobrecarga	3	Acción Correctiva	3	63
		Desgaste de dientes	Deformación de dientes.	6	Desgaste	4	Acción Correctiva	4	96
		Vibraciones	Rotura de dientes	6	Sobrecarga.	3	Inspección Visual	4	72
Rodillos	Transmisión de potencia.	Desgaste	Deformación	6	Largos periodos de trabajo	4	Acción Correctiva	5	120
		Fricción	Sobrecalentamiento	6	Mala lubricación	3	Mantenimiento Preventivo.	3	54
Rodamientos	Permite el giro del eje apoyado en la máquina.	Ruido	No hay tracción	7	Desgaste	6	Inspección Visual	3	126
			Deformación del eje	8	Rotura	3	Acción Correctiva	3	72

<b>Nombre del Equipo:</b> Cortadora Automática
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b> ____
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014	(Rev) _____

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
			Sobrecalentamiento	6	Mala lubricación.	3	Inspección Visual	3	54
Cadena Multialambre	Cortar ladrillos a una misma longitud	Rotura de Alambre	Parada de máquina	8	Desgaste.	3	Acción Correctiva	4	96
		Distensión de Alambre	Corte erróneo	8	Cedencia de material	4	Mantenimiento Preventivo.	4	128
		Desgaste.	Deformación	7	Desgaste.	2	Acción Correctiva	4	56
Pasadores	Dar sostenimiento y fijación	Fricción	Sobrecalentamiento	7	Desgaste de metales.	2	Mantenimiento Preventivo.	6	84
		Rotura	Desgaste	7	Sobrecarga	2	Acción Correctiva	3	42
	Transformar energía eléctrica en mecánica			9	Contaminación interna	3	Mantenimiento Preventivo.	4	108
Motor		Corto Circuito	Parada de máquina	9	Fallo de aislantes	2	Mantenimiento Preventivo.	5	90

<b>Nombre del Equipo:</b> Cortadora Automática
<b>Responsable:</b>

<b>Preparado por:</b> Freddy L. Prada	<b>Hoja 1 de 2</b> ____
<b>AMEF Fecha:</b> 2/Ene/2014	(Rev) _____

Pieza	Operación o función	Modo de Fallo	Efecto de Fallo	SEV	Causas de Fallo	OCC	Controles Actuales	DET	RPN
		Fricción	Sobrecalentamiento	7	Exceso de carga en la punta del eje.	3	Mantenimiento Preventivo.	4	84
				7	Sobretensión	3	Mantenimiento Preventivo.	3	63
				8	Largos periodos de trabajo	4	Acción Correctiva	4	128
		Desgaste	Deformación	8	Dificultad de arranque (Alta Inercia)	2	Acción Correctiva	3	48
				8	Oscilaciones de tensión en las tres fases.	3	Inspección Visual	2	48

**Tabla 51. Hoja De Información Cortadora Automática.**

NOMBRE DEL EQUIPO: Cortadora Automática						
SECCIÓN: Línea de Extrusión						
Pieza	Función que desempeña (F)		Modo de fallo funcional (MF)		Causas potenciales de fallo (CF)	
Piñones	1	Transmisión de potencia.	A	Rotura	1	Desgaste, sobrecarga
			B	Desgaste de dientes	1	Desgaste
			C	Vibraciones	1	Sobrecarga.
Rodillos	2	Transmisión de potencia.	A	Desgaste	1	Largos periodos de trabajo
			B	Fricción	1	Mala lubricación
Rodamientos	3	Permite el giro del eje apoyado en la máquina.	A	Ruido	1	Desgaste
					2	Rotura
					3	Mala lubricación.
Cadena Multialambre	4	Cortar ladrillos a una misma longitud	A	Rotura de Alambre	1	Desgaste.
			B	Distensión de Alambre	1	Cedencia de material
Pasadores	5	Dar sostenimiento y fijación	A	Desgaste.	1	Desgaste.
			B	Fricción	1	Desgaste de metales.
			C	Rotura	1	Sobrecarga
Motor	6	Transformar energía eléctrica en mecánica	A	Corto Circuito	1	Contaminación interna
					2	Fallo de aislantes
			B	Fricción	1	Exceso de carga en la punta del eje.
					2	Sobretensión
			C	Desgaste	1	Largos periodos de trabajo
					2	Dificultad de arranque (Alta Inercia)
					3	Oscilaciones de tensión en las tres fases.

**Tabla 52. Hoja De Decisiones de Cortadora Automática**

HOJA DE DECISIONES			Sección: Línea de Extrusión, amasado y humificación										Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
			Equipo: Cortadora Automática										Auditor:	Fecha:	
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizars e por:
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3	P4	P5	Q4			
							X1	X2	X3						
Piñones															
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de elementos	24 meses	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de piñones	6 semanas	Mtto Ind
1	C	1	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión y cambio de agarres	4 meses	Operario
Rodillos															
2	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de rodillos	6 semanas	Operario
2	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de rodillos	8 semanas	Mtto Ind
Rodamientos															
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de componentes	4 semanas	Operario
3	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Cambio de rodamientos	12 meses	Mecánico
3	A	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Lubricación de balineras	6 meses	Mtto Ind
Cadena Multialambre															
4	A	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Cambio de alambre o cadena	12 meses	Mecánico
4	B	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Tensión de cadena	2 semanas	Operario
Pasadores															
5	A	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de pasadores	12 meses	Operario

HOJA DE DECISIONES			Sección: Línea de Extrusión, amasado y humificación										Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
			Equipo: Cortadora Automática										Auditor:	Fecha:	
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				P1	P2	P3	Acción de falta de			Tarea Propuesta	Intervalo de tiempo	Realizarse por:
F	MF	CF	P	Q	X	Y	Q1	Q2	Q3						
							X1	X2	X3	P4	P5	Q4			
5	B	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Lubricación de pasadores	4 semanas	Mtto Ind
5	C	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Cambio de pasadores	24 meses	Mecánico
Motor															
6	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión de circuitos	6 meses	Electricista
6	A	2	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	Recambio de uniones y cables	12 meses	Electricista
6	B	1	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Suspensión de eje	4 meses	Mecánico
6	B	2	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Revisión de soportes y acoples	8 semanas	Operario
6	C	1	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	Escáner de motor	12 meses	Mecánico
6	C	2	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Lubricación	4 semanas	Mtto Ind
6	C	3	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Análisis eléctrico	6 meses	Electricista

**Tabla 53. Cronograma De Actividades Cortadora Automática**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	EQUIPO: Cortadora Automática		AÑO: 2014																																																					
	SECCIÓN: Línea de Extrusión, Amasado y Humidificación		RESPONSABLE: Ing. Mantenimiento																																																					
LISTA DE ACTIVIDADES	SEMANAS ANUALES																																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52				
Cambio de elementos																																																								
Lubricación de piñones																																																								
Revisión y cambio de agarres																																																								
Revisión de rodillos																																																								
Lubricación de rodillos																																																								
Revisión de componentes																																																								
Cambio de rodamientos																																																								
Lubricación de balineras																																																								
Cambio de alambre o cadena																																																								
Tensión de cadena																																																								
Revisión de pasadores																																																								
Lubricación de pasadores																																																								
Cambio de pasadores																																																								
Revisión de circuitos																																																								
Recambio de uniones y cables																																																								
Suspensión de eje																																																								
Revisión de soportes y acoples																																																								
Escáner de motor																																																								
Lubricación																																																								
Análisis eléctrico																																																								

## RECOMENDACIONES GENERALES DEL SERVICIO

1. Compruebe que los alambres estén debidamente tensionados.
2. Revise que la banda no tenga fisuras, desgarramientos o impurezas antes de poner en funcionamiento la máquina.
3. Revisar conexiones eléctricas, que no tenga claves sueltas y que los empalmes estén debidamente aislados.
4. Cerciórese que la banda transportadora esté debidamente tensionada antes de encender el equipo.
5. El engrasado debe ser según recomienda el fabricante, luego de engrasar se deben limpiar los excesos de grasa.

**Tabla 54. Acciones a falta de Cortadora Automática**

Componente o Sistema	Modo de Falla	Acción a Falta de
Piñones	Rotura	Análisis de vibraciones periódico
Cadena	Rotura de eslabón	Análisis de ultrasonido
Banda	Rotura	Análisis termo gráfico
Motor eléctrico	Baja de rendimiento	Análisis de corriente
Rodillos	Desgaste	Análisis de vibraciones

En las tablas se sugieren algunas acciones “a falta de” para los equipos críticos del sistema productivo de Ladrillos y Tubos Ltda. Se puede apreciar que se incluyen técnicas sofisticadas y novedosas como análisis de vibraciones, detección ultrasonido, análisis termo gráfico y análisis de corriente.

La detección ultrasonido es una técnica que permite encontrar una falla potencial basada en el siguiente principio.

Un haz de ondas de alta frecuencia es introducido en un material para detectar fallas en la superficie y bajo la superficie, las ondas de sonido viajan a través del material disminuyendo su amplitud a medida que son reflejadas por el material, el

haz reflejado se analiza para localizar fallas o discontinuidades, el grado de reflexión depende del estado físico de los materiales que forman la interfaz.

Dada la carga cíclica a la que son sometidos los eslabones de las orugas de la retroexcavadora y los eslabones de la cadena de transmisión de potencia de la cortadora automática, se sugiere ésta técnica de búsqueda de falla o falla potencial.

El análisis de corriente es otra de las acciones recomendadas “a falta de” para los motores eléctricos y elementos de sistemas eléctricos. Esta técnica permitirá encontrar fallas en los rotores (desgaste), problemas de cableado mediante la identificación de bandas laterales alrededor de la frecuencia de la línea.

La termografía es una técnica basada en la radiación térmica emitida por un cuerpo, en este caso un elemento de máquina, si hay aumento de temperatura probablemente sea por fricción; evitaría desgaste, es una técnica costosa.

El análisis de vibraciones especialmente para rodamientos, es una excelente técnica que podría brindar información sobre una sobre carga mecánica, lubricación inadecuada, se reduciría el ruido del ambiente. La medición debe hacerse teniendo en cuenta la velocidad del eje, se sugieren técnicas como pulsos de choque y detección de emisiones acústicas.

También a manera de acción “a falta de” general y en caso extremo se sugiere implementar un overhauled (reparación y remplazo de todos los componentes del equipo).

## **5. ANALISIS DE COSTOS, EFECTO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO EN LA RENTABILIDAD DE LADRILLOS Y TUBOS LTDA.**

### **5.1 ANALISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO**

Teniendo como base información financiera de carácter mensual, suministrada por el departamento de finanzas de la empresa, se hizo un análisis que incluyó costos fijos y variables.

Dentro de los costos variables se incluyó los costos de fallo y los costos financieros.

A su vez los costos de fallo incluyen:

- Pérdida de materia prima en proceso
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas
- Rechazo de productos por no cumplir requerimientos de calidad de los clientes
- Producción perdida por reparación no programada

Los costos financieros están constituidos por el valor de repuestos de almacén.

