

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM, PARA LOS
EQUIPOS Y VEHÍCULOS DE DINACOL S.A.**

MARCO ANTONIO CÁRDENAS MAZA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRONICA
CARTAGENA
2011**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM, PARA LOS
EQUIPOS Y VEHÍCULOS DE DINACOL S.A.**

MARCO ANTONIO CÁRDENAS MAZA

Monografía presentada para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

ING. VLADIMIR ADOLFO QUIROZ MARIANO

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRONICA
CARTAGENA
2011**

Cartagena de Indias D.T. y C., 04 de Noviembre de 2011

Señores

COMITÉ CURRICULAR
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
Facultad de Ingeniería
Cartagena

Estimados Señores

Luego de revisar la monografía **“Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para los equipos y vehículos de DINACOL S.A.”** del estudiante Marco Antonio Cárdenas Maza; considero que cumple ampliamente con los objetivos propuestos al inicio de la investigación, por lo que estoy de acuerdo en presentarlo formalmente para su calificación y así optar por el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

VLADIMIR ADOLFO QUIROZ MARIANO
Director de Proyecto

Cartagena de Indias D.T y C., 04 de Noviembre de 2011

AUTORIZACIÓN

Yo, Marco Antonio Cárdenas Maza identificado con cedula de ciudadanía número 1'128.050.270 de Cartagena, autorizo a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, para hacer uso de esta monografía y publicarla en el catalogo online de su biblioteca.

Cordialmente,

MARCO ANTONIO CÁRDENAS MAZA
C.C. No. 1'128.050.270 de Cartagena

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de antemano a Dios por mi vida, por este escrito que hoy se hace fruto de mis conocimientos adquiridos a lo largo de mi academia y por ser MI Padre de fe, bondad, rectitud, honestidad y Amor. A mis abuelos Clara del Carmen y Manuel Antonio "Sincelejo" (en este momento salen lágrimas de mis ojos su presencia en mi vida fue demasiado importante y hoy no se encuentran a mi lado), quienes desde muy niño depositaron en mí todo ese amor y sacrificio que hoy me hacen un profesional. A mis padres Sara y Marco, por ser aquellos luchadores que día a día se esforzaron para que este fruto de esa unión hoy haga realidad uno de sus sueños. A mi hermano Andres Felipe, quien desde hace 19 años hace parte de mi vida y me acompaña en el camino encomendado por Dios. A todos los docentes del programa de Ingeniería Mecánica, en especial al Profesor Vladimir Quiroz Mariano por sus enseñanzas y apoyo constante durante la realización de este escrito. A mi prima Rosa María, quien me colaboró con la redacción y organización de este presente. Y a todas aquellas personas que directa o indirectamente depositaron su confianza en mí para que YO hoy este logrando esta meta tan anhelada de ser un profesional en la Ingeniería Mecánica.

Marco A. Cárdenas Maza

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	09
1. OBJETIVOS	14
1.1. Objetivo General	14
1.2. Objetivos Específicos	14
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. MARCO TEÓRICO	15
4. METODOLOGÍA	17
5. TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
6. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
6.1. Historia de la Empresa	18
6.2. Misión	18
6.3. Visión	19
6.4. Política Integral	19
6.5. Planta Productiva	20
6.6. Maquinaria y Equipos	20
6.7. Nuestra Fortaleza	20
6.8. Nuestro Equipo	21
6.9. Reconocimiento y Certificaciones	21
6.10. Ubicación Geográfica	22
7. INFRAESTRUCTURA	23
7.1. Plegadora DURMA SERIE E-30300	23
7.2. Rolo Hidráulico SERTOM EMO 25-40	25
7.3. Mesa de Corte HYSPEED PLASMA HSD130	27
7.4. Puente Grúa ABUS 10 TON	30
7.5. Máquinas de Soldar LINCOLN ELECTRIC DC-600	31

8. APLICACIÓN DE AMEF AL PUENTE GRÚA	32
9. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS	44
9.1. Roladora	45
9.2. Plegadora	46
9.3. Mesa de Corte	47
9.4. Puente Grúa	48
9.5. Máquinas de Soldar	49
9.6. Vehículos	50
10. CONCLUSIONES	51
11. BIBLIOGRAFÍA	53
12. LISTA DE FIGURAS	54
13. LISTA DE TABLAS	55

INTRODUCCIÓN

Este proyecto nace de una preocupación por el desempeño de los equipos que operan en la empresa DINACOL S.A, ya que esta presta constantes servicios al área industrial de la ciudad y por lo tanto debe tener la mayor disponibilidad de sus máquinas; para esto se convierte en una prioridad el implementar un plan de mantenimiento preventivo que evite que los equipos fallen y provoquen en la empresa pérdidas a nivel económico, en las horas de trabajo, producción paralizada y por consiguiente incumplimiento con el cliente, consecuencias que repercuten en el nombre de la empresa frente a su competencia.

Es de vital importancia entonces implementar un plan de mantenimiento con el que presupuestalmente pueda cumplir la empresa y que esté acomodado a las necesidades de los equipos que en ella operan, para evitar caer en un bajo nivel dentro de su competencia por no prevenir situaciones que afecten su producción.

RESUMEN

TITULO

Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para los equipos y vehículos de **DINACOL S.A.**

AUTOR

MARCO A. CÁRDENAS MAZA

Este trabajo, consiste específicamente en el diseño de un plan mantenimiento basado en RCM, para los equipos y vehículos de DINACOL S.A, con el fin de optimizar la operatividad y eficiencia de dichas máquinas; este estudio va centrado entonces en el análisis de los modos de falla de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de los mismos.

Se entiende por RCM como una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual el equipo de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional en un sistema funcional bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo actividades más efectivas de mantenimiento en función de su criticidad a las actividades pertinentes de dicho sistema.

DINACOL S.A. es una empresa ubicada en la zona industrial de Mamonal en la ciudad de Cartagena y tiene como política integral, ofrecer servicios de ingeniería especializada en construcciones, montajes, reparaciones, certificaciones y control de calidad en el sector industrial y marítimo, con profesionales y técnicos competentes e infraestructura tecnológica avanzada. Posee un programa de mantenimiento, pero este no cuenta con tareas que generen confiabilidad en los equipos, y aunque las máquinas tienen poco tiempo de haber sido adquiridos, necesitan de un plan de mantenimiento de alta confiabilidad para optimizar la operatividad de los sistemas, garantizando una gestión exitosa en la empresa.

Para llegar al objetivo general de este proyecto, se pretende inicialmente identificar fallas que hacen que los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, no funcionen de manera adecuada; definir soluciones para las fallas críticas de los equipos, máquinas y vehículos, por medio de un AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) y mantenimiento preventivo basado en RCM y por último establecer tareas específicas de mantenimiento para los equipos.

Se intenta cumplir todo esto planteado anteriormente, a través de un trabajo de campo y observación directa de las actividades de mantenimiento de los equipos, máquinas y vehículos, que se llevan a cabo día a día, además del manejo de los recursos y las técnicas actuales para tal fin; posteriormente, desarrollar una propuesta de mejora que facilite la operación y mantención de estos sistemas.

A través de este trabajo se busca disminuir considerablemente pérdidas económicas y lograr un mejor posicionamiento de la empresa, evitando que incumpla a sus clientes por no prevenir posibles fallas en los equipos utilizados en su taller.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el fin de optimizar la calidad, la confiabilidad operacional, los costos de producción, la oportunidad, la garantía de seguridad del trabajo y de la preservación del medio ambiente, se reconoce en el año 1993 la función de mantenimiento en la norma ISO 9000¹, incluyéndola en el proceso de certificación y dándole el mismo nivel en la organización que el de operación, proceso ya certificado por la ONU.

Por esta razón, algunas empresas bien constituidas deciden tener dentro de su estructura organizacional la división de ingeniería de fábricas, este término se utiliza para denotar un área global de la empresa que incluye subdivisiones de, mantenimiento, operación, proyectos, producción, calidad y otros afines, otorgándole así seria importancia a los procesos de mantenimiento para un óptimo desempeño de su producción (Mora, 2009).

Llega entonces el mantenimiento a convertirse en parte fundamental dentro de un proceso de producción, ya que esboza su gran capacidad para contribuir a la mejora de la competitividad y da muestra del gran potencial de las empresas.

El papel del mantenimiento es incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades tales como planeación, organización, control y ejecución de métodos de conservación de los equipos (Mora, 1999).

