

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA
CARGADORES 938 H CATERPILLAR DE LA SOCIEDAD PORTUARIA
REGIONAL DE BARRANQUILLA

JESÚS REYNALDO PIÑERES CASTILLO
VIVIANA JÁCOME ARÉVALO

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

2017

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA
CARGADORES 938 H CATERPILLAR DE LA SOCIEDAD PORTUARIA
REGIONAL DE BARRANQUILLA

JESÚS REYNALDO PIÑERES CASTILLO
VIVIANA JÁCOME ARÉVALO

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

Director
NEIL HERNÁNDEZ NIÑO
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

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

2017

DEDICATORIA

La gloria y la honra sean para el Dios de los cielos.

Dedico esta monografía a mi familia, a mi esposa Carolain que siempre ha estado allí para apoyarme, a mi hijo Jesús que es ese motor que me suministra la fuerza necesaria para lograr las metas, a mi madre hermosa Josefina, que sin importar cuantos años tenga siempre seré ese niño al que guía con sus sabios consejos y apoya incondicionalmente, y a mis suegros que son pilar fundamental en nuestro hogar.

Jesús Reynaldo Piñeres Castillo

De antemano doy gracias a Dios, por permitirme la oportunidad de poder aspirar a este nuevo logro.

Dedico mi monografía a mi familia, a mi hija Taliana, mi madre Miriam y mi esposo Arthur que son esa fuerza que me permite afrontar los retos de la vida con el mayor entusiasmo y la mejor motivación para estar en constante educación, crecimiento personal y profesional.

Viviana Jácome Arévalo

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA CARGADORES 938H CATERPILLAR DE LA SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA, S.P.R.B.¹

AUTOR: JESÚS REYNALDO PIÑERES CASTILLO y VIVIANA JÁCOME ARÉVALO².

PALABRAS CLAVES: MANEJO DE CARGA, OPERACIÓN, FALLAS FUNCIONALES, CARGADORES CATERPILLAR, DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, SISTEMAS CRÍTICOS, RCM, MODOS DE FALLA, TAREAS DE MANTENIMIENTO, ESTADÍSTICAS, SAP.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: Esta monografía se realizó con el fin de mitigar la afectación que presenta actualmente el manejo y despacho de carga a granel en la sociedad portuaria regional de barranquilla en cuanto a la disponibilidad y confiabilidad de los equipos cargadores de rueda Caterpillar 938H debido al alto índice de fallas y daños durante la operación, lo que se refleja en largos periodos de tiempo fuera de servicio. La sociedad portuaria tiene una gran responsabilidad debido al gran volumen y la necesidad que tienen los clientes de movilizar en el menor tiempo posible y de la mejor manera su carga.

Para mantener los equipos disponibles y soportando la operación durante amplios periodos de tiempo, cumpliendo con los requerimientos de los diferentes clientes oportunamente El departamento de Mantenimiento de sociedad portuaria regional de barranquilla tiene como tarea identificar los sistemas más susceptibles dentro de los cargadores Caterpillar 938H y las fallas más frecuentes ocurridas durante la operación, razón por la cual se decide diseñar un modelo de mantenimiento basado en la metodología RCM o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad que permita mejorar la capacidad de respuesta actual. Para lo cual se aplicó el diagrama de decisiones de RCM con el fin de determinar cuáles eran las tareas de mantenimiento adecuadas para prevenir o reducir el impacto de la falla y su frecuencia de ocurrencia.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Neil Hernández Niño, Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

SUMMARY

TITLE: RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE (RCM) MODEL FOR CATERPILLAR 938H WHEEL LOADERS OF THE SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA.³

AUTHOR: JESÚS REYNALDO PIÑERES CASTILLO and VIVIANA JÁCOME ARÉVALO ⁴.

KEYWORDS: LOAD HANDLING, OPERATION, FUNCTIONAL FAILURES, CATERPILLAR LOADERS, AVAILABILITY, RELIABILITY, CRITICAL SYSTEMS, RCM, FAILURE MODES, MAINTENANCE, STATISTICS, SAP.

DESCRIPTION OR CONTENTS: This monograph was carried out in order to mitigate the effect of the current handling and shedding of a bulk cargo in the Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, on the availability and reliability of Caterpillar 938H wheel loaders due to the high index of faults and damage during operation, which is reflected in long periods of time out of service. The company has a great responsibility for the large volume and the need to have customers mobilize in the shortest possible time and the best way to charge.