Además el costo variable tiene en cuenta:

- Valor de materia prima: carbón
- Costo de energía eléctrica
- Costo de mano de obra subcontratada

Por último los costos fijos son:

- Mano de obra propia
- Seguros
- Servicios públicos

Los valores de costos suministrados por la empresa para un mes se reflejan en las siguientes tablas:

**Tabla 55. Costos Variables**

Costo Variable	Valor
Materia prima (carbón)	53.123.333 pesos
Energía eléctrica	29.003.916 pesos
Mano de obra subcontratada	21.651.583 pesos

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Tabla 56. Costos Variables – Costo financiero**

Costo Financiero	Valor
Repuestos de almacén	49.758.250 pesos

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Tabla 57. Costos Variables – Costo de fallo**

Costo de fallo	Valor
Pérdida de materia prima en proceso	5.183.750 pesos
Pérdidas energéticas por malas reparaciones	7.000.000 pesos
Rechazo de productos por mala calidad	5.023.083 pesos
Producción perdida durante la reparación	43.750.000 pesos

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**Tabla 58. Costos Fijos**

Costo fijo	Valor
Mano de obra propia	161.900.666 pesos
Seguros	886.250 pesos
Servicios públicos	3.460.166 pesos

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

**5.1.1 Cálculo de valores de punto de equilibrio.** Teniendo en cuenta los siguientes datos suministrados por la empresa:

**Tabla 59. Datos financieros Ladrillos y Tubos Ltda.**

Precio de venta unitario	850 pesos
Número de unidades vendidas	760.000
Ingreso total	646.000.000 pesos
Costo fijo total	166.247.083 pesos
Costo variable total	214.493.916 pesos
Costo variable unitario	282 pesos

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Se procedió a calcular la cantidad de equilibrio en unidades físicas y monetarias (pesos), haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$CE = \frac{CFT}{PVU - CVU}$$

En donde:

*CE = Cantidad de equilibrio en unidades físicas*

*CFT = Costo Fijo total*

*PVU = Precio de Venta unitario*

*CVU = Costo Variable Unitario*

Conviene aclarar que el costo fijo total es el resultado de sumar todas las cantidades consideradas como costos fijos, siendo igual el cálculo del costo variable total.

El ingreso total es el resultado de multiplicar el número de unidades vendidas por el precio de venta unitario y el costo variable unitario es el resultado de dividir el costo variable total entre el número de unidades vendidas.

De manera más explícita:

$$CFT = \text{Costo de mano de obra} + \text{Costo de seguros} + \text{Costo de servicios públicos}$$

$$\text{Ingreso total} = \text{Número de Unidades vendidas} * PVU$$

$$CVU = \frac{\text{Costo Variable Total}}{\text{Número de Unidades vendidas}}$$

Cálculo:

$$CE = \frac{166.247.083}{850 - 282}$$

$$CE = 292.806 \text{ Unidades Físicas}$$

La Cantidad de equilibrio en pesos se calcula multiplicando la cantidad de equilibrio en unidades físicas por el precio de venta unitario.

$$CE \text{ en pesos} = CE * PVU$$

$$CE \text{ en pesos} = 292.806 * 850$$

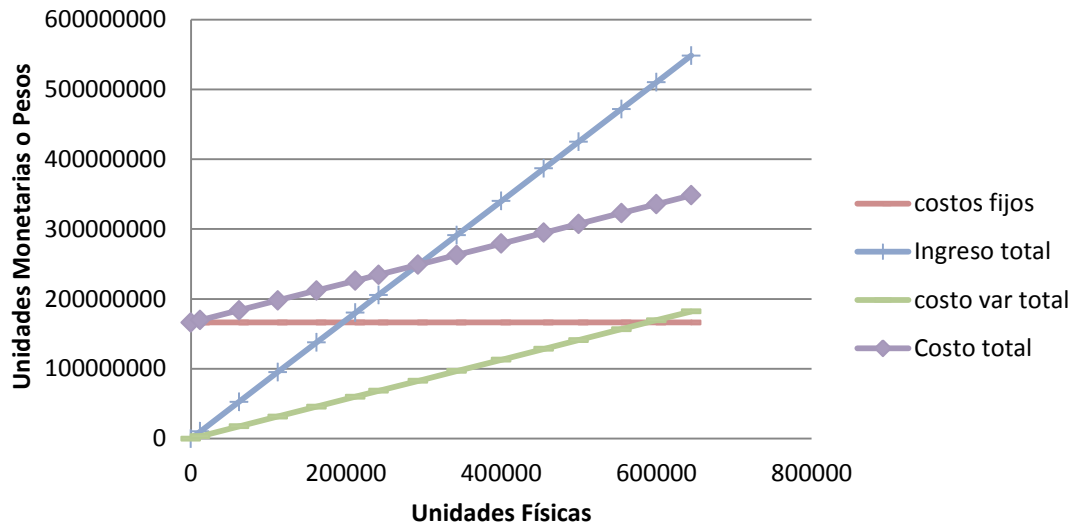
$$CE \text{ en pesos} = 248.885152$$

A continuación se ilustra en la gráfica de punto de equilibrio el cálculo anterior.

Se tomaron valores alrededor de punto de equilibrio y se graficó para poder visualizar el área de perdidas (antes de punto de equilibrio) y el área de ganancias (después de punto de equilibrio).

En la gráfica se puede ver claramente que el punto de equilibrio es aquel en el cual el costo total es igual al ingreso total.

**Figura 42. Gráfica de Punto de Equilibrio Ladrillos y Tubos Ltda.**



Los valores de punto de equilibrio indican que deben venderse 292.806 unidades a un precio de venta de 850 pesos por unidad para cubrir todos los costos es decir, deben ingresar por ventas, como mínimo 248.885.152.

Ingresos superiores por ventas al valor anterior, es ganancia para la empresa.

Las utilidades de la empresa Ladrillos y Tubos LTDA son de 565 millones (año contable 2012) de pesos, de acuerdo a información suministrada por la misma empresa, lo que en promedio significa 47 millones de pesos mensuales. Lo anterior se calcula después de impuestos.

El anterior es el análisis realizado previamente a la implementación de la estrategia de mantenimiento, y proporciona un valor de referencia o valor base sobre el cual poder comprobar la incidencia de la estrategia de mantenimiento en la rentabilidad de la empresa.

## 5.2 CÁLCULO DE O. E. E.

EL O. E. E. (Overall Equipment Effectiveness) es el indicador que entrega una medida de la eficiencia general de los equipos.

El O. E. E. es un indicador que incluye disponibilidad, rendimiento y calidad y se aplica a todo el sistema productivo o línea de producción.

Además tiene en cuenta:

- Averías
- Configuración y ajustes
- Pequeñas paradas
- Reducción de velocidad
- Rechazos de producción

Se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

Donde la disponibilidad se calcula de la siguiente manera:

$$Disponibilidad = \frac{TO}{TPO}$$

Donde

$$TO = TPO - Paradas o averías$$

$$TPO = Tiempo total de trabajo - tiempo de paradas planificadas$$

La disponibilidad indica el tiempo real de producción.

El Rendimiento se calcula así:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de unidades producidas}}{\text{Tiempo total de operacion} * \text{velocidad máxima}}$$

$$\text{Velocidad máxima} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Total de unidades producidas}}{\text{hora}}$$

Es decir la velocidad máxima corresponde a la jornada en que se presente mayor producción.

La calidad se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Número de unidades conformes producidas}}{\text{Número total de unidades producidas}}$$

El O E E Se clasifica de la siguiente manera de acuerdo al resultado que se obtenga luego de aplicar la fórmula:

**Tabla 60. Clasificación de O. E. E.**

O E E ≤ 65 %	Inaceptable, Muy baja competitividad.
65% ≤ O E E ≤ 75%	Aceptable, sólo bajo proceso de mejora, baja competitividad.
75% ≤ O E E ≤ 85%	Aceptable, competitividad ligeramente baja.
85% ≤ O E E ≤ 95%	Buena, valores de clase mundial, competitividad buena.
O E E ≥ 95 %	Excelente, excelente competitividad, compañía clase mundial.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/OEE>

**Tabla 61. Datos de Productividad Ladrillos y Tubos LTDA**

N° Total de unidades conformes producidas	760.000
N° total de unidades producidas	830.914
N° Total de unidades rechazadas	70.914
Tiempo total de operación	168 hora/ mes
Tiempo de paradas planificadas	0
Tiempo de paradas no programadas o averías	3 horas

Fuente: Ladrillos y Tubos Ltda.

Para el caso de Ladrillos y tubos LTDA se tienen los anteriores datos (Tabla 61). Se tomaron valores promedio.

### 5.2.1 Cálculo de O. E. E. ladrillos y tubos Ltda

$$Disponibilidad = \frac{165 \text{ horas}}{168 \text{ horas}} = 0,98$$

$$Rendimiento = \frac{760.000}{168 * 6908,4} = 0,65$$

$$Calidad = \frac{760.000}{830.914} = 0,91$$

$$OEE = 0,98 * 0,65 * 0,91 = 0,57 * 100 = 57\%$$

La fórmula arroja un resultado de 57 % lo cual quiere decir, de acuerdo a la clasificación brindada por el concepto de O E E que el nivel de productividad y competitividad de la empresa es inaceptable.

En la búsqueda del mejoramiento de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad se efectuó un análisis de la disponibilidad como indicador producto a su vez de dos indicadores: mantenibilidad y confiabilidad. Se realizó por separado para cada equipo crítico; se consigue así un modelo de productividad de cada equipo, teniendo en cuenta horas de trabajo, y tiempos de reparación.

### 5.3 ANALISIS DE DISPONIBILIDAD CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS

Se realizaron mediciones de tiempo de productividad y reparación de los equipos considerados como críticos, también se consideraron datos suministrados por el jefe de taller de mantenimiento quien lleva un registro de averías más frecuentes de los equipos.

A continuación se ilustra el análisis realizado con la ayuda de las respectivas gráficas

#### 5.3.1 Retroexcavadora Caterpillar 312D

Figura 43. Curva de Confiabilidad Retroexcavadora 312D

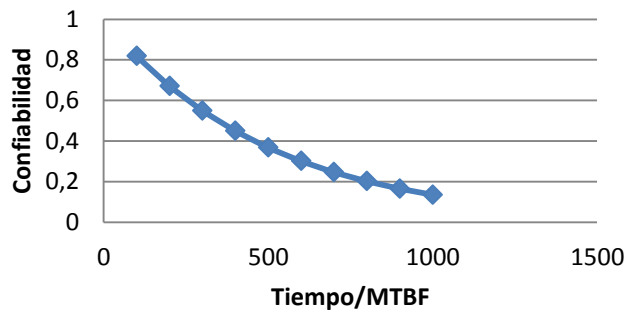
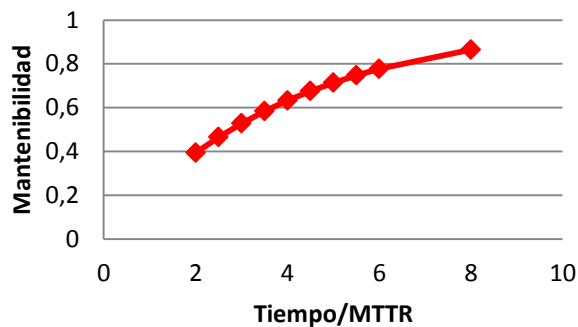
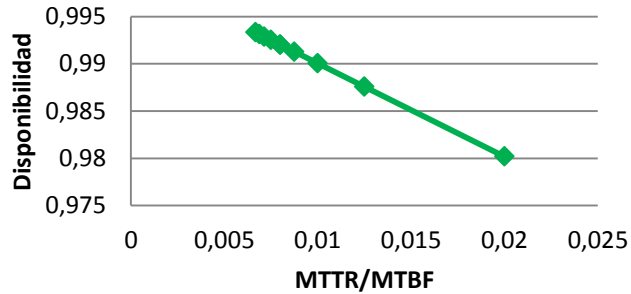


Figura 44. Curva de Mantenibilidad Retroexcavadora 312D



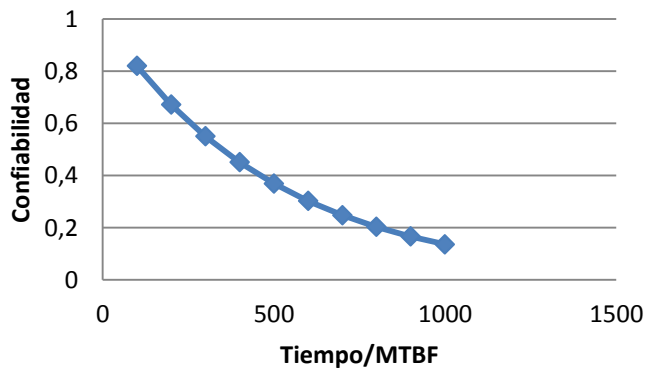
**Figura 45. Curva de Disponibilidad Retroexcavadora 312D**



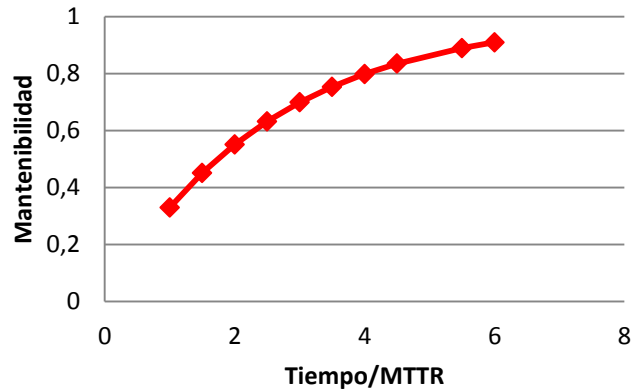
El comportamiento evidenciado a través de las gráficas de la retroexcavadora, informa de un rango de mantenibilidad entre 40 y 80 % lo que indica tiempos medios de reparación prolongados, dado que la gestión de repuestos es ineficiente con respecto al tiempo. Las tareas de inspección rutinarias atenuarán este tiempo prolongado de reparación, además de incrementar su disponibilidad.