Debido a este papel que juega entonces el mantenimiento en la eficacia de una empresa, este trabajo gira en torno a emplear dicho concepto con el fin de optimizar el desempeño y la producción de **DINACOL S.A**, el estudio va centrado en el análisis de los modos de falla de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de los equipos,

¹ La serie de Normas ISO 9000 son un conjunto de enunciados, establecidos por la Internacional Organization for Standardization, los cuales especifican qué elementos deben integrar el sistema de calidad de una empresa y cómo deben funcionar en conjunto estos elementos para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce.

herramientas y vehículos, que se usan en el taller de la empresa para las diferentes fabricaciones y reparaciones que se realizan en este.

Todos los equipos utilizados tienen poco tiempo de haber sido adquiridos, por lo que es necesario desarrollar un plan de mantenimiento de alta confiabilidad para optimizar la operatividad de los sistemas, garantizando una gestión exitosa.

Aplicar este método es indispensable en la empresa, ya que aunque posee un programa de mantenimiento, este no cuenta con períodos prudentes que permitan realizar tareas que generen la confiabilidad de los equipos, denotando la ausencia de actividades importantes para cumplir con la programación de la empresa, así se busca disminuir considerablemente pérdidas económicas y se logrará un mejor posicionamiento de la empresa, evitando que incumpla a sus clientes por no prevenir posibles fallas en los equipos utilizados en su taller.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Realizar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad que permita optimizar la operatividad y eficiencia de equipos, máquinas y vehículos de la empresa DINACOL S.A.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar fallas que hacen que los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, funcionen de manera adecuada.
- Definir soluciones para las fallas críticas de los equipos, máquinas y vehículos, por medio de un AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) y mantenimiento preventivo basado en RCM.
- Establecer tareas de mantenimiento para los equipos.
- Realizar un artículo científico con el fin de mostrar toda la información y el proceso para llevar a cabo este proyecto.

2. JUSTIFICACIÓN

DINACOL S.A es una empresa en crecimiento continuo, con amplios contratos de fabricación y reparación de estructuras y embarcaciones; por esta razón, es necesario mantener la disponibilidad operativa de los equipos, sistemas e instalaciones de apoyo, y aunque esto es de suma importancia, también se convierte en una prioridad el realizar tareas de confiabilidad y mantenimiento para los equipos, ya que esta empresa no cuenta con un programa de mantenimiento consistente y al que posee no se le hace seguimiento, por lo tanto no garantiza la confiabilidad, por eso el diseñar y desarrollar un plan de mantenimiento de alta confiabilidad es vital para dicha empresa, así no se pierden horas de trabajo, no se incumple con el cliente y por consiguiente no se afecta la producción y los ingresos monetarios de la misma.

3. MARCO TEÓRICO

Según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones de 1988 de la OIT, en cada rama de la ingeniería cambian los objetos a cuidar para que funcionen correctamente, pero la función de mantener, prima sobre la ingeniería en general; esto permite afirmar que el objeto que mejor reúne la función de producir otros bienes o servicios son las máquinas y por consiguiente en su ejercicio profesional la ingeniería mecánica, basando sus funciones en el diseño, proyección, funcionamiento, conservación y reparación de todo tipo de sistemas industriales, instalaciones y maquinaria, siendo tareas propias del mantenimiento la conservación y la reparación (Mora, 2009).

Ahora bien, podemos definir mantenimiento como el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización de una línea automática de producción pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un determinado plan de producción en constante evolución².

Para que este plan de producción se cumpla, es indispensable contar con uno de mantenimiento, orientado a reducir el mínimo de indisponibilidad de las instalaciones, un plan de mantenimiento detallado que permita una constante evaluación del nivel de funcionamiento y que por consiguiente garantice las mejoras a un nivel óptimo, ya que cada distorsión a la continuidad del proceso productivo debido a una falla que pudo haberse prevenido con un buen manejo del mantenimiento, genera mayores costos en la producción e incumplimiento con los servicios que presta la empresa (Rey, 2001).

La disponibilidad y la confiabilidad, constituyen dos índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento, pero para que este pueda calificarse como eficiente, es preciso, que los costes empleados sean los más reducidos posible, además, es necesario reconocer dos aspectos, gestión y operación, la primera se refiere al manejo

² Rey Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid: Fund. Confemetal.

de los recursos, a su planeación y control, mientras que la segunda es la realización física del servicio; en conjunto, estas características conforman un plan de mantenimiento indispensable para procurar el buen estado de los equipos y así la adecuada función de producción de bienes en las organizaciones.

Por otro lado, puede aplicarse una filosofía de gestión de mantenimiento llamada RCM, en la cual el equipo de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional en un sistema funcional bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo actividades más efectivas de mantenimiento en función de su criticidad a las actividades pertinentes de dicho sistema. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance RCM) es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial, muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo.

Desarrollados sus principios básicos en los años 60 para la industria aeronáutica norteamericana, en los 70 se generaliza su uso en el ejército y la marina estadounidense. A principios de la década de los años ochenta, esta metodología se comienza a transferir a otros sectores industriales. En 1984, EPRI (Electric Power Research Institute) identifica al RCM como una metodología muy recomendable para su aplicación en el campo nuclear e inicia una serie de estudios piloto en los que se aplican diferentes aproximaciones metodológicas, se analiza su validez y se desarrollan guías de aplicación y herramientas informáticas de apoyo. En los últimos diez años, la aplicación de la metodología RCM se generaliza a la práctica totalidad de los sectores industriales.

La filosofía RCM plantea, como criterio general, el mantenimiento prioritario de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante en el que se aplicaría el correspondiente mantenimiento correctivo. El RCM tiene muy en cuenta las especificidades de la instalación en estudio y plantea la necesidad de

realizar un programa de seguimiento y actualización (RCM-vivo) Poseer equipos confiables en la operación de la empresa es de gran importancia ya que disminuyen los gastos e inversiones inadvertidas sin presupuestar y garantizan los modos dominantes de producción bajo condiciones técnicas sólidas como reducción de mantenimientos correctivos, fallas múltiples y el aumento de la confiabilidad del equipo³.

4. METODOLOGÍA

La metodología a desarrollar para este trabajo, es mediante un trabajo de campo y observación directa de las actividades de mantenimiento de los equipos, máquinas y vehículos, que se llevan a cabo día a día, además del manejo de los recursos y las técnicas actuales para tal fin; posteriormente, el desarrollo de una propuesta de mejora que facilite la operación y mantención de estos sistemas en **DINACOL S.A.**, además de la toma de decisiones basadas en los costos y otras variables.

5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo e ilustración de este trabajo se utilizará el criterio de investigación a nivel explicativo, ya que este intenta descubrir, establecer y deducir las relaciones causalmente funcionales que existen entre las variables estudiadas, y sirve para explicar cómo, cuándo, dónde y por qué ocurre un fenómeno y a la vez busca plantear mejoras para evitar o minimizar una falla.

³ Moubray, J. (1994) *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Industrial Press Inc., New York, USA.

6. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

6.1. Historia de la Empresa

DINACOL S.A es producto de 28 años de evolución y constante crecimiento. La compañía inicialmente fue fundada como **DINALCO Ltda.** en el año 1982 en Cartagena, donde ofrecía servicios integrales de ingeniería con énfasis en diseño, mantenimiento, reparación y verificación de la calidad en el sector Industrial, Civil y Marítimo.

En 2007, la gerencia de la empresa cambió y se modificó la razón social de la empresa a **DINACOL S.A** "Diseño, Ingeniería y Control".

Para el año 2009, la empresa pone en funcionamiento su planta de producción, permitiéndose completar su línea de servicios de ingeniería, con los nuevos servicios de construcción y montaje metalmecánico y civil. Hoy los servicios están agrupados en tres unidades estratégicas de negocios (UEN): la primera UEN, "Diseño", agrupa los servicios de diseño metalmecánico, civil y marítimo; la segunda, es la encargada de prestar los servicios especializados de ingeniería metalmecánica y civil, "Construcción, Montaje y Reparación."; y la última, "Control de calidad", presta los servicios de inspección y verificación de la calidad.

6.2. Misión

Somos una empresa de servicios de ingeniería especializada en construcciones, montajes, reparaciones, certificaciones y control de calidad en el sector industrial y marítimo, con profesionales y técnicos competentes, infraestructura tecnológica avanzada, fundamentada en un sistema integrado de gestión de la calidad, seguridad, salud ocupacional y manejo ambiental, con un alto sentido de responsabilidad social empresarial, cumpliendo con los requerimientos y expectativas de nuestros clientes y la normativa técnica nacional e internacional.