To maintain the equipment available and support the operation during the long periods of time, fulfilling the requirements of the different clients in a fixed manner. The maintenance status of the Sociedad Portuaria has the task of identifying the most susceptible systems within the Caterpillar 938H loaders and the most frequent failures occurred during the operation, which is why it was decided to design a maintenance model based on the RCM or Reliability Centered Maintenance methodology that allows to improve the real responsiveness. For this reason, the RCM decision diagram is applied in order to determine the proper maintenance tasks to prevent the impact of the fall and the frequency of occurrence.

³ Monograph.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Neil Hernández Niño, Maintenance Management Specialist.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. RECONOCIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN.....	19
1.1 LOCALIZACIÓN.....	19
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	20
1.3 TIPOS DE CARGA	21
1.3.1 Contenedores.	21
1.3.2 Refrigerados y congelados	22
1.3.3 Carga general	23
1.3.4. Granel	25
1.3.5 Coque	26
1.4 POLITICAS DE LA EMPRESA	28
1.4.1 Misión.....	28
1.4.2. Visión	28
1.4.3 Valores corporativos.	28
1.4.3.1 Transparencia	28
1.4.3.2 Confianza.....	29
1.4.3.3 Excelencia.....	30
1.4.3.4 Coherencia.....	30
1.4.4 Estructura Organizacional.....	31
1.4.5 Proceso de mantenimiento	31
1.5 CONTROL DOCUMENTAL	34
1.6 INFRAESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO.....	37
1.6.1 Equipos que apoyan la operación.....	39

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	40
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	40
2.2 OBJETIVOS	41
2.2.1 Objetivo general	41
2.2.2 Objetivos específicos.	41
3. JUSTIFICACIÓN	43
4. MARCO CONCEPTUAL	44
4.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	44
4.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	45
4.3 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	46
4.3.1 Primera generación	47
4.3.2 Segunda generación	47
4.3.3 Tercera generación	48
4.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD - RCM	50
4.4.1 Definición del RCM	50
4.4.2 Objetivos del RCM y la gestión de confiabilidad	51
4.4.3 Siete preguntas básicas del rcm	52
4.4.3.1 Funciones y sus Estándares de Funcionamiento	52
4.4.3.2 Fallas Funcionales.	53
4.4.3.3 Modos de Falla (Causas de Falla)	53
4.4.3.4 Efectos de las Fallas	53
4.4.3.5 Consecuencias de las Fallas	54
4.4.4 Ventajas y limitaciones del RCM	55
4.5 TAREAS DE MANTENIMIENTO	57
4.5.1 Tareas “A Condición”	58
4.5.2 Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica	59
5. CARGADOR DE RUEDAS CATERPILLAR 938H	60

5.1 DESCRIPCIÓN	60
5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	61
5.3 SISTEMAS PRINCIPALES DEL CARGADOR 938H	64
5.3.1 Motor.....	64
5.3.1.1 Control Electrónico ADEM A4	65
5.3.1.2 Admisión de aire	67
5.3.1.3 Sistema de combustible	68
5.3.2 Tren de potencia	68
5.3.2.1 Servo transmisión.	68
5.3.3 Dirección	69
5.3.4 Sistema hidráulico.....	70
5.3.5 Sistema de frenos	72
5.3.6 El sistema monitor	73
5.3.6.1 Enlace de datos Cat.....	73
5.3.6.2 Enlace de datos CAN SAE J1939.....	73
5.3.7 Estructural.....	74
5.3.7.1 Bastidor del Extremo del Motor (EEF).....	75
5.3.8. Sistema de control de amortiguación	75
6. ESTADO ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA.....	77
6.1 GASTOS DE MANTENIMIENTO	78
6.2 EQUIPOS QUE INTERVIENE EL AREA DE MANTENIMIENTO	79
6.3 ANALISIS DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO DE LOS CARGADORES 938H	83
6.3.1 Indicadores de desempeño de la flota de cargadores 938H.....	83
6.3.2 Disponibilidad.....	85
6.3.3 Criticidad.....	91
7. MODELO DE RCM PARA CARGADOR 938 H CATERPILLAR	98