### 5.3.2 Laminador LA – 6

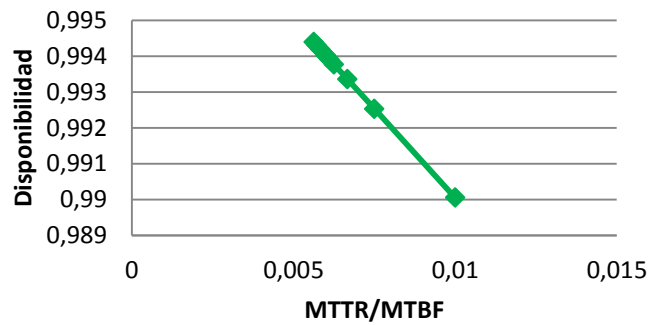
**Figura 46. Curva de Confiabilidad Laminador LA – 6**



**Figura 47. Curva de mantenibilidad Laminador LA – 6**



**Figura 48. Curva de Disponibilidad Laminador LA – 6**



Para el laminador LA 6 se evidencia una alta disponibilidad entre 99,4% y 99,5%. Se puede advertir también que el equipo reduce su confiabilidad a medida que aumenta el número de horas. Este comportamiento reduce la vida útil del equipo, porque muestra tiempos de trabajo prolongados (alto uso) y tiempos de reparación también prolongados, producto de paradas no programadas y un mantenimiento netamente correctivo. La estrategia seleccionada apuntará a tiempos de reparación cortos que aparentemente reducirían la disponibilidad, pero esos tiempos serán destinados a las actividades preventivas como lubricación, limpieza y revisiones lo que se verá reflejado en tiempos de operación mayores lo que incrementará la disponibilidad del equipo, además de un efecto positivo sobre la vida útil del equipo.

### 5.3.3 Cargador Caterpillar 930

Figura 49. Curva de Confiabilidad Cargador 930H

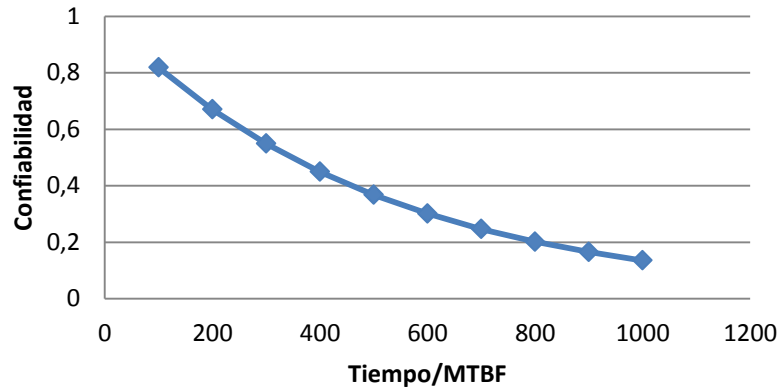
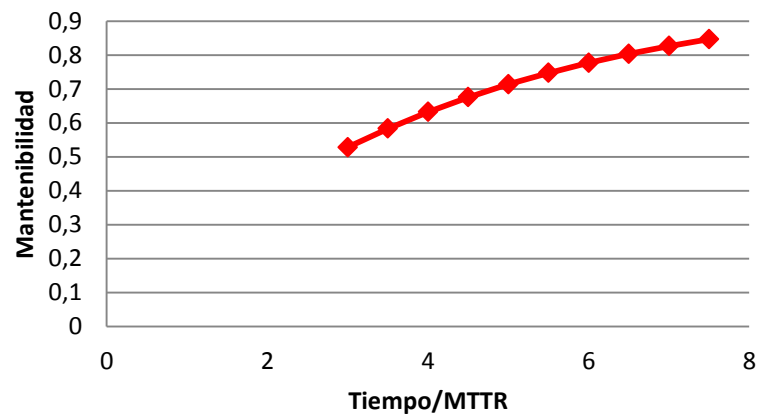
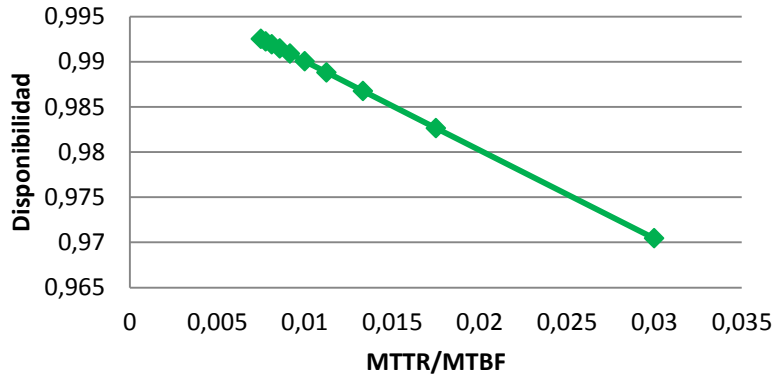


Figura 50. Curva de Mantenibilidad Cargador 930H



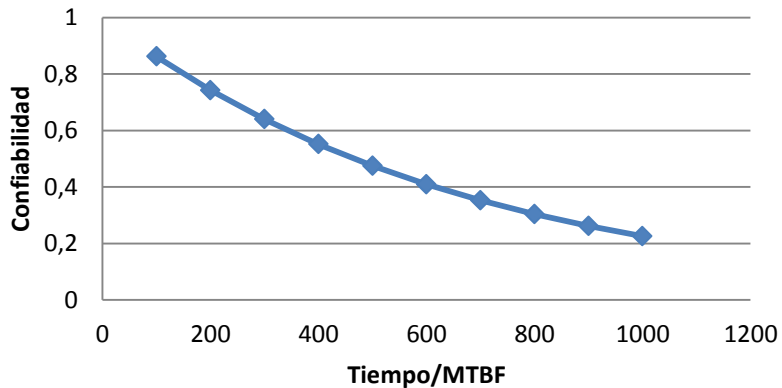
**Figura 51. Curva de Disponibilidad Cargador 930H**



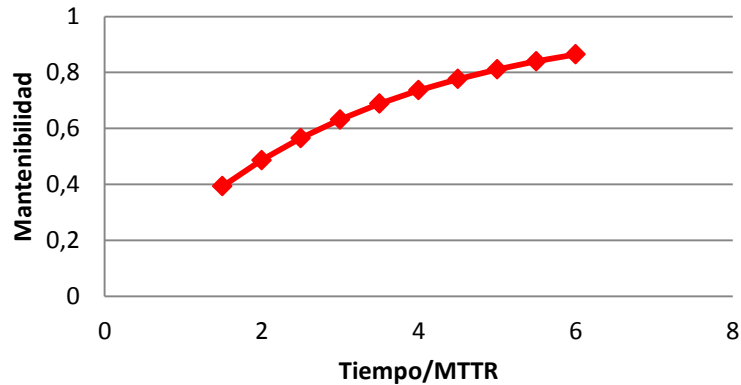
Se pudo observar en el cargador una alta disponibilidad (99,5%) debida a períodos prolongados de reparación que obedecen a desmontaje de componentes mecánicos (cuchara) para limpieza no programada o reparaciones al motor igualmente no programadas, por ello se ha hecho énfasis en la revisión de elementos de sujeción. La metodología RCM mejorará la confiabilidad generando tiempos más largos de operación y tiempos de reparación más cortos en relación a la situación actual.

### 5.3.4 Saca piedra Bongioanni

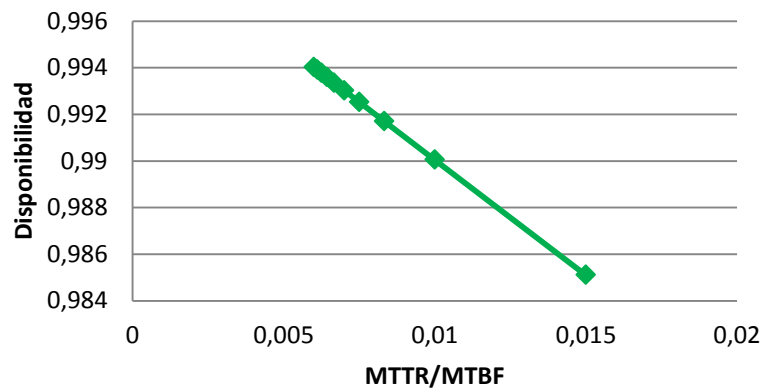
**Figura 52. Curva de Confiabilidad Saca piedra Bongioanni**



**Figura 53. Curva de Mantenibilidad Saca piedra Bongioanni**



**Figura 54. Curva de Disponibilidad Saca piedra Bongioanni**



Teniendo en cuenta las gráficas se puede afirmar que la disponibilidad se encuentra en un rango de 99,2 a 99,4 % lo cual se debe a tiempos de funcionamiento o trabajo prolongados, sin embargo para este rango de trabajo evidencia una confiabilidad (20%) nuevamente los tiempos medios de reparación son largos debidos a tareas como desmontaje de cilindros para lubricación, tarea llevada a cabo de manera intuitiva según la cultura actual. La estrategia implementada buscará reducir el tiempo de reparación mediante inspecciones sistemáticas de acoplamientos, desgaste de cilindros y verificación de buen montaje y velocidades.