6.3. Visión

Nos vemos en el año 2014 como la empresa líder de servicios de ingeniería especializada en construcciones, montajes, reparaciones, certificaciones y control de calidad en el sector industrial y marítimo en la costa Caribe Colombiana, lo que lograremos:

- Con un proceso de crecimiento continuo apoyado en la calidad de nuestros servicios y la confianza de nuestros clientes.
- Con un proceso de mejoramiento continuo en nuestras competencias tecnológicas y humanas.
- A través de alianzas estratégicas generadoras de beneficios mutuos.

6.4. Política Integral

Es nuestra política ofrecer servicios de ingeniería especializada en construcciones, montajes, reparaciones, certificaciones y control de calidad en el sector industrial y marítimo, con profesionales y técnicos competentes e infraestructura tecnológica avanzada. Nos comprometemos al cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes, legales y otros requisitos suscritos por la organización incluyendo los correspondientes a Seguridad y salud ocupacional y medio ambiente. Trabajamos en la prevención de la contaminación, en la disminución de nuestros impactos ambientales significativos y concentramos nuestros esfuerzos en la prevención de enfermedades ocupacionales, prevención de accidentes y prevención de daños a la propiedad a través de la promoción de la calidad de vida laboral. Desde la alta Dirección reiteramos el compromiso con el sistema de gestión integrado por medio de la asignación de recursos económicos, humanos y físicos para el desarrollo del mismo. Garantizamos con nuestra actividad productiva la evaluación, control y mejora continua de nuestros procesos para minimizar los riesgos prioritarios y mejorar el desempeño del sistema integrado de gestión HSEQ.

6.5. Planta Productiva

Contamos con una planta de producción de 5.500 m² donde fabricamos los distintos bienes de capital que ofrecemos. De igual manera contamos con muelle a través de un Joint Venture con FerroAlquimar S.A.

6.6. Maquinaria y Equipos

- Plegadora de 3 mts hasta 1"
- Rolo hidráulico de 2 ½" de capacidad y 1" en lámina antidesgaste
- Puente grúa de 10 MT
- Mesa de corte por plasma y oxicorte
- Cuarto de blasteo y pintura
- Montacargas telescópico
- Máquinas de soldar TIG - MIG
- Equipos de control de calidad (Ultrasonido, Partículas magnéticas, Dinamómetro, Calibradores, Inspección de recubrimientos, Gas Free, etc.)
- Motoniveladora
- Planta eléctrica de 96KW
- Tracto camión 5.555C.C.

6.7. Nuestra Fortaleza

Nuestro personal se distingue por su alta competitividad en cada área y por su pleno compromiso en brindarle al cliente servicios de calidad superior.

6.8. Nuestro Equipo

- Ingenieros Mecánicos certificados Inspectores de Construcciones Soldadas – ACOSEND
- Ingenieros certificados Nivel I y II en END
- Inspectores certificados NACE en Recubrimiento y Corrosión
- Ingenieros mecánicos, civiles y navales con más de 20 años de experiencia en el mercado.
- Soldadores certificados por: Lloyd's Register, Bureau Veritas, Germanischer Lloyd's y/o American Bureau of Shipping.

Equipo administrativo altamente calificado y de gran experiencia.

6.9. Reconocimientos y certificaciones

- Sistema integrado de gestión certificado ISO9001:2008, ISO14001:2004 y OHSAS18001:2007 "Prestación de servicios de construcción, reparación y montajes metalmecánicos industriales y marítimos. Inspección y certificación de la calidad de procesos y productos industriales y marítimos.
- Manufactura de tanques y recipientes a presión bajo código ASME, sección VIII división 1; estampe "U".
- Fabricación y montaje de tuberías a presión bajo código ASME sección B31; estampe "PP".
- Reparación metalmecánica y/o alteraciones de dispositivos contenedores de presión por la National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors; estampe "R".
- Registro de calderas, tanques y recipientes a presión, u otros dispositivos contenedores de presión por la National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors; estampe "NB".

- Inspecciones de ultrasonido por: Lloyd's Register, Germanischer Lloyd's, Bureau Veritas y ABS.
- Dinamómetro certificado por Germanischer Lloyd's con 100 MT de capacidad.
- END Nivel I y II y en inspecciones de construcciones soldadas por ACOSEND.
- Inspecciones de Recubrimiento y corrosión por NACE.

6.10. Ubicación Geográfica

DINACOL S.A. se encuentra ubicada en la zona industrial de Mamonal, en el barrio Ceballos Dg.30 #54-124. Cartagena-Colombia (Ver figura 1).

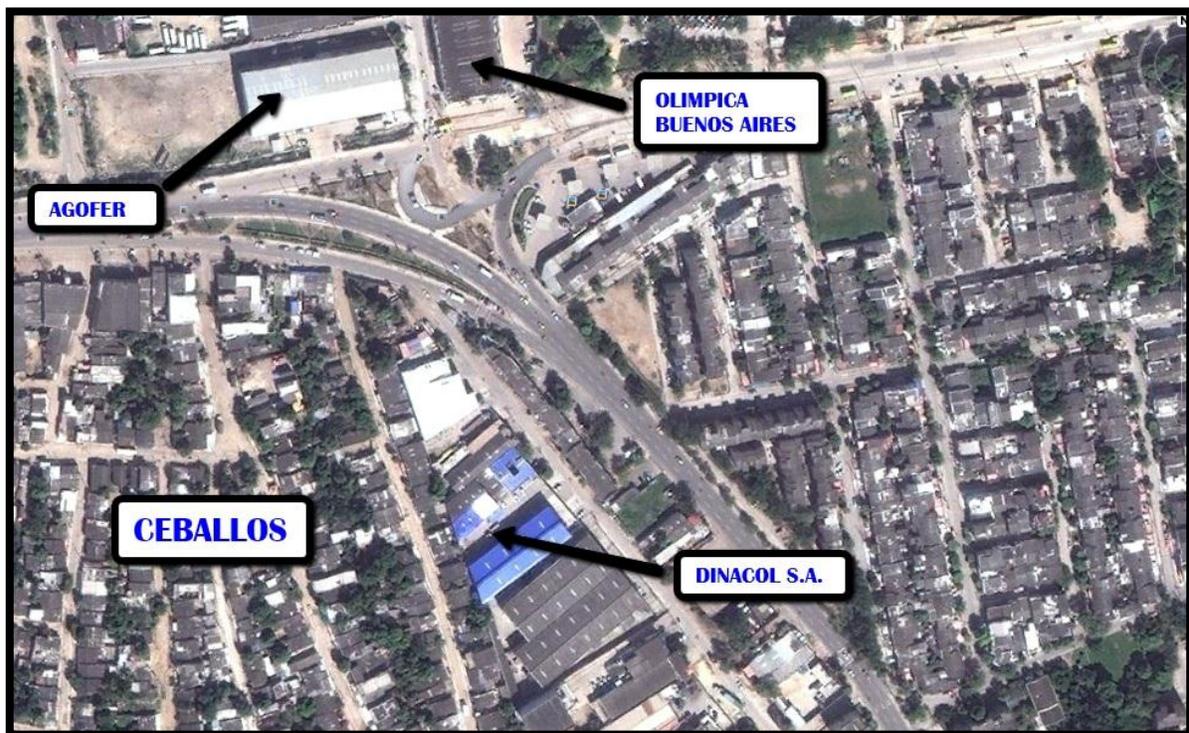


Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa. Tomada de la aplicación Google Earth.

7. INFRAESTRUCTURA

7.1. Plegadora DURMA SERIE E-30300 (Ver Figura 2)

Función: flexionar en frío materiales laminados en diferentes características y tamaños, donde priman las necesidades de precisión.

Características (Ver Tabla 1):

Fuerza de Plegado	300 Toneladas
Longitud de Plegada	3050 mm
Distancia entre Montantes	2550 mm
Velocidad de Aproximación	90 mm/seg.
Velocidad de Plegado	5 mm/seg.
Velocidad de Retorno	61 mm/seg.
Apertura	520 mm
Ancho Mesa	154 mm
Altura Mesa	868 mm
Carrera	245 mm
Escote	365 mm
Brazos de Soporte	2 Unidades
Dedos de Marcar del Tope	2 Unidades
Velocidad Tope Posterior	80 mm/seg.
Recorrido Tope Posterior	620 mm
Potencia Motor	18.5 KW
Capacidad Deposito de Aceite	150 Lt
Longitud	4550 mm
Ancho	1850 mm
Altura	2900 mm
Peso Aproximado	16000 Kg

Tabla 1. Características Técnicas de la Plegadora. Tomada del Manual de Uso del Equipo.