7.1 FUNCION.....	98
7.2 MODOS DE FALLAS DE LOS SISTEMAS	99
7.3 HOJA DE DECISIÓN	103
7.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	111
8. CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de Sociedad Portuaria Regional Barranquilla.....	19
Figura 2. Operación de contenedores.....	21
Figura 3. Bodega de refrigerados.	22
Figura 4. Operación de carga general.	24
Figura 5. Operación de Granel.....	26
Figura 6. Operación de Coque.....	27
Figura 7. Organigrama.....	31
Figura 8. El proceso de mantenimiento.	32
Figura 9. Organigrama de mantenimiento.	36
Figura 10. Taller de equipos móviles.	38
Figura 11. Cantidad de equipos de sociedad portuaria regional Barranquilla.	39
Figura 12. Cargador Caterpillar 938 H.	41
Figura 13. Evoluciones y expectativas del mantenimiento.....	49
Figura 14. Cargador de llantas 938H en puerto de Barranquilla.....	60
Figura 15. Motor del cargador de ruedas Caterpillar 938 H.	64
Figura 16. Componentes del sistema de control electrónico.	66
Figura 17. Operación del sistema de enfriamiento y de los enfriadores de aceite.	67
Figura 18. Sistema hidráulico de la transmisión.....	69
Figura 19. Sistema hidráulico del sistema de dirección.	70
Figura 20. Sistema hidráulico.....	71
Figura 21. Sistema de frenos.	72
Figura 22. Sistema monitor.	74
Figura 23. Sistema de control de amortiguación.....	76
Figura 24. Ejecución Presupuestal vs Presupuestos.	79
Figura 25. Ejemplo de muestreo del uso del software SAP.	84

Figura 26. Gráfica de Disponibilidad Vs Horómetro.cargador E-352.	85
Figura 27. Gráfica de Disponibilidad Vs Horómetro.cargador E-351.	87
Figura 28. Gráfica de Disponibilidad Vs Horómetro.cargador E-350	89
Figura 29. Número de fallos por sistemas en Cargadores 938 H.	92
Figura 30. Diagrama de Pareto de modos de falla en motor	93
Figura 31. Diagrama de Pareto de modos de falla Sistema Estructural.....	94
Figura 32. Diagrama de Pareto de modos de falla sistema Eléctrico.....	95
Figura 33. Diagrama de Pareto de modos de falla sistema Hidráulico.	96
Figura 34. Diagrama de Pareto de modos de falla Aire Acondicionado.....	97
Figura 35. Diagrama de Decisión - Parte I.....	105
Figura 36. Diagrama de decisión RCM - Parte II	106

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Macroproceso de la Dirección de Infraestructura.....	33
Tabla 2. Documentos y registros del área de mantenimiento.	34
Tabla 3. Beneficios del mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	57
Tabla 4. Flota de cargadores 938H del Puerto de Barranquilla.	60
Tabla 5. Especificaciones técnicas del Cargador de llantas 938H en puerto de Barranquilla.....	61
Tabla 6. Grupos Planificadores del área de mantenimiento.	77
Tabla 7. Ejecución Presupuestal del 2013 hasta 2016.	78
Tabla 8. Clasificación de equipos portuarios de SPRB.....	79
Tabla 9. Listado de equipos de mantenimiento.....	80
Tabla 10. Cuadro de disponibilidad de los equipos Portuarios.	84
Tabla 11. Datos de Disponibilidad y horómetros Cargador E-352	86
Tabla 12. Datos de Disponibilidad y horómetros Cargador E-351.	87
Tabla 13. Datos de Disponibilidad y horómetros, Cargador E-350	89
Tabla 14. Estadísticas de Modos de Fallas presentadas en los cargadores 938 H.	91
Tabla 15. Estadísticas de modos de falla en Motor.	92
Tabla 16. Estadísticas de modos de Estructural.	94
Tabla 17. Estadísticas de modos de falla en Sistema Eléctrico	95
Tabla 18. Estadísticas de modos de falla en Sistema Hidráulico.....	96
Tabla 19. Estadísticas de modos de falla en Aire Acondicionado.....	97
Tabla 20. . Función, falla funcional y modos de falla en cargadores 938 H Caterpillar.	99
Tabla 21. Análisis modo de falla motor y sus efectos.	100
Tabla 22. Análisis modo de falla sistema estructural y sus efectos.	101