### 5.3.5 Cortadora Automática

Figura 55. Curva de Confiabilidad Cortadora Automática

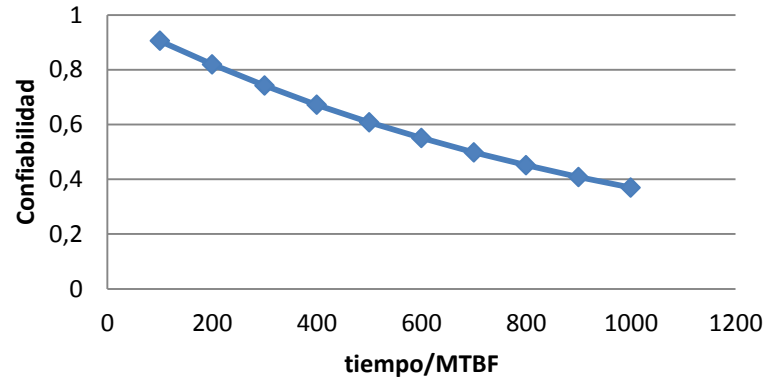
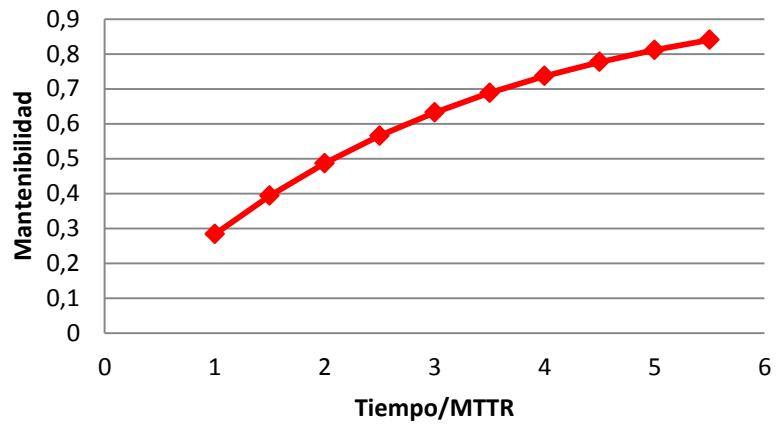
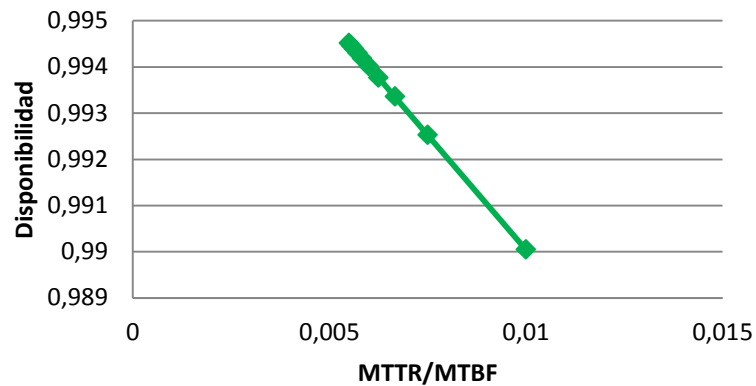


Figura 56. Curva de Mantenibilidad Cortadora Automática



**Figura 57. Curva de Disponibilidad Cortadora Automática**



El rango de mantenibilidad de la cortadora es muy amplio entre 20 y 80 % lo que indica tiempos de reparación de diferentes duraciones (mantenimiento no programado y aleatorio), sin embargo la confiabilidad está en un rango de entre 40 y 85%. Los elementos más críticos son los alambres de corte los cuales no han tenido una frecuencia de lubricación adecuada, esto ha hecho que se implemente un mantenimiento correctivo que reduce la mantenibilidad e incrementa disponibilidad pero a costa de vida útil del equipo y pérdidas de tiempo productivo o producción.

Se puede observar para todos los equipos críticos, disponibilidades altas pero por diferentes razones ya sea por incidencia de la confiabilidad o de la mantenibilidad; para los equipos con mantenibilidad baja el objetivo es minimizar los tiempos de reparación, efecto esperado tras la implementación de las actividades propuestas en el cronograma siguiendo el esquema de orden de trabajo presentado; para los equipos con confiabilidad baja se apunta a realizar tareas preventivas muy específicas que logren elevar este indicador. Aquí además podemos observar que disponibilidad alta no significa productividad alta o tiempos de operación altos, se debe encaminar esfuerzos hacia mantener relaciones de confiabilidad y mantenibilidad favorables.

## 5.4 CÁLCULO DE O. E. E. PARA LADRILLOS Y TUBOS CON METODOLOGÍA RCM IMPLANTADA

Luego de establecido el comportamiento o desempeño funcional de los equipos a través de las fórmulas de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, y de visualizarlo de manera más clara con la ayuda de las gráficas propias de cada indicador, se pudo afirmar que la disponibilidad de la planta, como ya se advertía en el cálculo de O. E. E. es alta.

Cómo ya se pudo establecer las tareas de mantenimiento, están enfocadas hacia tiempos de reparación cortos y tiempos entre fallas largo para garantizar así la disponibilidad de la planta y por ende la productividad de la empresa.

Una vez implantada la metodología RCM estipulando en órdenes de trabajo el tiempo entre fallas

Y garantizando tiempos de reparación cortos se procede a calcular nuevamente el O. E. E. teniendo en cuenta información recaudada del departamento de producción de la empresa.

$$Disponibilidad = \frac{166}{168} = 0,99$$

$$Rendimiento = \frac{828.959}{168 * 7484,1} = 0,66$$

$$Calidad = \frac{828.959}{830.914} = 0,999$$

$$OEE = 0,99 * 0,66 * 0,999 = 0,65 * 100 = 65 \%$$

El nuevo O E E sitúa a Ladrillos y tubos LTDA en la categoría de aceptable sólo bajo proceso de mejora; lo cual constituye un gran avance en materia de competitividad y productividad para la empresa; Además el O E E refleja

exactamente lo que está sucediendo, la empresa está bajo un proceso de mejora continua, tanto en sus procesos administrativos como productivos y de mantenimiento.

**5.4.1 Influencia de los equipos críticos en el O. E. E. de la planta.** Los equipos críticos fueron objeto de un análisis de disponibilidad confiabilidad y mantenibilidad para establecer su comportamiento ante tiempos de reparación prolongados o breves así como ante tiempos de funcionamiento extendidos. Esto permitió definir el curso de acciones de mantenimiento más apropiadas, ajustadas al contexto operacional del equipo.

Es así como el efecto del plan de mantenimiento sobre estos equipos se ha reflejado en el rendimiento de la planta y en la calidad del producto.

Se evidencia lo anterior de manera cuantitativa en un aumento de disponibilidad, rendimiento y calidad de entre 7 y 15 % para el total de la planta productiva de Ladrillos y Tubos Ltda.

El efecto cuantitativo se puede apreciar con la ayuda de las siguientes tablas

**Tabla 62. O.E.E. antes de RCM**

Disponibilidad	0,98
Rendimiento	0,650
Calidad	0,91

**Tabla 63. O.E.E. después de RCM**

Disponibilidad	0,98
Rendimiento	0,650
Calidad	0,91

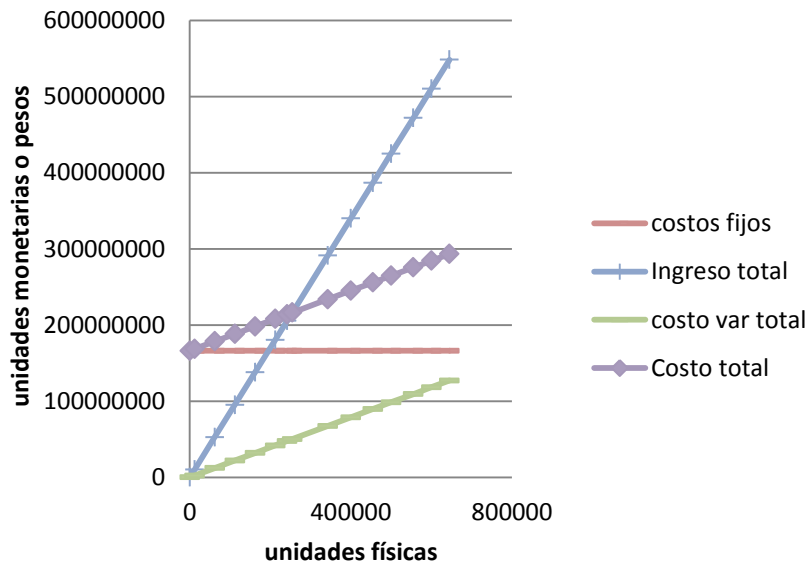
## 5.5 ANALISIS DE COSTOS – NUEVO PUNTO DE EQUILIBRIO

Luego de la implantación de RCM como metodología de mantenimiento en Ladrillos y tubos LTDA y de implementar el software PMX PRO se experimenta un descenso en cuanto a costos variables de en promedio 30 %. Algunos costos variables como materia prima (carbón) subieron como consecuencia del incremento de la productividad así como el costo de la energía eléctrica.

Ambos costos subieron alrededor de 10 % en promedio.

Esta situación se ilustra mejor en el diagrama de punto de equilibrio presentado a continuación.

**Figura 58. Gráfica de punto de equilibrio después de implementación de software PMX – PRO implementado y metodología RCM implantada**



Se puede apreciar en la gráfica que:

- El punto de equilibrio se alcanza con un menor número de unidades vendidas (254.590 contra 292.806 que antes se requerían).
- Hay una menor área bajo la curva antes de punto de equilibrio, es decir menos pérdidas.
- Hay una mayor área después de punto de equilibrio lo que incrementará sin duda la utilidad.
- El costo variable total disminuyó (502.000.000 de pesos contra 826.380.517 de pesos).
- El ingreso total aumentó (704.615.650 pesos).

## **6. SOFTWARE PMX PRO DE MANTENIMIENTO**

La empresa Ladrillos y Tubos Ltda, en búsqueda de una mejora continua en sus procesos de producción y de encontrar soluciones a sus necesidades de un mantenimiento programado y sistematizado, opta por buscar herramientas que le permitan crecer día a día para alcanzar rendimientos óptimos.

Los programas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) han sido sin duda una gran ayuda para la gestión del mantenimiento de muchas plantas industriales y edificios. Estos programas de Gestión de Mantenimiento permiten llevar un control del mantenimiento programado de cualquier instalación, la carga de trabajo de cada uno de los técnicos, trabajo pendiente, gestión del repuesto, costes y gestión económica, etc.

Las grandes plantas industriales requieren de un software complejo, con múltiples opciones y con una capacidad inmensa de tratamiento de información. No obstante, el mantenimiento de la mayor parte de las empresas medias puede gestionarse perfectamente con aplicaciones más sencillas que pueden obtenerse incluso de forma gratuita en internet.

Es por esta razón que en dicha búsqueda está el programa de mantenimiento PMX PRO, una plataforma que permite documentar las líneas de producción, localizaciones, equipos, mantenimientos y demás opciones que permitirán alcanzar el ideal de maximizar ganancias a razón de la mejora de todos los procesos dentro de la compañía.

## 6.1 DESARROLLO DEL SOFTWARE

**6.1.1 Prestación del servicio.** El servicio que prestara el software es el de tener en una plataforma todo lo relacionado a la parte de mantenimiento, es un programa gratuito propuesto a la empresa con el fin de su desarrollo probatorio para tenerlo en funcionamiento mientras se conoce la versión inicial y poderla desarrollar de manera minuciosa, completa y estándar.

**Figura 59. Plataforma de inicio del software PMX PRO**



**6.1.2 Desarrollo del sistema de servicio.** El objetivo principal es implementar un software que permita en la ayuda de la gestión de mantenimiento de la empresa fundamentado en la base de datos de los equipos de producción de la empresa correspondiente a sus diferentes secciones.

La plataforma PMX PRO se desarrolla por módulos establecidos en donde se pueden registrar los diferentes requerimientos mínimos que toda empresa debe tener presente al implementar la gestión de mantenimiento, permitiendo además adaptarlo a las necesidades concretas de cada una de ellas. Permite una parametrización completa del programa de forma sencilla y versátil. Permite implementar el árbol jerárquico de equipos y sistemas, personal, costes y control de stocks. Además, al estar basado en Access (paquete MS Office) es posible acceder a la base de datos, recuperar los datos directamente desde allí, cambiar informes y pantallas, y todo ello con unos conocimientos muy básicos.