Figura 2. Plegadora DURMA SERIE E-30300. Tomada del Registro Fotografico de Dinacol S.A.

7.2. Rolo Hidráulico SERTOM EMO 25-40 (Ver Figura 3)

Función: cilindrar a geometrías variables materiales laminados según las capacidades productivas de la máquina y las características indicadas a continuación:

Características Generales (Ver Tabla 2):

DESCRIPCIÓN	U.M	VALOR
Potencia eléctrica instalada	Kw	41
Tensión de trabajo	V	440±10% (**)
Frecuencia de red	Hz	60±1% (**)
Tensión de mando	V	24 DC
Nivel de presión acústica con máquina cargada (*)	dB(A)	< 80
Nivel de presión acústica con máquina vacía	dB(A)	< 60
Peso de la máquina	Kg	25400
Longitud de la máquina sin equipos accesorios	mm	5527 (♦)
Altura de la máquina sin equipos accesorios	mm	2210 (♦)
Anchura de la máquina sin equipos accesorios	mm	3215 (♦)

Tabla2. Características Generales del Rolo. Tomada del Manual de Uso y Mantenimiento del Equipo.

Datos Técnicos de Productividad (Ver Tabla 3):

DESCRIPCIÓN	U.M	VALOR
Longitud mesa rodillo superior	mm	2550
Longitud mesa rodillos laterales	mm	2550
Espesor curvable (*)	mm	9-25 - MPa1300/1600
Espesor enrollado (*)	mm	26-47 - MPa1300/1600
Diámetro máx de la virola	mm	
Velocidad de rotación rodillos	m/min	2,5 - 5
Carga máxima sobre el rodillo superior	KN	3750

Tabla 3. Características Técnicas del Rolo. Tomada del Manual de Uso y Mantenimiento del Equipo.

Datos Técnicos Funcionales (Ver Tabla 4):

	DESCRIPCIÓN	U.M	VALOR
ESTRUCTURA MECÁNICA	Diámetro rodillo superior	mm	530
	Diámetro rodillos inferiores	mm	500
	Motorización rodillo superior	kNxm	
	Motorización rodillos laterales	kNxm	-----
	Velocidad de desplazamiento rodillo superior	mm/min	200 - 400
	Velocidad de desplazamiento rodillos inferiores	mm/min	
	Máxima abertura entre los rodillos	mm	120
	Altura de trabajo de los rodillos laterales desde el piso	mm	786/1286
SISTEMA HIDRÁULICO	Número de grupo de potencia	n	3
	Potencia motor bomba	Kw	22+18.5+0.27
	Presión máx de funcionamiento a A.P	bar	280
	Presión máx de funcionamiento a B.P	bar	120
	Tipo de fluido hidráulico	Aceite mineral (◆◆◆)	
	Capacidad del depósito hidráulico	l	400
	Cantidad para el primero llenado	l	450
SISTEMA LUBR.	Tensión de cebado	V.	24 DC
	Consumo de grasa	cm ³ /min	2x2,4
	Capacidad del depósito del sistema de lubricación	l	1,5
	Tipo de lubricante	Grasa de lubricación (◆◆◆◆)	
	Tipo de sistema	Monolínea progresivo	

Tabla 4. Datos Técnicos de Funcionalidad del Rolo. Tomada del Manual de Uso y Mantenimiento del Equipo.



Figura 3. Rolo Hidráulico SERTOM EMO 25-40. Tomada del Archivo Fotográfico de Dinacol S.A.

7.3. Mesa de Corte HYSPEED PLASMA HSD130 (Ver Figura 4)

Función: corte de piezas metálicas a grande y mediana escala por medio de un sistema por plasma oxígeno, fácil de usar; y es más productivo y más eficaz para su costo que otras soluciones para cortar metal, tales como oxigás, plasma aire y sistemas de plasma oxígeno no de larga vida.

Características (Ver Tabla 5):

Voltajes de entrada	VAC	Hz	Amps	Aprobaciones
	200/208	50-60	62/60	CSA
	220	50-60	56	CSA
	240	60	52	CSA
	380	50-60	33	CCC
	400	50-60	32	CE, GOST-R
	440	50-60	28	CSA
	480	60	26	CSA
	600	60	21	CSA
Corriente de salida	130 A (maximo)			
Factor de utilización	100% a 40° C, 19,5 kW			
Maximo OCV	311 VDC			
Temperatura de funcionamiento	-10° a 40° C			
Dimensiones	107 cm alto, 57 cm ancho, 112 cm longitud			
Peso	286 kg			
Alimentación de gas	O ₂ , Aire, N ₂ , F5*, H35** Aire, N ₂ 7,93 bar 6,55 bar – Aire			
Gas plasma				
Gas de protección				
Presión de gas	7,93 bar 6,55 bar – Aire			
Consola de combustible-gas (opcional)	Requerido para gases combustibles F5 y H35			

Tabla 5. Características Técnicas de la Mesa de Corte. Tomada del Manual de Operación del Equipo.

Información de Operación (Ver Tabla 6):

Material	Corriente (amperios)	Espesor (mm)	Velocidad aproximada de corte (mm/min.)	Espesor (pulg.)	Velocidad aproximada de corte (ppm)	
Acero al carbono Plasma: Aire Protección: Aire	45	0,5	8930	26 calibre	360	
		1	7750	20 calibre	315	
		3	3300	0,135	90	
		6	1575	1/4	60	
	Plasma: O ₂ Protección: Aire	50	0,5	7550	26 calibre	300
			1	6775	20 calibre	270
			3	3650	0,135	130
			6	1750	1/4	65
	Plasma: O ₂ Protección: Aire	130	3	6500	0,135	240
			6	4000	1/4	150
			10	2650	3/8	110
			12	2200	1/2	80
			15	1650	5/8	60
			25	675	1	25
			32	490	1 1/4	20
			38	305	1 1/2	12
	Plasma: Aire Protección: Aire	130	3	6000	0,135	220
			6	3850	1/4	150
			10	2450	3/8	100
			12	2050	1/2	75
20			810	3/4	35	
25			410	1	15	
32	250	1 1/4	10			
Acero inoxidable Plasma: Aire Protección: Aire	45	0,5	6900	26 calibre	270	
		1	5600	20 calibre	230	
		3	2250	0,135	70	
		6	1050	1/4	40	
	Plasma: N ₂ Protección: N ₂	45	0,5	7000	26 calibre	280
			1	5850	20 calibre	240
			3	2450	0,135	75
			6	1125	1/4	40
	Plasma: F5 [†] Protección: N ₂	45	0,5	7000	26 calibre	280
			1	5875	20 calibre	240
			3	2740	0,135	100
			6	1325	1/4	45
	Plasma: Aire Protección: Aire	130	6	2600	1/4	100
			10	1700	3/8	70
			12	1380	1/2	50
			15	900	5/8	30
			20	430	3/4	20
	Plasma: N ₂ Protección: N ₂	130	6	2340	1/4	90
			10	1640	3/8	70
			12	1080	1/2	35
20			300	3/4	15	
Plasma: H35 [†] Protección: N ₂	130	10	980	3/8	40	
		12	820	1/2	30	
		20	360	3/4	15	
		25	260	1	10	
Aluminio Plasma: Aire Protección: Aire	45	0,5	7600	0,016	310	
		1	6350	0,032	270	
		1,5	5000	0,064	185	
		3	2400	1/8	90	
		6	1150	1/4	40	
	Plasma: Aire Protección: Aire	130	6	2370	1/4	90
			10	1465	3/8	60
			12	1225	1/2	45
			20	725	3/4	30
			25	525	1	20
	Plasma: H35 [†] Protección: N ₂	130	10	1615	3/8	65
			12	1455	1/2	55
			20	940	3/4	40
			25	540	1	20

Tabla 6. Datos de Operación de la Mesa de Corte. Tomada del Manual de Operación del Equipo.



Figura 4. Mesa de Corte HYSPEED PLASMA HSD130. Tomada del archivo fotográfico de Dinacol S.A.

7.4. Puente Grúa ABUS 10 TON (Ver Figura 5)

Función: elevación y transporte de materiales pesados o de gran escala dentro de las instalaciones del taller.

Características: Puente Grúa Monorraíl con capacidad de hasta 10 Toneladas.



Figura 5. Puente Grúa Abus 10 Toneladas. Tomada del archivo fotográfico de Dinacol S.A.