Tabla 23. Análisis modo de falla sistema eléctrico y sus efectos.....	101
Tabla 24. Análisis modo de falla sistema Aire acondicionado y sus efectos.....	102
Tabla 25. Modelo Hoja de Decisión RCM.	103
Tabla 26. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas por motor.	108
Tabla 27. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema estructural.....	109
Tabla 28. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema de Aire Acondicionado.....	109
Tabla 29. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema de Hidráulico.	110
Tabla 30. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema eléctrico.	111
Tabla 31. Lista de chequeo de cargadores 938 H - Parte I.....	113
Tabla 32. Lista de chequeo de cargadores 938 H - Parte II.....	114
Tabla 33. Programación de cambio de materiales.....	115

INTRODUCCIÓN

Ser la plataforma logística portuaria referente, que desde el Río Magdalena, conecta a Colombia y el mundo es la visión de la sociedad portuaria regional de barranquilla lo cual lleva consigo un gran compromiso y ardua tarea teniendo en cuenta que esto determina la permanencia y competitividad como industria en el dinámico mundo globalizado, en el caso de un terminal portuario rodeado de grandes competidores obliga a que sus procesos y en especial el manejo de carga y atención al cliente marque diferencia y tenga un valor agregado ligado con la operación es por eso que como operador logístico especialista en manejo de carga granelera debe mantener una alta disponibilidad en los equipos que son la herramienta de trabajo principal para garantizar la atención deseada satisfaciendo a sus clientes con el mejor servicio que puedan tener.

Las rutinas de mantenimiento preestablecidas son esenciales y de vital importancia cuando se busca elevar la disponibilidad de una flota y esto a su vez incide en forma directa en la elevación de la competitividad de la compañía, cuando la inversión realizada asegura la realización continua de la función necesaria, motivo por el cual continuamente se encuentran sujetas a cambios y mejoras procedimentales, tecnológicas y estratégicas con el fin de replantear su efectividad.

Mantenimiento efectivo consiste en aplicar la estrategia adecuada partiendo del análisis y la revisión técnica de las condiciones de operación a las cuales son sometidos los equipos durante la operación realizada y los requerimientos específicos para esta. Durante este ejercicio se puede encontrar que los equipos la mayoría de las veces operan en condiciones de trabajo que carecen de las condiciones mínimas y es por esta razón que el Área de Mantenimiento debe ir actualizando los planes a fin de seleccionar tareas de mantenimiento apropiadas para lograr el continuo funcionamiento de los equipos que sostienen la operación.

La metodología RCM es una de las estrategias de mantenimiento que trabaja con base en la función del equipo y sus diferentes sistemas con el objetivo de conocer cuáles son las fallas funcionales que se pueden presentar y anticiparse a ellas.

El RCM, para su correcta aplicación, requiere conocer de las fallas y modos de fallas del equipo y el comportamiento durante las labores habituales buscando reducir su impacto. Para identificar las consecuencias de las fallas, el RCM realiza las siguientes actividades:

- Evaluación de las fallas operacionales con la consideración de aspectos de seguridad y afectación al medio ambiente.
- Determina la intensidad en las actividades de mantenimiento que más incidencia tienen en el correcto funcionamiento de los equipos.

1. RECONOCIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN

1.1 LOCALIZACIÓN

La empresa SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA S A se encuentra situada en el departamento de Atlántico, en la localidad Barranquilla y su dirección postal es CL 1 A 38.

Figura 1. Ubicación geográfica de Sociedad Portuaria Regional Barranquilla



1.2 RESEÑA HISTÓRICA

Barranquilla cuenta con un importante puerto marítimo y fluvial, tercero en importancia por volumen de carga en el país. El terminal marítimo y fluvial es administrado, operado y comercializado por la privada Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla. La Sociedad Portuaria del Norte presta servicios portuarios y logísticos multipropósito como terminal marítimo y fluvial. El tráfico a través del puerto de Barranquilla es regulado por la Capitanía de Puerto de Barranquilla, adscrita a la Dirección General Marítima, la cual tiene a su cargo la dirección, coordinación y control de las actividades marítimas como arribos, zarpes, situación de naves, seguridad, trámite de licencias, anuncios, entre otras.

El puerto de Barranquilla está ubicado sobre la orilla occidental del río Magdalena. Posee las instalaciones portuarias más extensas de Colombia, utiliza poco más de 200 ha integradas al servicio del comercio exterior del país. Con su variedad de terminales, es el puerto multipropósito más importante de la Región Caribe con capacidad para contenedores, graneles, carbón y carga general.

La Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla tiene la concesión del terminal marítimo y fluvial desde el 13 de diciembre de 1993, por aprobación de la ley 1a. o Ley de Puertos de la Constitución Política de 1991 en la cual se determina que la administración de todos los puertos nacionales que estaban a cargo de Colpuertos fuese manejada por el sector privado.

Sobre la margen izquierda del río Magdalena opera la Sociedad Portuaria del Norte, primer muelle privado multipropósito del puerto de Barranquilla.

El acceso al puerto se hace por el canal navegable de las Bocas de Ceniza, el cual, como toda desembocadura de río, presenta la formación de la barra (gran banco de arena y sedimentos que taponan la entrada de los buques), por lo que requiere de un mantenimiento permanente que consiste en el dragado de los sedimentos para asegurar la entrada y el arribo seguro de las naves. Para la eliminación de la barra

y asegurar la navegabilidad del canal, se construyeron los tajamares de Bocas de Ceniza en 1936; en los años 90 se construyó un dique direccional y, para el control de sedimentos, la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla adquirió en concesión la draga «La Arenosa», la cual opera bajo contrato con el gobierno, garantizando el calado operacional del canal navegable del Puerto de Barranquilla, punto de asiento de los terminales privados y públicos de la ciudad.

1.3 TIPOS DE CARGA

1.3.1 Contenedores.

- Consolidación y des consolidación de la carga dentro del puerto.
- Transporte Fluvial.
- Plataforma de Inspección

Figura 2. Operación de contenedores.



Para incrementar la agilidad y oportunidad en la prestación de servicios de manejo de contenedores, contamos con:

- Capacidad estática de 6.064 TEUS.

- 12 Hectáreas para almacenamiento de contenedores.
- 17 Reach Stackers y 3 Straddle Carriers para el manejo de contenedores.
- 16 Tractocamiones
- Elevadores, plataformas y telehandler.
- Área cubierta de 2.803,6 m², con un total de 117 bahías disponibles para la inspección de contenedores.

Asimismo, implementamos el software SPARCS, el cual se especializa en los procedimientos relacionados con el manejo de los contenedores para incrementar la eficiencia operativa del terminal.

1.3.2 Refrigerados y congelados. En nuestras instalaciones se encuentra la primera bodega de refrigerados y congelados dentro de un terminal portuario en el país, con un área de 3.200 mt² y 2.640 posiciones de almacenamiento, de las cuales 1.884 están ubicadas en la zona de congelados a temperaturas entre -18° y -22°, 756 en la zona de refrigerados con temperaturas de 0° a 5° y bahías exclusivas para procesos importación y exportación de forma independiente, con temperaturas controladas entre 0° y 5°.

Figura 3. Bodega de refrigerados.



Así mismo, esta bodega operada con el sistema WMS, dispone de 10 muelles, cada uno con puertas automáticas y abrigo retráctil, 10 niveladoras verticales hidráulicas, 2 básculas de capacidad de dos toneladas, semáforos de operación en muelle, equipos para control de temperatura en cada cuarto, termómetros infrarrojos, montacargas de elevación especializados, terminales de radiofrecuencia e impresoras para identificación de pallets.

- Inspecciones simultáneas autoridades (ICA, Invima, Dian, Policía Antinarcóticos, Distrisalud).
- Crossdocking Impo y Expo.
- Almacenamiento para carga refrigerada y congelada.
- Picking.
- Palletizaje.
- Etiquetado.
- Estivado.
- Pesaje.

Por otra parte y con el fin de centralizar el almacenamiento de contenedores refrigerados y facilitar el tráfico de este tipo de carga, tenemos una zona especial con servicio para conexión y monitoreo de 189 tomas eléctricas.

1.3.3 Carga general. Presentamos una ventaja competitiva al contar con áreas cercanas al muelle para el manejo de carga extra dimensionada y de proyectos especiales. Estos espacios, adyacentes a las bodegas y muelles, permiten el almacenamiento de más de 81.000 toneladas de carga de acero como alambón, bobinas, perfiles, láminas y todo tipo de estructuras metálicas y facilitan la prestación de los siguientes servicios:

- Clasificación de la carga (sujeto a espacio).