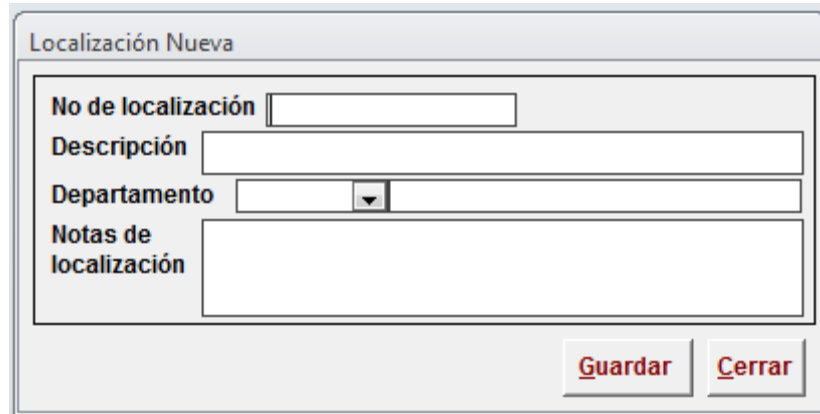
Ya establecida la plataforma a utilizar nos enfocaremos a mostrar cómo se manejaron los diferentes módulos del software y como se alimentó la base de datos del mismo.

## **6.2 LOCALIZACIONES**



El módulo de localizaciones permite colocar todos los sitios de la planta dándoles un número de localización, una breve descripción, el departamento y una nota especial.

**Figura 60. Formato de ingreso de localización nueva.**



Localización Nueva

No de localización

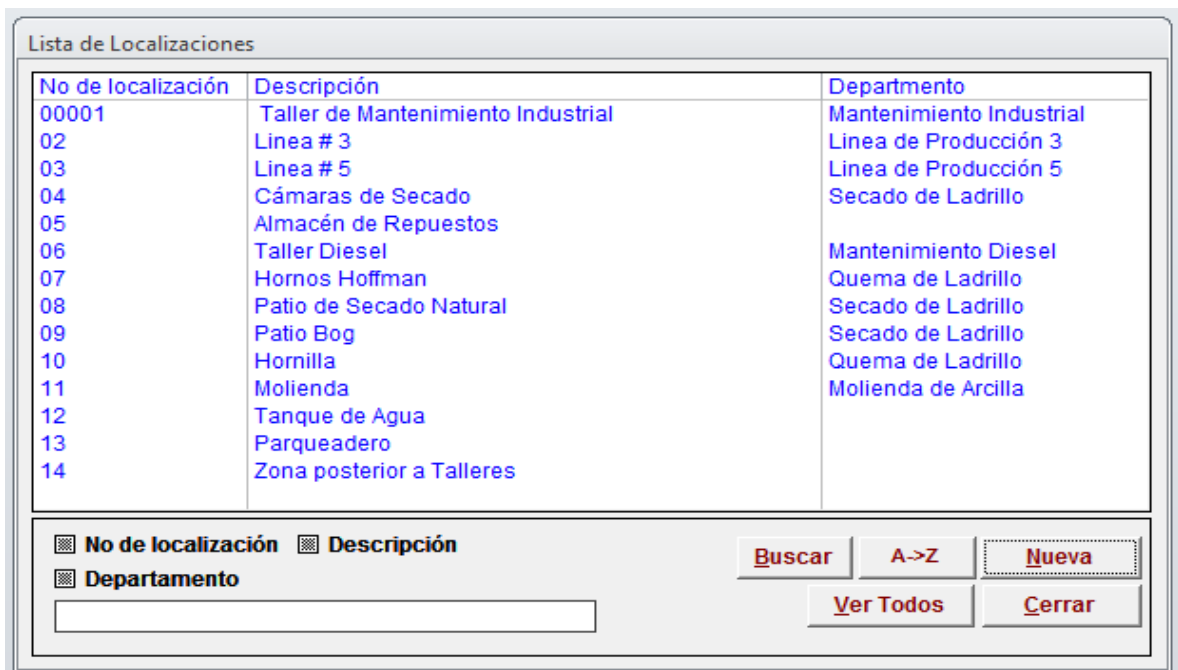
Descripción

Departamento

Notas de localización

De esta forma completamos las ubicaciones así:

**Figura 61. Listado de localizaciones en Ladrillos y Tubos Ltda.**



No de localización	Descripción	Departamento
00001	Taller de Mantenimiento Industrial	Mantenimiento Industrial
02	Linea # 3	Linea de Producción 3
03	Linea # 5	Linea de Producción 5
04	Cámaras de Secado	Secado de Ladrillo
05	Almacén de Repuestos	
06	Taller Diesel	Mantenimiento Diesel
07	Hornos Hoffman	Quema de Ladrillo
08	Patio de Secado Natural	Secado de Ladrillo
09	Patio Bog	Secado de Ladrillo
10	Hornilla	Quema de Ladrillo
11	Molienda	Molienda de Arcilla
12	Tanque de Agua	
13	Parqueadero	
14	Zona posterior a Talleres	

No de localización  Descripción

Departamento

### 6.3 EMPLEADOS



En este módulo registra todos los encargados de llevar a cabo el proceso de producción de la planta de Ladrillos y Tubos Ltda, la organización de esta parte va desde el ingeniero de mantenimiento encargado de todos los procesos dentro de la planta, los encargados de toda la parte diesel y motores, los operarios de las maquinas, los responsables de la parte eléctrica, empleados directos de las líneas productivas (molienda, extrusión, amasado, corte, hornos, cámaras de secado) y los encargados del taller de repuestos.

**Figura 62. Empleados de la Empresa Ladrillos y Tubos Ltda.**

No de empleado	Nombre	Posición	Departamento
016	Carlos Cordero	Montacarga	Mantenimiento Diesel
017	Jeison Montero	Mecanico	Mantenimiento Diesel
018	Jose Maria Velez	Mecanico de Motores	Mantenimiento Diesel
021	Carlos A. Delgado	Conductor	Mantenimiento Diesel
002	Alfredi Garcia	Electricista	Mantenimiento Industria
003	Primitivo Llanes Vera	Responsable de Mantenim	Mantenimiento Industria
004	Ing. Cesar Rodriguez	Ingeniero de Inspección	Mantenimiento Industria
020	Alberto Paez	Almacenista	Mantenimiento Industria
013	Larry Bayona	Carbojets	Quema de Ladrillo
006	Leonardo Pinzon	Camaras de Secado	Secado de Ladrillo
007	Gabriel Quiroz	Ventiladores	Secado de Ladrillo
015	Jorge Rodriguez	Supervisor de Patio	Secado de Ladrillo
001	Edgar Mendez	Motovagoneta	Linea de Producción 3
008	Arturo Parra	Cargador	Molienda de Arcilla
010	Ricardo M. Gonzalez	Retroexcavadora	Molienda de Arcilla
011	Pedro Elise Martinez	Operario	Molienda de Arcilla

Legend:  No de empleado  Nombre  Posición  Departamento

Buttons: **Buscar** **A->Z** **Nuevo empleado**  
**Ver Todos** **Cerrar**

## 6.4 DEPARTAMENTOS

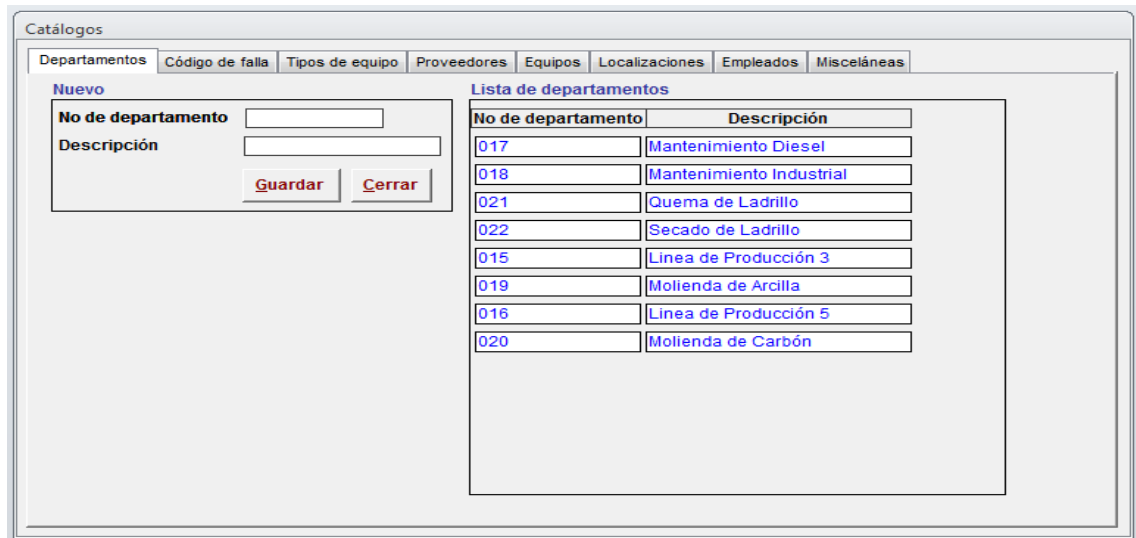
Esta sección incluye todas las dependencias de la empresa, o sea, son los departamentos de toda la empresa y van registrados con un código inicial de dos dígitos ya propuesto por la empresa, de tal manera:

**Tabla 64. Departamentos de la Empresa Ladrillos y Tubos Ltda.**

Departamento	Código
Gerencia	01
Secretaria de Gerencia	02
Secretaria General	03
Contaduría	04
Tesorería	05
Administración Financiera	06
Mercadeo	07
Ventas al Público	08
Facturación	09
Asistencia Técnica	10
Gestión Humana	11
Publicidad	12
Control de Calidad	13
Diseño de productos	14
Línea de Producción # 3	15
Línea de Producción # 5	16
Mantenimiento Diesel	17
Mantenimiento Industrial	18
Molienda de Arcilla	19
Molienda de Carbón	20
Quema de Ladrillo	21
Secado de Ladrillo	22

Los departamentos implementados en el software fueron los relacionados a las ocho líneas de producción que son las de objeto de nuestro estudio.

**Figura 63. Departamentos de la Empresa Ladrillos y Tubos Ltda en el software.**



## 6.5 EQUIPOS

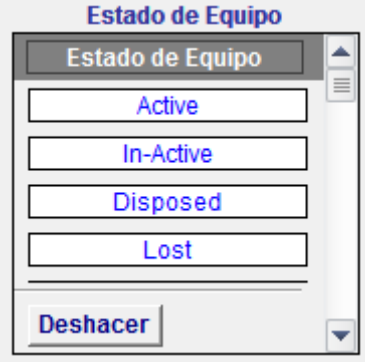


**6.5.1 Codificación.** Los equipos de la empresa se registraron por la codificación establecida por Ladrillos y Tubos de la siguiente manera:

XX – XXX

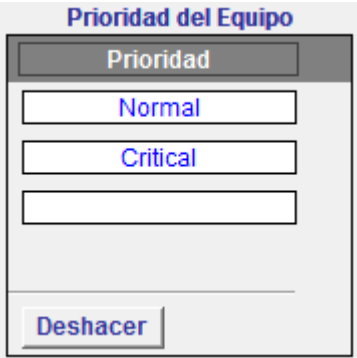
Cinco dígitos donde los primeros dos corresponden al departamento donde se encuentra el equipo, (Ver tabla 18) y los tres siguientes corresponden a la codificación del sistema contable de la empresa.

**6.5.2 Estado.** El estado de los equipos se decreta según su funcionamiento, la mayoría de los equipos de la empresa están activos, este comando me permite mostrar este parámetro.



The image shows a software dialog box titled "Estado de Equipo". It has a header bar with the same title. Below the header, there are four buttons stacked vertically, each with a blue text label: "Active", "In-Active", "Disposed", and "Lost". At the bottom left of the dialog, there is a button labeled "Deshacer". The dialog box has a standard Windows-style border with a scroll bar on the right side.