7.5. Máquinas de Soldar TIG - MIG LINCOLN ELECTRIC DC-600 (Ver Figura 6)

Función: Unión entre piezas, lograr que un material se vuelva más resistente al ejercer alguna fuerza sobre él.

Características (Ver Tabla 7):

Nombre del Producto	DC-600
Referencia	K1288-17
Alimentación Eléctrica	230/460/3/60
Ciclo de Trabajo	600A a 100%
Consumo en Amperios	108/54 Amp.
Rango de Salida	70-780 Amp. 13-44 Volt.
Peso Neto	237 Kg

Tabla 7. Características de la Máquina de Soldar. Tomada de www.lincolnelectric.com.co/mod/dc600.htm



Figura 6. Máquina de Soldar Lincoln Electric DC600. Tomada del archivo fotográfico de Dinacol S.A.

8. APLICACIÓN DE AMEF AL PUENTE GRÚA

Podríamos definir AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) como un conjunto de tareas realizadas a los sistemas de cada máquina para identificar cuáles son las funciones principales y cuál es su propósito, teniendo en cuenta que la pérdida total o parcial de la funcionalidad de los equipos impacta los propósitos del negocio se procedió a realizar la practicidad del mismo para buscar la falla más crítica dentro de los equipos del proceso productivo; para una ágil y rápida manera de encontrar estas funciones y las fallas o modos de fallas asociados a dichas funciones resulta importante el uso de las 7 preguntas del RCM, las cuales son:

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

Cuando se reúnen todas estas respuestas, quiere decir que se establecen unas estrategias de mantenimiento que permitirán tener un mayor enfoque en cumplir las expectativas de producción. Las estrategias son determinadas por el grupo de trabajo de involucrado donde intervienen operadores, técnicos, ingenieros, coordinadores seguridad industrial, además personal especializado cuando sea necesario. Estas estrategias se extienden a la operación, calidad del producto, servicio al cliente, problemas con el medio ambiente, costo operacional y seguridad industrial⁴.

⁴ Moubray, J. *Mantenimiento centrado en confiabilidad*.

El equipo seleccionado para realizar el ejercicio fue el Puente Grúa, ya que fue considerado el equipo de mayor criticidad en el proceso dado que este es quien cumple la función de elevar y transportar los elementos entre una etapa productiva del proceso y otra; y como bien es sabido generalmente hablamos de elementos pesados durante las fabricaciones, lo cual nos obliga a transportarlos bajo esta cómoda y segura modalidad.

Se sabe que los equipos de apoyo a la producción de la empresa **DINACOL S.A.** en su totalidad son nuevos con un aproximado de 20 meses de uso, lo que nos deja ver que generalmente no incurrir en fallas, sin embargo se han notado intervalos de baja productividad debido a estados fuera de servicio del puente grúa.

Por esta razón se ha decidido hacer el AMEF para este equipo, basado en el historial de intervenciones que se encontró en la hoja de vida de dicha máquina y se hallaron muchas paradas por aislamiento eléctrico de los motores. Observando que esto tiene una ocurrencia de aproximadamente 2 veces por semana, es decir, al mes se hacen 8 paradas inesperadas, al año ya serían 96; indicando que se suspende el trabajo por un total de aproximadamente 288 horas al año, que a groso modo muestra una pérdida anual de 36 jornadas de trabajo de 8 horas/día; generando así una considerable pérdida de dineros por tiempos muertos, retrasos en la producción y por consiguiente retrasos en las entregas al cliente.

Cabe resaltar que el mayor número de fallas se dan en épocas de invierno, ya que las lluvias son un factor incidente en este tipo de falla.

Para identificar la falla más crítica del sistema se tomó como referencia el sistema completo, sus componentes, sus funciones primarias y secundarias, sus fallas funcionales y sus modos de falla; los cuales se introdujeron en una macro de Excel tomada del material digital entregado por el Dr. Luis Alberto Mora en el módulo de RCM

impartido por el mismo en la Especialización en Gerencia de Mantenimiento ofrecida por La Universidad Tecnológica de Bolívar.

La macro contiene cuatro hojas de cálculo; en la primera colocamos la función principal y las funciones secundarias del equipo (ver figura 7). La función principal se identifica con el número 0, mientras que las funciones se empiezan a enumerar a partir del número 1.

1		
2		Función Primaria
3	0	Elevar cargas de hasta 10 toneladas y transportarlas a lo largo y ancho de la nave de producción
4		
5		
6		
7		Funciones Secundarias
8	1	Elevar cargas de hasta 10 ton
9	2	Transporte de cargas a lo largo y ancho de la nave
10	3	
11	4	
12	5	
13	6	
14	7	
15	8	

Figura 7. Funciones Primaria y Secundaria del Puente Grúa.

En la figura 8 se consignan las posibles fallas funcionales de cada una de las partes o componentes del sistema, las cuales comienzan a tomar una nomenclatura particular proveniente de la numeración de cada función.

	A	B
1	Fallas Funcionales	
2	Función	Elevar cargas de hasta 10 toneladas y transportarlas a lo largo y ancho de la nave de producción
3	0 - A	Motorreductor parado
4	0 - B	
5	0 - C	
6	Elevar cargas de hasta 10 ton	
7	1 - A	Motor de Gancho Parado
8	1 - B	
9	1 - C	
10	Función	Transporte de cargas a lo largo y ancho de la nave
11	2 - A	Motor de Movimiento Axial Parado
12	2 - B	
13	2 - C	

Figura 8. Fallas funcionales del Puente Grúa.

En la figura 9 se colocan los modos de fallas de cada una de las fallas funcionales antes descritas para aquellas funciones ya sean primarias o secundarias, en el caso del puente grúa, el cual es un sistema de izaje de cargas cuyos subsistemas son aquellos motores que generan el movimiento en las diferentes direcciones para la maniobra de cargas. Los modos de falla se asimilan ya que se presenta la igualdad anterior descrita. En este caso ya los modos de falla se comienzan a enumerar procediendo a la nomenclatura anterior, de la siguiente manera:

0 – A – 1, donde 0 se refiere a la función, A se refiere a la falla funcional y por ultimo 1 corresponde al modo de falla.

	A	B
1	<h1>Modos de Falla</h1>	
2	0 - A - 1	Ausencia de señales
3	0 - A - 2	Rompió eje
4	0 - A - 3	Engranaje roto
5	0 - A - 4	
6	0 - A - 5	
7	1 - A - 1	Ausencia de señales
8	1 - A - 2	Rompió eje
9	1 - A - 3	Engranaje roto
10	1 - A - 4	
11	1 - A - 5	
12	1 - A - 6	

Figura 9. Modos de falla del Puente Grúa.

Por último en la figura 10 se agrupan toda la información recopilada en las tres anteriores hojas y se empieza a realizar una evaluación de aspectos como severidad, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de detección, basado en unos criterios los cuales se identifican con una calificación numérica de 0 a 4, cuyos criterios son los siguientes:

FO - Fallos Ocultos

0 - No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores

1 - Existe una baja posibilidad de que la falla NO sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores

2 - En condiciones normales la falla siempre será oculta y generará fallas múltiples posteriores

3 - Existe una baja posibilidad de que la falla Sí sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores

4 - La falla siempre es oculta y ocasionará fallas múltiples graves en el sistema

SF - Seguridad Física

0 - No afecta Personas ni equipos

1 - Afecta a una Persona y es posible que genere incapacidad de tipo temporal

2 - Afecta de dos a cinco Personas y puede generar incapacidad de tipo temporal

3 - Afecta a más de cinco Personas y puede generar incapacidad de tipo temporal o permanente

4 - Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más Personas

MA - Medio Ambiente

0 - No afecta el medio ambiente

1 - Afecta el MA pero se puede controlar. No daña el Ecosistema

2 - Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5.000 dólares

3 - Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares

4 - Afecta los recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares.