**6.5.3 Prioridad.** Parámetro que me permite registrar si es un equipo crítico (Objeto de nuestro estudio) o un equipo Normal (Medio Critico o No Critico).



The image shows a software dialog box titled "Prioridad del Equipo". It has a header bar with the same title. Below the header, there are two buttons stacked vertically, each with a blue text label: "Normal" and "Critical". At the bottom left of the dialog, there is a button labeled "Deshacer". The dialog box has a standard Windows-style border.

Este sería el ejemplo del formato final para registrar un equipo dentro del software, para poder estar dentro de la base de datos.

Figura 64. Registro de un Equipo

Equipo Actual			
Equipo	Sub-equipos	Información Adicional	Historial de Órdenes de Trabajo
No de equipo	0090		
Descripción	Cargador 930		
Localización	11	Molienda	
Departamento	017	Mantenimiento Diesel	
Tipo de equipo			
Estado	Active		
Prioridad	Critical		
Persona responsable	Arturo Parra		
Notas para el técnico			
Fabricante	Caterpillar		
No de modelo			
No de serie	930H		
Proveedor de garantía			
Tipo de garantía			
Fecha de vencimiento			
Notas garantía / contratista			
Notas del equipo			
Nombre de Proveedor			
Precio de compra	0,00		
Fecha de compra			
Valor actual	85.000.000,00		
Desde fecha			

**Cerrar**

## 6.6 ORDENES DE TRABAJO



El formato establecido para orden de trabajo manual se puede observar en la tabla 17 del capítulo de mantenimiento por RCM, tiene los mismos criterios que el software, por tanto la orden que genera el ingeniero de mantenimiento viene dada por la plataforma que le indica el tipo de orden, la descripción del trabajo, fecha de inicio y fin de la misma. Este es el formato que nos brinda el software:

Figura 65. Generación de una orden de trabajo

Orden de trabajo nueva

Orden de trabajo Cerrar orden de trabajo

No de OT	0000000000	Fecha/Hora de solicitud	19/01/2014 09:13:33 p.m.	<b>Información de empleado</b>	
		Estado	Open	Nombre de empleado	Primitivo Llanes
Descripción del trabajo	17-160 - 1A1 = Limpieza de componentes.			Teléfono oficina	
Asignado a	Primitivo Llanes	Tipo de OT	Manual Preventive	Fax	
Fecha/Hora requerida	20/01/2014 10:00:00 a.m.	Prioridad de OT	Normal	Celular	
No de tarea				Correo electrónico	
Código de instrucción				Category : Employee	

<b>Información del equipo/localización</b>			
No de localización	03	Linea #	5
No de equipo	0160	Compresor	Principal
Estado	Active	Garantía/contratista	
		Fecha de vencimiento	
Equipo		Localización	
Notas para el técnico			
Recibido por	Ing. Cesar Rodriguez	Oficio	Mechanical

Guardar Cerrar

## 6.7 CATÁLOGOS



La sección de catálogos nos brinda reportar los datos adicionales que se pueden necesitar para información de los equipos y sus repuestos como proveedores, códigos de falla que son los obtenidos en las hojas de información de los equipos críticos decretados en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad, el ejemplo de códigos de falla se puede observar en la figura 37 donde se muestran los códigos de falla del compresor y sus tareas propuestas.

La sección de catálogos también nos brinda información de tipos de equipo y misceláneas de tipos de oficios, estados de las OT, lista de tipos de OT, lista de prioridades y tipos de garantía.

**Figura 66. Ejemplo de códigos de falla para compresor Puska**

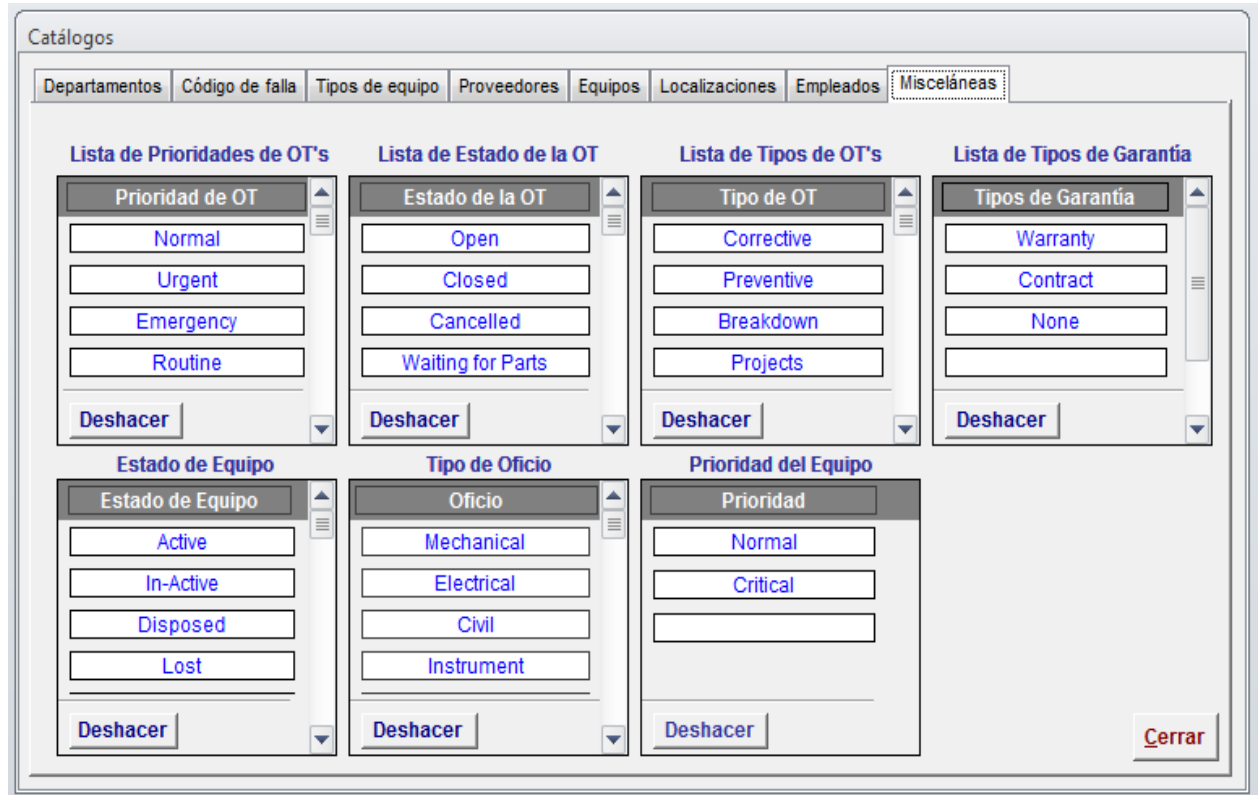
The screenshot shows a software window titled 'Catálogos'. At the top, there is a navigation menu with tabs: 'Departamentos', 'Código de falla', 'Tipos de equipo', 'Proveedores', 'Equipos', 'Localizaciones', 'Empleados', and 'Misceláneas'. The 'Código de falla' tab is selected.

On the left side, there is a 'Nuevo' section with two input fields: 'Código de falla' and 'Descripción'. Below these fields are two buttons: 'Guardar' and 'Cerrar'.

On the right side, there is a table titled 'Lista de código de fallas'. The table has two columns: 'Código de fallas' and 'Descripción'. The table contains the following data:

Código de fallas	Descripción
17-160 - 1A1	Limpieza de componentes
17-160 - 1C1	Revisión de vías de fluidos
17-160 - 1B1	Recubrir con esmaltes la superficie
17-160 - 2A1	Limpieza de Filtro externa
17-160 - 2B1	Cambio de filtro
17-160 - 3A1	Cambio de empaques
17-160 - 3B1	Revisión visual
17-160 - 3C1	Cambio de válvula
17-160 - 4A1	Limpieza de ductos
17-160 - 4A2	Cambio de mangueras
17-160 - 5A1	Revisión de contactos
17-160 - 6A1	Cambio de empaques, limpieza
17-160 - 6A2	Cambio de pieza

**Figura 67. Misceláneas de la sección de catálogos.**



## 6.8 MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Por ultimo pasamos al módulo de las tareas de mantenimiento, estas tareas son las que se obtienen por medio del análisis RCM en las hojas de toma de decisiones y que se plasman en la plataforma de manera lógica y ordena para cada uno de los equipos críticos en un listado de instrucciones, en donde se registra el código de instrucción, la descripción de la instrucción, el procedimiento a llevar por cada instrucción y las horas estimadas a realizar tal procedimiento.

**Figura 68. Formato de instrucción nueva para mantenimiento preventivo**

<b>Código de instrucción</b>	17-160-1A1		
<b>Descripción de instrucción</b>	Limpieza de componentes del deposito	<b>Horas estimadas</b>	2,00
<b>Procedimiento de instrucciones</b>	Desmontar elementos. Aplicación de aditivos de limpieza. Remoción de virutas y desechos. Montaje de partes de sugesión. Revisión de funcionamiento addecuado.		

Guardar Cerrar

El software PMX PRO permite tener todas las opciones y tablas que se obtienen en el análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad implementado para la empresa Ladrillos y Tubos y que nos permitirá el objetivo principal de que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alagar sus ciclos de vida funcional y mejorar la eficiencia de los procesos de producción.

## 7. CONCLUSIONES

1. Se pudo comprobar que la disponibilidad de la planta era alta (98%), sin embargo esto no garantizaba un nivel de productividad acorde a los estándares actuales (O. E. E.  $\leq 65$  %), lo cual quiere decir, muy baja competitividad. En este sentido se puede concluir que las mediciones de velocidad de producción (ladrillos/hora), tiempos de reparación, periodos de operación continuos, además del análisis de Pareto para calidad del producto y para la maquinaria permitieron adecuar la estrategia RCM a Ladrillos y Tubos Ltda.
2. Las mediciones de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad mostraron un comportamiento exponencial lo cual permitió esclarecer fallas de procedimiento en cuanto a reparación, gestión de repuestos e hizo evidente la necesidad de técnicas predictivas como análisis de aceites.
3. Las rutinas de mantenimiento preventivo y el análisis de aceites como tarea predictiva, ejercieron un efecto positivo en el desempeño de los equipos críticos de la sección de transporte y preparación de arenas (Retroexcavadora 312 y Cargador 930), la mantenibilidad de sus sistemas hidráulicos aumento en un 22%.
4. Mediante la medición del O.E.E. se pudo establecer la influencia de la criticidad de los equipos (Retroexcavadora 312D, Laminador LA – 6, Cargador 930H, Sacapiedras Bongioanni, Cortadora Automática) en la velocidad de producción. Tras la implementación de las tareas de mantenimiento se observa un incremento del O.E.E. de entre un 7% al 15% el cual se ve reflejado, además en el análisis de costos, el cual arrojó como resultado 254.590 unidades vendidas contra 292.806 unidades necesarias que antes se requerían para alcanzar el punto de equilibrio.

5. El desarrollo del análisis de criticidad como criterio de evaluación, permitió establecer la jerarquía de los equipos; creando una estructura que facilitó la toma de decisiones, direccionando el esfuerzo para mejorar la confiabilidad operacional de las secciones de molienda de arcilla, extrusión, amasado y corte de ladrillo. La confiabilidad de los equipos críticos de estas secciones se mantuvo en un rango del 75% al 85%.
6. Realizado el análisis de los equipos de la empresa, en cuanto a su función, causa, modo y efectos de falla, además de un diagnóstico general de la gestión de mantenimiento; se diseñó un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad donde se detallaron las tareas para todo tipo de fallos de los componentes de cada equipo, procedimientos y actividades a realizar a lo largo de un periodo de un año.
7. Se implementó el software PMX – PRO, el cual hizo posible sistematizar el departamento de mantenimiento de la empresa; permitiendo un fácil acceso a las rutinas programadas de mantenimiento, ayudando también en la rápida ejecución de las mismas, siguiendo un plan detallado de trabajo (PDT).
8. Se establecieron cronogramas detallados de actividades para los equipos críticos, donde se muestra la periodicidad de cada una de las tareas propuestas. También se elaboró el formato de hoja de decisión donde se involucra al personal encargado de llevar a cabo las tareas determinadas en el cronograma cumpliendo con la metodología propuesta en este proyecto.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere hacer un seguimiento de los equipos basado en las curvas de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad; estableciendo rangos de operación en cada indicador, buscando un nivel de producción de referencia.
2. Hacer mediciones de calidad que tengan en cuenta aspectos como dureza, tamaño, color, porcentaje de humedad, porcentaje de otros minerales presentes en arcilla, buscando acciones de control sobre los mismos y evitar defectos indeseados post producción como acumulación de cal en el ladrillo.
3. Ubicar pantallas dentro de la planta, informando a todos el O.E.E. actual, haciendo énfasis en el rendimiento total de la planta. La actualización de esta información debe realizarse cada hora.
4. Mediante la aplicación del RCM definido para Ladrillos y Tubos Ltda, se establecieron rutinas de mantenimiento preventivo y análisis de aceites como parte de un mantenimiento predictivo; se sugiere implementar técnicas tales como: análisis de ultrasonido, análisis de vibraciones (especialmente para rodamientos) y análisis de termografía.
5. Es imprescindible recordar que para que esta estrategia de mantenimiento funcione adecuadamente es necesario cumplir con las premisas fundamentales propuestas en el árbol de soluciones.
6. La obtención de nuevos software en diferentes campos de la empresa (contaduría, gestión de repuestos, balances económicos, indicadores de gestión, etc.) permitirían una mejor administración en todos los departamentos.

7. Adquirir elementos que permitan medir de manera mas precisa la calidad del ladrillo, tales como: durómetro, higrómetro, medidor de color, termómetro infrarrojo.
  
8. Efectuar análisis periódicos los resultados de los indicadores propuestos, para determinar la evolución del sistema de gestión diseñado para la empresa. Los indicadores propuestos están dirigidos a mejorar la disponibilidad de las máquinas y el mejor desempeño de los trabajadores en el departamento de mantenimiento y el de producción.

## BIBLIOGRAFIA

DA COSTA B, Martin. Aplicación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Tesis de Grado. Universidad Católica del Perú. 2010.

DUARTE D, Ricardo. Diseño e Implementación del Sistema de Mantenimiento para Ladrillera Versalles Ramírez Hnos. Ltda. Tesis de Grado. UIS. 2005.

DUFFUAA, Salih, RAOUF Abdul, CAMPBELL, John Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. Limusa, México. 2000.

ESTUPIÑAN, Edgar. Técnicas de Diagnóstico para el análisis de vibraciones de rodamientos. Página Web:  
[http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO\\_archivos/galileo.dim.edec.cl%20Imv/articulo\\_rodamientos\\_CHILE1.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos%20PREDICTIVO_archivos/galileo.dim.edec.cl%20Imv/articulo_rodamientos_CHILE1.pdf)

FERRANS, Orlando Enrique. Metodología para la implementación de RCM como filosofía de mantenimiento para la estación turbocompresora de Gas Natural Palomino. Tesis de Posgrado, UIS. Bucaramanga 2010.

GONZALEZ S, Pedro. Mantenimiento predictivo en palas electromecánicas de la minería. Universidad de Concepción. Chile. Página Web:  
[http://www.concretonline.com/pdf/08minería/art\\_tec/redminera1.pdf](http://www.concretonline.com/pdf/08minería/art_tec/redminera1.pdf)

GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes. Bucaramanga. UIS 2001.  
MOUBRAY, Jhonn. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. Lilinton, Usa. Edwards Brothers. 2004.

PICO L, Cristian Rafael. Gestión de mantenimiento para la sección de equipo camionero del gobierno municipal de Arajuno. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2011.

PMX – PRO. Software de Mantenimiento. Página Web:  
<http://www.renovetec.com/pmxpro.html>

QUINDE R, Ronald Leonardo. Diseño de un Sistema de gestión de mantenimiento para una empresa constructora que se dedica a la elaboración de vías lastradas en la provincia del Guayas. Tesis de Grado. Universidad Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 2010.

## ANEXOS

### ANEXO A. Ordenes de trabajo

En estos anexos, podremos encontrar lo relacionado a la ejecución de tareas y formatos de la empresa que permitan el cumplimiento de las tareas de mantenimiento programadas, tales como, el formato de Orden de Trabajo.

#### Formato de Ordenes de Trabajo para Mantenimiento

			
Fecha:		Código de OT:	
Operario:			
<b>Mantenimientos programados</b>			
Máquina	Descripción general del trabajo	Hora	
		Inicio	Fin
<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>			
Fecha: / /			
Planta: Ladrillos y Tubos Ltda			
Equipo:		Código:	
Función del Equipo		Componente	
Característica del componente Eléctrico ( ) Mecánico ( ) Hidráulico ( ) Neumático ( ) Electrónico ( )		Recomendaciones de seguridad:	

Descripción del modo de falla	Acción de mantenimiento Preventiva ( ) Predictiva ( ) Correctiva ( ) Por Condición ( )
Herramientas necesarias	
Procedimiento	
Responsable	
Supervisor	

\_\_\_\_\_  
Ing. Mantenimiento

### Ejemplo de Orden de Trabajo para Retroexcavadora 312D Caterpillar

 <b>LADRILLOS Y TUBOS LTDA.</b>			
<b>ORDEN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO</b>			
Fecha:		Código:	
Operario:			
<b>Mantenimientos programados</b>			
Máquina	Descripción general del trabajo	Hora	
		Inicio	Fin
17 - 166 - 2A1	Revisión de acoples		
<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>			
Fecha / / /			
<b>Planta:</b> Ladrillos y Tubos Ltda			
<b>Equipo:</b> Retroexcavadora		<b>Código: 17 - 166 - 2A1</b>	
<b>Función del Equipo</b> El equipo hace las funciones de excavación de zanjas y extracción de material arcilloso para la producción de ladrillos.		<b>Componente</b> Acoples de mangueras	

<p><b>Característica del componente</b>  Eléctrico ( ) Mecánico ( ) Hidráulico (X)  Neumático ( ) Electrónico ( )</p>	<p><b>Recomendaciones de seguridad:</b>  La palanca de fijación en el tablero de mando debe estar accionada, impidiendo cualquier acción de otro mando.  Accione la válvula de alivio del sistema hidráulico. (despresurización)  Apague el motor eléctrico.</p>
<p><b>Descripción del modo de falla</b>  Se presentan fugas en el sistema hidráulico</p>	<p><b>Acción de mantenimiento</b>  Preventiva (X) Predictiva ( ) Correctiva ( ) Por Condición ( )</p>
<p><b>Herramientas necesarias</b>  Llave torsional, guantes, gafas de seguridad, juego de llaves, manual de operación, manual fabricante de acoples</p>	
<p><b>Procedimiento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retire la conexión e inspecciónela</li> <li>2. Si es el caso, inspeccione el anillo de sellado, si se ha deteriorado replácelo (tenga en cuenta compatibilidad con el fluido y temperatura de trabajo, consulte manual de operación de la excavadora).</li> <li>3. Si la conexión no tenía anillo de sellado y ahora lo requiere colóquelo, teniendo en cuenta especificaciones de compatibilidad con el fluido de trabajo y la temperatura de operación (consulte manual de operación de la excavadora)</li> <li>4. Revise las roscas y el ángulo de asiento, cualquier rebaba es una desviación potencial de fluido. Reemplace de ser necesario.</li> <li>5. En caso de sustitución de acople, utilice un juego de identificación de roscas seleccione la configuración de mejor sellado. Para esto use el manual de fabricante de acoples.</li> <li>6. Seguidamente al apretar, seleccione un apriete de instalación recomendado por fabricante (torsión excesiva causa daño, torsión insuficiente causa fugas).</li> </ol>	

Cesar Rodríguez

Ing. Mantenimiento

## ANEXO B. Hojas técnicas

### Hoja Técnica para Ladrillos y Tubos Ltda.

LADRILLOS Y TUBOS LTDA											
<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>											
FECHA	dd	mm	aa								
<b>DATOS GENERALES</b>											
Nombre _____											
Marca _____		Serie _____									
Referencia _____		N° de inventario _____									
Modelo _____		Fabricante _____									
Fecha de adquisición _____		Instalado por _____									
Lugar de trabajo _____											
Estado del equipo:      Nuevo      _____      Usado      _____											
Material adicional:											
		<table border="1"><thead><tr><th>Tipo de material</th><th>Cantidad</th></tr></thead><tbody><tr><td>Catálogos</td><td></td></tr><tr><td>Planos de montaje</td><td></td></tr><tr><td>Planos sistema eléctrico</td><td></td></tr></tbody></table>		Tipo de material	Cantidad	Catálogos		Planos de montaje		Planos sistema eléctrico	
Tipo de material	Cantidad										
Catálogos											
Planos de montaje											
Planos sistema eléctrico											
Otros (cuáles) _____											



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**  
**HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS**

FECHA			
	dd	mm	aa

**DATOS GENERALES**

Nombre Cargador CAT 930

Marca Caterpillar Serie 41K8755 Arrange

Referencia 930H N° de inventario 090

Modelo 1979 Fabricante \_\_\_\_\_

Fecha de adquisición Enero 1994 Instalado por \_\_\_\_\_

Lugar de trabajo Equipo móvil (mina, línea de molienda, líneas de producción)

Estado del equipo: Nuevo \_\_\_\_\_ Usado X

Material adicional:

Tipo de material	Cantidad
Catálogos	2
Planos de montaje	
Planos sistema eléctrico	

Otros (cuáles) \_\_\_\_\_

**DATOS TÉCNICOS**

Tamaño/Dimensiones                      Altura 3,2 m; frente 2,380 m; longitud 6,4 m                     

Peso                      13 Ton.                      Amperaje                     

Voltaje                      Potencia                      149 HP                     

RPM De trabajo                      Presión                     

Medio de transmisión de potencia:

Correas                      Cadenas                      Otros (cuáles)                     

Relación de transmisión                     

Tipo de lubricación (especifique)                     

**OBSERVACIONES**                      Altura de descarga 3,1m alcance 8,06 m profundidad                     

máxima de excavación 92 mm, rango del cucharón 2,1 – 5 metros cúbicos                     

\_\_\_\_\_

RESPONSABLE

**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**  
**HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS**

FECHA			
	dd	mm	aa

**DATOS GENERALES**

Nombre Retroexcavadora Hidráulica  
Marca Caterpillar Serie 7DKD4526  
Referencia 312D N° de inventario 166  
Modelo 1994 Fabricante Caterpillar Japón  
Fecha de adquisición 2007 Instalado por \_\_\_\_\_  
Lugar de trabajo \_\_\_\_\_  
Estado del equipo: Nuevo \_\_\_\_\_ Usado X

Material adicional:

Tipo de material	Cantidad
Catálogos	
Planos de montaje	
Planos sistema eléctrico	

Otros (cuáles) \_\_\_\_\_



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**  
**HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS**

FECHA			
	dd	mm	aa

**DATOS GENERALES**

Nombre Cortadora Automática

Marca \_\_\_\_\_ Serie \_\_\_\_\_

Referencia \_\_\_\_\_ N° de inventario 179

Modelo \_\_\_\_\_ Fabricante Javier Martínez

Fecha de adquisición 1995 Instalado por \_\_\_\_\_

Lugar de trabajo Línea de Producción # 5

Estado del equipo: Nuevo  Usado \_\_\_\_\_

Material adicional:

Tipo de material	Cantidad
Catálogos	
Planos de montaje	
Planos sistema eléctrico	

Otros (cuáles) Planos elaborados a mano

**DATOS TÉCNICOS**

Tamaño/Dimensiones Eje  $\phi$  24 mm, cuñero 5/16 pulg.