IC - Imagen Corporativa

0 - No es relevante

1 - Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos

2 - Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares

3 - Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión entre 1.000 y 10.000 dólares

4 - Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión mayor a 10.000 dólares. Puede ser irreversible

OR - Costos de Reparación

0 - Entre 1 y 50 dólares

1 - Entre 51 y 500 dólares

2 - Entre 501 y 5.000 dólares

3 - Entre 5.001 y 50.000 dólares

4 - Mayor a 50.001 dólares

OC - Efecto en Clientes

0 - Entre 1 y 50 dólares

1 - Entre 51 y 500 dólares

2 - Entre 501 y 5.000 dólares

3 - Entre 5.001 y 50.000 dólares

4 - Mayor a 50.001 dólares

Probabilidad de Ocurrencia

4 – Frecuente: 1 falla en 1 mes

3 – Ocasional: 1 falla en 1 año

2 – Remota: 1 falla en 5 años

1 - Poco probable: 1 falla en 20 años

Probabilidad de Detección

4 - Nula - No se puede detectar una causa potencial/mecanismo y modo de fallo subsecuente

3 - Baja - Baja probabilidad para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes

2 - Media - Mediana probabilidad para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes

1 - Seguro - Siempre se detectarán causas potenciales/ mecanismos y modos de fallos subsecuentes

Calificación = Severidad * Probabilidad de Ocurrencia * Probabilidad de Detección

Donde **Severidad** = FO * Kfo + SF * Ksf + MA * Kma + IC * Kic + OR * Kor + OC * Koc -
La Sumatoria de Factores de Probabilidad Kfo + Ksf + Kma + Kic + Kor + Koc

Kfo = 5% ó 0.05

Ksf = 20% ó 0.20

Kma = 10% ó 0.10

Kic = 30% ó 0.30

Kor = 30% ó 0.30

Koc = 5% ó 0.05

FO, SF, MA, IC, OR Y OC ya fueron identificados anteriormente.

Severidad X Probabilidad de Ocurrencia X Probabilidad						La Sumatoria de Factores probabilísticos $K_{FO} + K_S$			Ocurrencia	Probabilidad de D	Causa	C ó M d o i g o F a l l a s e l i a d e	C l a s e l i a d e	RPN - Valor total del Riesgo
Consecuencias de Severidad						Calificación	Calificación	Calificación						
FO - Fallos Ocultos	SF Seguridad Física	MA Medio Ambiente	IC Imagen Corporativa	OR Costos de Reparación	OC Efecto en Clientes	Valores de K_S								
Existe una baja po	No afecta Perso	No afecta el me	Afecta credibilida	Entre 1 y 50 dóla	Entre 1 y 50 dc	KSF - 0.20 d	Frecuente - 1 fal	Seguro -						
0	0	0	0	0	0		4	1	Control	0 - A - 1	Crítica	4,00		
0	1	0	0	1	3	0,6500	1	1	Básica	0 - A - 2	Desconocida	0,65		
0	0	0	0	1	3	0,4500	2	1	Raíz	0 - A - 3	Degradante	0,90		
0	0	0	0	0	0		4	1	Inmediata	1 - A - 1	Incipiente	4,00		
0	1	0	0	1	3	0,6500	1	1	Raíz	1 - A - 2	Degradante	0,65		
0	0	0	0	1	3	0,4500	2	1	Raíz	1 - A - 3	Crítica	0,90		
										2 - A - 1		0,00		
										2 - A - 2		0,00		

Figura 10. Hoja de Cálculos de Criticidad de Fallas del Puente Grúa.

Por último después de obtener todos los valores anteriores y los resultados esperados, basados en los modos de fallas que describimos; obtuvimos un RPN (Valor Total de Riesgo) es cual nos ilustra cuales son los modos de fallas más críticos.

A estos modos de fallas críticos se les deben asignar unas tareas de mantenimiento periódico programado con el fin de prevenir las fallas.

La falla crítica del sistema resulto ser la ausencia de señales de mando provenientes del control de funcionamiento hacia los motores que conducen el equipo a lo largo y ancho de área de producción, generando la parada inesperada del puente grúa.

Siendo consecuente con este hallazgo se procede a asignar tareas de mantenimiento que garanticen la operatividad y confiabilidad de este equipo.

Tareas a realizar (Ver Tabla 8):

TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA ELIMINAR O CORREGIR LA FALLA		
MANTENIMIENTO Y/O REPARACION	TIPO	DESCRIPCION DE LA TAREA
Reparación	Correctiva	Cambio de cableado por uno de mayor calibre y encauchado
Mantenimiento	Preventivo	Revisar todas las conexiones existentes
Mantenimiento	Preventivo	Realizar pruebas de aislamiento con una periodicidad de 30 días

Tabla 8. Tareas de Mantenimiento Preventivo Sugeridas para el Puente Grúa

El cable existente que trae originalmente el equipo se encuentra en estado de sulfatación producto de la salinidad y humedad de nuestro ambiente, lo cual genera una pérdida parcial o total de las señales de mando del puente grúa, por esta razón se decide cambiarlo por uno de mayor diámetro y mayor capacidad de aislamiento que permite que la pérdida de señales sea poca o nula, además de las tareas preventivas que nos permitan identificar el estado del cableado. Las condiciones del clima o las temperaturas de operación de los componentes del equipo no están expuestas en el manual de operación del mismo, debido a esto, se asume que el funcionamiento o deterioro de la máquina puede estar sujeto a cambios dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre; dado lo anterior se recomienda la acción de cambio por mayor diámetro.

Por otro lado existe una recomendación del fabricante de establecer o adoptar el uso de mandos por radio ABUS (Ver Figura 11) que permiten, libre elección del lugar de trabajo y mayor libertad de movimientos al grúa, una mejor visión de toda el área de trabajo y un gran ahorro de tiempo.



Figura 11. Mando por Radio ABUS. Tomado del Catálogo de Productos del Fabricante.

9. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS

Para todos los equipos de producción se crea a modo de sugerencia un plan de mantenimiento preventivo, basado en todas las prácticas que divulga la modalidad RCM del mantenimiento, que ya fue anteriormente expuesta en este trabajo. Además reúne una serie de actividades que se observaron día a día basadas en una periodicidad que tiene estipulada la empresa, pero no está sujeta a constante verificación y cumplimiento.

Por todo lo anterior se presentan las tareas de mantenimiento, periodicidad, mano de obra y herramientas necesarias para cada equipo. Para todas estas actividades se hace indispensable realizarlas bajo todas las normas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente que actualmente rigen, bajo la condición de ser una empresa con certificación por parte del Icontec.

Previo a la realización de cualquier tarea de mantenimiento es necesario verificar que todos los involucrados porten y hagan uso de los elementos de protección personal así como la señalización del área y el bloqueo eléctrico de los equipos.

Por otro lado para la operación de los vehículos se recomienda antes de iniciar la marcha hacer una inspección general del vehículo, donde se revise:

- Nivel de gasolina, A.C.P.M. y/o Gas Natural Vehicular
- Nivel de aceite de motor y dirección
- Nivel de líquido de Frenos
- Nivel de líquido refrigerante del motor
- Estado de la presión de la llantas
- Llanta de repuesto y kit de carreteras
- Funcionamiento de las luces
- Documentos y su vigencia.

9.1. Roladora

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO EJECUCIÓN
Estructura Mecánica	Limpieza general de la maquina	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 MIN
	Lubricación manual de partes	SEMANTAL	LUBRICADOR	Lubricante	1,5 HORAS
	Apretar Pernos de sujeción	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	30 MIN
	Controlar paralelismo de rodillos	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	45 MIN
	Controlar deslizamiento de los rodillos	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	30 MIN
	Realizar pruebas de alineación del equipo	TRIMESTRAL	MECANICO	Nivel	2 HORAS
Sistema Hidráulico	Controlar de perdida de fluido hidráulico	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Inspeccionar que el nivel del fluido hidráulico se encuentre en el nivel permisible	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	5 MIN
	Revisar estado de las mangueras que no presentes fugas o deterioro	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	20 MIN
	Controlar el funcionamiento del sistema hidráulico	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Sustitución de filtro de aire en el deposito	SEMESTRAL	MECANICO	Filtro, Htas menores	2 HORAS
	Sustitución de filtro de aceite de aspiración	SEMESTRAL	MECANICO	Filtro, Htas menores	2 HORAS
	Sustitución cartucho de filtro de aceite de retorno	TRIMESTRAL	MECANICO	Cartucho, Htas menores	3 HORAS
	Controlar sistema de precarga de nitrógeno en acumuladores	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Sustitución fluido hidráulico y limpieza de deposito	SEMESTRAL	MECANICO	Aceite, paño industrial, disolvente y htas menores	4 HORAS
Sistema de Lubricación	Controlar perdidas de lubricante en la línea de lubricación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento del sistema	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Revisar que el nivel de lubricante se encuentre en el estándar de operación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	5 MIN
	Revisar estado de las mangueras que no presentes fugas o deterioro	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	20 MIN
Sistema de Enfriamiento	Revisar el funcionamiento del sistema de suministro hídrico que no presente fugas	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	20 MIN
	Controlar perdidas de agua en línea	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Controlar constantemente la temperatura del fluido hidráulico	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	5 MIN
	Revisar que el sistema se encuentre bajo condiciones de operatividad	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	30 MIN
	Limpieza del intercambiador de calor	SEMESTRAL	MECANICO	Compresor, Agua, Llaves mixtas	5 HORAS
Sistema Eléctrico	Prueba de aislación	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Probador	1 HORA
	Ajuste de conexiones eléctricas	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Htas menores, cintas aislante o autofundente	3 HORAS
	Inspeccionar y hacer revisión del estado y funcionamiento del touch panel	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Probador, multímetro, htas menores	45 MIN