Peso \_\_\_\_\_ Amperaje \_\_\_\_\_

Voltaje \_\_\_\_\_ Potencia \_\_\_\_\_

RPM De trabajo \_\_\_\_\_ Presión \_\_\_\_\_

Medio de transmisión de potencia:

Correas \_\_\_\_\_ Cadenas X Otros (cuáles) \_\_\_\_\_

Relación de transmisión \_\_\_\_\_

Tipo de lubricación (especifique) \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES** Cadena 40 – 1R de ½ pulg; 1 motor eléctrico de 1,8 HP

1122 rpm

220 V (siemens) 9 rodillos SKF

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

RESPONSABLE

## ANEXO C. Plan detallado de trabajo (PDT)

### *Ejemplo de PDT de Acople de Manguera de Retroexcavadora*

PLAN DETALLADO DE TRABAJO	
Fecha / / / /	
<b>Planta:</b> Ladrillos y Tubos Ltda	
<b>Equipo</b> Retroexcavadora	<b>Código:</b> 17 - 166 - 2A1
<b>Función del Equipo</b> El equipo hace las funciones de excavación de zanjas y extracción de material arcilloso para la producción de ladrillos.	<b>Componente</b> Acoples de mangueras
<b>Característica del componente</b> Eléctrico ( ) Mecánico ( ) Hidráulico (X) Neumático ( ) Electrónico ( )	<b>Recomendaciones de seguridad:</b> La palanca de fijación en el tablero de mando debe estar accionada, impidiendo cualquier acción de otro mando. Accione la válvula de alivio del sistema hidráulico. (despresurización) Apague el motor eléctrico.
<b>Descripción del modo de falla</b> Se presentan fugas en el sistema hidráulico	<b>Acción de mantenimiento</b> Preventiva (X) Predictiva ( ) Correctiva ( ) Por Condición ( )
<b>Herramientas necesarias</b> Llave torsional, guantes, gafas de seguridad, juego de llaves, manual de operación, manual fabricante de acoples	
<b>Procedimiento</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retire la conexión e inspecciónela</li> <li>2. Si es el caso, inspeccione el anillo de sellado, si se ha deteriorado replácelo (tenga en cuenta compatibilidad con el fluido y temperatura de trabajo, consulte manual de operación de la excavadora).</li> <li>3. Si la conexión no tenía anillo de sellado y ahora lo requiere colóquelo, teniendo en cuenta especificaciones de compatibilidad con el fluido de trabajo y la temperatura de operación (consulte manual de operación de la excavadora)</li> </ol>	

<p>4. Revise las roscas y el ángulo de asiento, cualquier rebaba es una desviación potencial de fluido. Remplace de ser necesario.</p> <p>5. En caso de sustitución de acople, utilice un juego de identificación de roscas seleccione la configuración de mejor sellado. Para esto use el manual de fabricante de acoples.</p> <p>6. Seguidamente al apretar, seleccione un apriete de instalación recomendado por fabricante (torsión excesiva causa daño, torsión insuficiente causa fugas).</p>
<b>Responsable</b>
<b>Supervisor</b>

### ***Ejemplo de PDT de Prueba de Funcionamiento de Motores Eléctricos***

<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>	
Fecha / / / /	
<b>Planta:</b> Ladrillos y Tubos Ltda	
<b>Equipo</b> Sacapiedras	<b>Código: 17 - 166 - 2A1</b>
<b>Función del Equipo</b> Extracción de piedras del material proveniente del desmenuzador	<b>Componente</b> Motor eléctrico
<b>Característica del componente</b> Eléctrico (X) Mecánico ( ) Hidráulico ( ) Neumático ( ) Electrónico ( )	<b>Recomendaciones de seguridad:</b> Apague el motor eléctrico. Colocar letrero de protección de no encendido en la caja de panel de control.
<b>Descripción del modo de falla</b> Sobre voltaje o corto circuito.	<b>Acción de mantenimiento</b> Preventiva (X) Predictiva ( ) Correctiva ( ) Por Condición ( )
<b>Herramientas necesarias</b> Llave torsional, guantes, gafas de seguridad, juego de llaves, manual de operación, potenciómetro, aislantes eléctricos.	
<b>Procedimiento</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantener el motor libre de tierra, polvo o cualquier materia extraña.</li> <li>2. Corregir factores que producen humedad (fugas, depósitos de humedad, goteras en el techo)</li> <li>3. Mantener un espacio de operación libre de objetos que puedan obstruir la circulación del</li> </ol>	

<p>aire.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Observar fugas de aceite en rodamientos.</li> <li>5. Reportar al jefe de mantenimiento si se observan anomalías como ruidos extraños en operación, fallas de arranque, olor o sensación de sobrecalentamiento, humo, ennegrecimiento del colector, chispas intermitentes en las escobillas, golpeteos, vibraciones anómalas.</li> <li>6. Verificar voltajes, amperajes y velocidad, tanto en el equipo como en el tablero de control, en vacío y en plena carga.</li> <li>7. Comprobar temperaturas, que no sobrepasen la especificada en la placa o en las normas de operación.</li> <li>8. Comprobar giro libre del eje del motor por funcionamiento manual.</li> <li>9. Comprobar sentido de giro, si se han desconectado los bornes, o si el equipo ha estado sin operar.</li> </ol>
<b>Responsable</b>
<b>Supervisor</b>

***Ejemplo de PDT de Cambio de Correa de Laminador LA – 6***

<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>	
Fecha / / / /	
<b>Planta</b> Ladrillos y Tubos Ltda	
<b>Equipo</b> Laminador LA – 6	<b>Código: 19 - 099 – 5A2</b>
<b>Función del Equipo</b> Reducción del tamaño del material arcilloso que se entrega a la etapa de extrusión, amasado y corte.	<b>Componente</b> Correas
<b>Característica del componente</b> Eléctrico ( ) Mecánico (X) Hidráulico ( ) Neumático ( ) Electrónico ( )	<b>Recomendaciones de seguridad:</b> Apague el motor eléctrico. Asegure la caja de control eléctrico y póngale un letrero de advertencia (Desconectado por mantenimiento, no conectar)

<b>Descripción del modo de falla</b> Inspección y cambio de elementos	<b>Acción de mantenimiento</b> Preventiva ( ) Predictiva ( ) Correctiva (X) Por Condición ( )
<b>Herramientas necesarias</b> Guantes, gafas de seguridad, juego de llaves, manual de operación, destornillador, alicates.	
<b>Procedimiento</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desconecte el sistema.</li> <li>2. Coloque todos los componentes de la máquina en una posición segura.</li> <li>3. Retire la protección y revise si hay daños. Inspeccione si hay indicios de desgaste o roce con los componentes de la transmisión. Limpie la protección según sea necesario.</li> <li>4. Inspeccione la correa si hay desgaste o daño. Cámbiela según sea necesario.</li> <li>5. Inspeccione las poleas por si existe algún daño. Sustitúyalas si están gastadas.</li> <li>6. Inspeccione todos los componentes tales como cojinetes, montajes del motor y guías de ajuste.</li> <li>7. Inspeccione la toma a tierra de la electricidad estática y sustituya los componentes según sea el caso.</li> <li>8. Revise la tensión de la correa y ajústela según sea necesario.</li> <li>9. Revise nuevamente la alineación de la polea.</li> <li>10. Reinstale la protección de la correa.</li> <li>11. Haga funcionar el sistema de transmisión. Observe y escuche cualquier indicio fuera de lo normal.</li> </ol>	
<b>Responsable</b>	
<b>Supervisor</b>	

**Ejemplo de PDT de Cambio de Aceite Hidráulico de Retroexcavadora**

<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>	
Fecha / / / /	
<b>Planta</b> Ladrillos y Tubos Ltda	
<b>Equipo</b> Retroexcavadora	<b>Código: 17 - 166 - 5A1</b>
<b>Función del Equipo</b> El equipo hace las funciones de excavación de zanjas y extracción de material arcilloso para la producción de ladrillos.	<b>Componente</b> Aceite hidráulico
<b>Característica del componente</b> Eléctrico ( ) Mecánico ( ) Hidráulico (X ) Neumático ( ) Electrónico ( )	<b>Recomendaciones de seguridad:</b> La palanca de bloqueo en el tablero de mando debe estar accionada, impidiendo cualquier acción de otro mando. Accione la válvula de alivio del sistema hidráulico. (despresurización)
<b>Descripción del modo de falla</b> Se presenta pérdida de potencia del sistema hidráulico.	<b>Acción de mantenimiento</b> Preventiva ( ) Predictiva (X ) Correctiva ( ) Por Condición ( )
<b>Herramientas necesarias</b> Guantes, gafas de seguridad, juego de llaves, manual de operación, recipiente para muestra, etiqueta, tubo de seguridad, soporte para tubo de seguridad	
<b>Procedimiento</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retirar el tapón</li> <li>2. Limpiar el orificio con un paño limpio</li> <li>3. Introducir tubo de seguridad al recipiente</li> <li>4. Deslizar soporte de tubo de seguridad hasta la tapa del recipiente</li> <li>5. Introducir tubo de seguridad al orificio del conducto</li> <li>6. Encender la máquina</li> <li>7. Tomar la muestra</li> <li>8. Retirar el tubo de seguridad del orificio</li> <li>9. Retirar el tubo de seguridad del recipiente</li> <li>10. Retirar tapa correspondiente a tubo de seguridad</li> </ol>	

11. Poner tapa cerrada 12. Etiquetar el recipiente 13. Inscribir en el recipiente número de horas de funcionamiento, referencia del equipo, tipo de aceite 14. Enviar muestra a análisis en laboratorio
<b>Responsable</b>
<b>Supervisor</b>

***Ejemplo de PDT de Revisión de Batería de Retroexcavadora***

<b>PLAN DETALLADO DE TRABAJO</b>	
Fecha / / / /	
<b>Planta</b> Ladrillos y Tubos Ltda	
<b>Equipo</b> Retroexcavadora	<b>Código: 17 - 166 – 8B1</b>
<b>Función del Equipo</b> El equipo hace las funciones de excavación de zanjas y extracción de material arcilloso para la producción de ladrillos.	<b>Componente</b> Batería
<b>Característica del componente</b> Eléctrico (X) Mecánico ( ) Hidráulico ( ) Neumático ( ) Electrónico ( )	<b>Recomendaciones de seguridad:</b> La palanca de bloqueo en el tablero de mando debe estar accionada, impidiendo cualquier acción de otro mando. Accione la válvula de alivio del sistema hidráulico. (despresurización) Apague el motor eléctrico
<b>Descripción del modo de falla</b> El equipo no arranca	<b>Acción de mantenimiento</b> Preventiva (X) Predictiva ( ) Correctiva ( ) Por Condición ( )
<b>Herramientas necesarias</b> Guantes, gafas de seguridad, juego de llaves, manual de operación, destornillador, cepillo de cerdas metálicas	

**Procedimiento**

1. Retirar el tapón
2. Comprobar el nivel de electrolito en la batería
3. Si el nivel de electrolito (agua) es bajo, añada agua
4. Si los bornes están sulfatados, desconecte los cables de la batería empezando por el terminal negativo
5. Efectúe limpieza
6. Añada agua con bicarbonato de sodio
7. Frote con un cepillo de cerdas metálicas
8. Limpie con un paño
9. Vuelva a conectar los cables

**Responsable****Supervisor**