Tabla 9. Tareas Preventivas para la Roladora

9.2. Plegadora

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO EJECUCIÓN
Estructura Mecánica	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 MIN
	Lubricación manual	SEMANTAL	LUBRICADOR	Lubricante	1,5 HORAS
	Apretar Pernos de sujeción	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	30 MIN
	Controlar ajuste de chapas de plegado	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	1 HORA
	Revisar que las chapas se encuentren alineadas	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas, comparador de caratula	45 MIN
	Realizar pruebas de nivelación de la maquina	TRIMESTRAL	MECANICO	Nivel	2 HORAS
Sistema Hidráulico	Controlar de perdida de fluido hidráulico	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Revisar que el nivel del fluido hidráulico se encuentre en condiciones de operación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	5 MIN
	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	20 MIN
	Controlar el funcionamiento del sistema hidráulico	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Sustitución de filtro de aire en el deposito	SEMESTRAL	MECANICO	Filtro, Htas menores	2 HORAS
	Sustitución de filtro de aceite de aspiración	SEMESTRAL	MECANICO	Filtro, Htas menores	2 HORAS
	Sustitución cartucho de filtro de aceite de retorno	TRIMESTRAL	MECANICO	Cartucho, Htas menores	3 HORAS
	Controlar sistema de precarga de nitrógeno en acumuladores	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
Sustitución fluido hidráulico y limpieza de deposito	SEMESTRAL	MECANICO	Aceite, paño industrial, disolvente y htas menores	4 HORAS	
Sistema de Lubricación	Controlar perdidas de lubricante en la línea de lubricación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento del sistema	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Revisar que el nivel de lubricante se encuentre en el estándar de operación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	5 MIN
	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	20 MIN
Sistema Eléctrico	Prueba de aislación	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Probador	1 HORA
	Ajuste de conexiones eléctricas	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Htas menores, cintas aislante o autofundente	3 HORAS
	Inspeccionar y hacer revisión del estado y funcionamiento del touch panel	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Probador, multímetro, htas menores	45 MIN

Tabla 2. Tareas Preventivas para la Plegadora

9.3. Mesa de Corte

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO EJECUCIÓN
Estructura y/o Sistema Mecánica	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 MIN
	Lubricación manual	SEMANTAL	LUBRICADOR	Lubricante	1,5 HORAS
	Apretar Pernos de sujeción	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	30 MIN
	Revisión del estado de la mesa de corte	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	1 HORA
	Ajuste de Platinas de la mesa	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	1,5 HORAS
	Revisar que los rieles del carro del corte no presenten obstrucciones y/o desgastes de Rieles de Carro de corte	MENSUAL	MECANICO	Inspección visual	2 HORAS
	Lubricación de rodamientos	MENSUAL	LUBRICADOR	Lubricante y llaves mixtas	4 HORAS
	Revisar que las cremalleras no presentes desgastes o roturas	TRIMESTRAL	MECANICO	Inspección visual	30 MIN
	Revisar estado de la nivelación de la maquina	TRIMESTRAL	MECANICO	Inspección visual, llaves mixtas	2 HORAS
Sistema Neumático	Controlar de perdida de fluido aire comprimido	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Revisar que el nivel de aceite del compresor se encuentre en condiciones de operación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	5 MIN
	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	20 MIN
	Controlar el funcionamiento del sistema neumático	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Sustitución de filtro de aire	SEMESTRAL	MECANICO	filtro, htas menores	2 HORAS
	Revisar estado y funcionamiento de los manómetros de presión	SEMESTRAL	INSTRUMENTISTA	htas menores, inspección visual	1,5 HORAS
	Revisar estado de válvulas de paso y cierre de aire que se encuentren en condiciones de operación	TRIMESTRAL	MECANICO	Inspección visual, llaves mixtas	2,5 HORAS
Sistema de Corte	Controlar perdidas de oxígeno y acetileno en el sistema	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento del sistema	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Revisar que el nivel de oxígeno se ha permisible para la operación	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	10 MIN
	Verificación y ajuste de la Antorcha	DIARIO	OPERADOR	htas menores, inspección visual	45 MIN
	Comprobar desgaste de la antorcha	SEMANTAL	OPERADOR	htas menores	30 MIN
	Revisión y/o Cambio del filtro micro poroso	MENSUAL	OPERADOR Y MECANICO	Filtro, htas menores y llaves mixtas	1,5 MIN
	Revisar que las mangueras y manómetros no presenten roturas o deterioro	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	30 MIN
Sistema Eléctrico	Prueba de aislación	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Probador	1 HORA
	Revisar rodamientos de los motores eléctricos que no presentes desajustes o poca lubricación	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Lubricante, llaves mixtas	1,5 HORAS
	Ajuste de conexiones eléctricas	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Htas menores, cintas aislante o autofundente	3 HORAS
	Inspeccionar y hacer revisión del estado y funcionamiento del touch panel	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Probador, multímetro, htas menores	45 MIN

Tabla 11. Tareas Preventivas para la Mesa de Corte

9.4. Puente Grúa

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO EJECUCIÓN
Sistema de Elevación	Revisar que el gancho funcione o garantice la operación	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	30 MIN
	Revisar estado y funcionamiento del sistema de poleas	MENSUAL	MECANICO	Htas menos, llaves mixtas	1 HORA
	Revisar que los cables no estén deteriorados o tengas hilos sueltos, si es así considerar inmediato cambio	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Verificar estado y funcionamiento de los frenos	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	1 HORA
	Revisar que la caja reductora se encuentre operativa	MENSUAL	MECANICO	Llaves mixtas, htas menores	45 MIN
	Verificar nivel de aceite de la caja reductora	SEMANTAL	LUBRICADOR	Inspección visual	15 MIN
	Cambio de aceite de la caja reductora	SEMESTRAL	LUBRICADOR Y MECANICO	Aceite, filtro, htas menores	2,5 HORAS
Mecanismo de Traslación	Revisar amarre y holguras de ejes que no generen vibraciones	MENSUAL	MECANICO	Llaves mixtas	1,5 HORAS
	Revisar estado y funcionamiento de los frenos	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Verificar nivel de aceite de la caja reductora	SEMANTAL	LUBRICADOR	Inspección visual	15 MIN
	Revisión de ruedas de traslación que no presentes golpes ni rayaduras	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	1,5 HORAS
	Comprobar estado de la caja reductora	TRIMESTRAL	MECANICO	Htas menores	2,5 HORAS
Sistema de Mando	Comprobar señales de mando	SEMANTAL	OPERADOR	Inspección visual	30 MIN
	Verificar estado y funcionamiento de la botonera	DIARIO	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Ajustar botones de mando	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Htas menores	1,5 HORAS
Sistema Eléctrico	Prueba de aislación	MENSUAL	ELECTRICO	Probador	1 HORA
	Comprobar conexiones eléctricas	SEMANTAL	ELECTRICO	Htas menores, cintas aislante o autofundente	1,5 HORAS
	Revisar estado de las conexiones eléctricas	MENSUAL	ELECTRICO	Htas menores, Inspección visual	1 HORA
	Ajuste de conexiones eléctricas	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Htas menores, Multímetro y Cinta aislante	3 HORAS
Estructura Mecánica	Lubricación manual	SEMANTAL	LUBRICADOR	Lubricante, paño industrial	2 HORAS
	Apretar pernos de toda la estructura, que no se encuentren sueltos o golpeados	TRIMESTRAL	MECANICO	Llaves mixtas	3 HORAS
	Revisar estado de los caminos de rodadura, pilares y vigas, que no presentes condiciones no operacionales	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	1 HORA
	Verificar estado de carril de rodadura del carro	SEMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	3 HORAS
	Comprobar estado de las soldaduras	TRIMESTRAL	INGENIERIA	Líquidos penetrantes, Inspección visual	2 HORAS
	Verificar estado de la pintura y posible corrosión	SEMESTRAL	INGENIERIA	Medidor de espesores, Inspección visual	2 HORAS

Tabla 12. Tareas Preventivas para el Puente Grúa

9.5. Máquina de Soldar en General

SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	TIEMPO EJECUCIÓN
Estructura Mecánica	Limpieza general	DIARIO	OPERADOR	Paño industrial y/o disolvente	20 MIN
	Reemplazar etiquetas dañadas	SEMESTRAL	INGENIERIA	Inspección visual y etiquetas	1 HORA
	Soplar o aspirar interiores de la maquina para remoción de polvos	SEMESTRAL	OPERADOR	Soplador y paño industrial	1,5 HORAS
	Revisar base y rueda de las maquinas para facilitar su transporte	SEMANAL	MECANICO	Htas menores	1 HORA
	Lubricar ruedas de la base de transporte	MENSUAL	LUBRICADOR	Lubricante y paño industrial	45 MIN
	Verificar no haber removido piezas después del soplado o aspirado	SEMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
Sistema Eléctrico	Verificar estado de los cables que no presentes cortes o daños	MENSUAL	OPERADOR	Inspección visual	30 MIN
	Revisar conexiones que no presentes deterioro o aislamiento	MENSUAL	ELECTRICO	Probador, Htas menores y cinta aislante	20 MIN
	Reparar puntos de aislamiento dañados	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Multímetro, probador, htas menores y cinta aislante	1,5 HORAS
	Cambiar cable de porta electrodo y tierras	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Cables, Htas menores y cinta aislante	2 HORAS
	Limpiar conexiones eléctricas	TRIMESTRAL	ELECTRICO	Limpiadores Electrónicos, cinta aislante y paño industrial	1 HORA
	Verificar el funcionamiento de interruptor principal	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento de luces indicatoras	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento de la perilla de ajuste de corriente	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento del sistema de ventilación	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN
	Verificar el funcionamiento de los relojes analógicos	TRIMESTRAL	OPERADOR	Inspección visual	15 MIN

Tabla 13. Tareas Preventivas para las Maquinas de Soldar

9.6. Vehículos

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO A REALIZAR	PERIODICIDAD									
	5000 KM	10000 KM	15000 KM	20000 KM	25000 KM	30000 KM	35000 KM	40000 KM	45000 KM	50000 KM
Cambio de Aceite y filtro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tensionar correas	X				X					X
Revisar suspensión y llantas	X	X		X				X		
Revisar funcionamiento de luces	X	X				X				X
Revisar Frenos	X	X		X		X		X		X
Revisión y/o cambio del filtro de gasolina		X				X				X
Revisión de lavaparabrisas			X				X			
Mantenimiento de luces y puertas			X						X	
Revisión y/o cambio del filtro de aire			X						X	
Rotar llantas			X			X			X	
Cambiar filtro de gasolina				X				X		
Revisar funcionamiento del sistema de AA				X				X		
Revisar soportes de motor y transmisión					X					X
Revisar ajuste general del vehículo					X					X
Ajuste de la suspensión						X				
Cambio de aceite de la caja de velocidades								X		
Sincronización de motor								X		
Revisión de amortiguadores								X		
Cambio de liquido refrigerante								X		
Revisión y/o cambio de la correa de repartición									X	
Cambio de bujías				X				X		
Revisar estado de la batería									X	
Revisión del alternador									X	
Mantenimiento al sistema de AA									X	
Cambio de correa de tiempos										X
Cambio de empaques de tapa válvulas										X
Revisión de la dirección				X				X		
Verificar niveles de aceite de la dirección				X				X		

TODAS ESTAS ACTIVIDADES SON REALIZADAS POR AGENTES EXTERNOS A LA EMPRESA YA SEA EN LOS CONCESIONARIOS O EN TALLERES AUTORIZADOS O DE ALTA CONFIABILIDAD, YA QUE POR SU CALIDAD DE NUEVOS SE NECESITA CONSERVAR LAS GARANTIAS, LOS TIEMPO DE EJECUCIÓN DEPENDEN DE LA CANTIDAD DE TRABAJOS POR REALIZAR Y LA DISPONIBILIDAD DEL PERSONAL DE CADA AGENTE OPERADOR.

Tabla 14. Tareas Preventivas para los Vehículos

10. CONCLUSIONES

La producción de la empresa objeto de estudio en los últimos meses ha tenido un crecimiento significativo, y se previsualiza una significativa cantidad de proyectos de construcción y montaje de grandes estructuras y equipos para el año venidero, por esta razón los equipos de producción juegan un papel muy importante dentro de este proceso, teniendo en cuenta dicha importancia se hizo necesario llevar a cabalidad planes de mantenimiento programados bajo estricto cumplimiento que permitieran disponer de ellos cuando se requería, además de cuidar la integridad de las personas que las operan y de las instalaciones de **DINACOL S.A.**

DINACOL S.A. a pesar de que contaba con un programa de mantenimiento, no cumplía con periodos prudentes que permitieran realizar tareas que generaran la confiabilidad de los equipos, denotando la ausencia de actividades importantes para cumplir con la programación de la empresa; los equipos no presentaban fallas en su condición de nuevos, pero se hizo necesario realizar un mantenimiento preventivo total que garantizara la integridad, la confiabilidad, la disponibilidad y el alargamiento de la vida útil de todos los equipos que integran tan importante proceso productivo. Basado en lo anterior y en la modalidad de mantenimiento implementada, se dedujo que la única manera de garantizar estos aspectos era llevando a cabo estrictos programas de mantenimiento con altos índices de cumplimiento y procurando cero fallas.

La elaboración de este trabajo también permitió identificar todas aquellas fallas que en algún momento se pudieran presentar a lo largo de la vida productiva del equipo, lo que garantiza una rápida y temprana detección de posibles futuras fallas en los sistemas e indica que tipo de actividad se debería realizar en caso de que ello sucediera.

Por otro lado, se logró identificar aquello que generaba pérdidas económicas, las cuales se reflejaban en horas hombre, horas máquina, dinero, además del deterioro de la imagen corporativa producto del incumplimiento a los clientes.

Por último queda por decir que la falla más crítica fue detectada, se asignaron tareas correctivas especiales para este sistema, y además se diseñó un plan de mantenimiento preventivo basada en las mejores prácticas del Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM por sus siglas en ingles) que permitió minimizar costos de operación y la implementación de un sistema que brindara confiabilidad operacional constante en el momento que se requiera. Cabe resaltar que estas tareas asignadas o recomendadas pueden tener variaciones dependiendo la exigencia del sistema o en su defecto pueden tener variaciones de frecuencia producto del desgaste usual de la máquina.

11. BIBLIOGRAFÍA

Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento industrial efectivo*. Medellín, Colombia: Coldi.

Moubray, J. (1994) *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Industrial Press Inc., New York, USA.

Rey Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid, España: Fund. Confemetal.

www.dinacolsa.com

http://www.maquinariamadrid.com/a_plegadora_electronica_de_tres_ejes_marca_durm_a_modelo_e_30300_1930.html

<http://www.lincolnelectric.com.co/mod/dc600.htm>

12. LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa	22
Figura 2. Plegadora DURMA SERIE E-30300	24
Figura 3. Rolo Hidráulico SERTOM EMO 25-40	26
Figura 4. Mesa de Corte HYSPEED PLASMA HSD130	29
Figura 5. Puente Grúa Abus 10 Toneladas	30
Figura 6. Máquina de Soldar Lincoln Electric DC600	31
Figura 7. Funciones Primaria y Secundaria del Puente Grúa	32
Figura 8. Fallas funcionales del Puente Grúa	35
Figura 9. Modos de falla del Puente Grúa	36
Figura 10. Hoja de Cálculos de Criticidad de Fallas del Puente Grúa	41
Figura 11. Mando por Radio ABUS	43

13. LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características Técnicas de la Plegadora	23
Tabla 2. Características Generales del Rolo	25
Tabla 3. Características Técnicas del Rolo	25
Tabla 4. Datos Técnicos de Funcionalidad del Rolo	26
Tabla 5. Características Técnicas de la Mesa de Corte	27
Tabla 6. Datos de Operación de la Mesa de Corte	28
Tabla 7. Características de la Maquina de Soldar	31
Tabla 8. Tareas de Mantenimiento Preventivo Sugeridas para el Puente Grúa	42
Tabla 9. Tareas Preventivas para la Roladora	45
Tabla 10. Tareas Preventivas para la Plegadora	46
Tabla 11. Tareas Preventivas para la Mesa de Corte	47
Tabla 12. Tareas Preventivas para el Puente Grúa	48
Tabla 13. Tareas Preventivas para las Maquinas de Soldar	49
Tabla 14. Tareas Preventivas para los Vehículos	50