- Despacho fluvial en barcazas.
- Transporte terrestre local.
- Almacenamiento cubierto y descubierto.
- Amplios espacios para almacenamiento de carga proyecto.
- Servicio de ensaque de big bags a sacos de 50 kg.
- DALI (Deposito de Apoyo Logístico Internacional) donde se puede almacenar la carga hasta por 1 año sin ser nacionalizada.
- Servicio de reparación de guacales.
- Termo embalaje.
- Limpieza de carga.
- Cargue de varillas con aparejos certificados para evitar averías en la carga.
- Sistema de citas para atención de vehículos.

Figura 4. Operación de carga general.



Así mismo tenemos disponibles:

- Cuatro bodegas para el almacenamiento de carga general, con un área total de 18.835 m².
- Bodegas con estantería.

- Equipos y bodegas para almacenamiento de productos de acero laminados en frío y cemento.
- Control de inventarios en línea y servicio de trazabilidad de la carga.
- 35.000 m² de patio para el almacenamiento.

1.3.4. Granel. Contamos con un sistema granelero con capacidad para descargar hasta 14.000 toneladas/día de granel, a una rata de hasta 600 toneladas/hora, y recibir dos buques simultáneamente, almacenando el granel en diferentes bodegas. En este tipo de carga podemos apoyar a nuestros clientes con las siguientes actividades:

- Ensacado en bodega o al costado del muelle (sujeto a disponibilidad) suministro de sacos.
- Almacenamiento.
- Cargue de barcazas.
- Servicio de pallets.
- Servicio de carpado de camiones.
- Trimado por bodega dentro del buque.
- Sacos igualados (bascula especial para que todos los sacos pesen igual).
- Retiros de divisiones en buques.
- Servicio de laboratorio para inspección de la carga.
- Equipos para controlar la humedad de los granos.

Así mismo, para el manejo de este tipo de carga contamos con:

- Área de 40.384 m² para almacenamiento de gráneles.
- 14 Bodegas graneleras.
- Capacidad de almacenamiento de 141.000 toneladas.

- Sistema mecanizado para el descargue de motonaves, que se encuentra conformado por tolvas móviles, bandas transportadoras, elevadoras de cangilones y cadenas de arrastre.
- Servicio de monitoreo y preservación del grano almacenado.
- Control de inventarios para la carga.
- 11 básculas camioneras con capacidad de 80 toneladas, distribuidas estratégicamente a lo largo del terminal.

Figura 5. Operación de Granel.



1.3.5 Coque. El Puerto brinda un manejo y tarifas integrales para el coque, que incluye los siguientes servicios:

- Patio especializado para llenado de carbón y coque en contenedores.
- Trimado bodegas del buque.
- 4.5 hectáreas para almacenamiento del producto.
- Draft survey.
- Humectación de la carga.
- Sistema de citas para atención de vehículos.

- Servicios de pesaje con báscula exclusiva, descargue en patio, manejo interno, transporte y servicio de cargue con ratas de 7.000 toneladas/día.
- Control sobre el servicio terrestre y de inventarios, para todo tipo de granulometrías de coque.

Figura 6. Operación de Coque.



Hemos sido reconocidos por el sector portuario, autoridades ambientales y la comunidad como un terminal confiable y seguro ambientalmente, manteniendo nuestros procesos conforme a los requisitos de ley, a través de procesos como la humectación de la carga 24 horas, las barreras vivas y perímetro de polisombras.

A través de Sociedad Portuaria Río Grande, el terminal de coque cuenta con:

- Área para almacenamiento de 85.066 m² con capacidad de 171.519 toneladas.
- Bandas arrumadoras.
- 8 Cucharas hidráulicas de 12 mts³ y 1 cuchara de 21 mts³ para el cargue de buques.
- Oficina de operaciones para clientes.

1.4 POLITICAS DE LA EMPRESA

La SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA S.A. es una organización que prestar servicios portuarios integrales y diferenciados como terminal multipropósito marítimo y fluvial, nacional e internacional, a clientes y usuarios, con eficiencia, seguridad, innovación y versatilidad, utilizando tecnología y sistemas de información apropiados, desarrollando estrategias e induciendo la acción de factores externos que otorguen ventajas competitivas sostenibles, pretendiendo una adecuada retribución para nuestros accionistas y colaboradores quienes coadyuvan y trabajan en el mejoramiento continuo de sus actividades; procediendo con sentido ético, respeto a la ley y al medio ambiente y asumiendo posición de liderazgo y de compromiso con el gobierno en el desarrollo económico y social de la ciudad, el departamento y el país.

1.4.1 Misión. Somos el puerto multipropósito líder de la Costa Caribe Colombiana, que genera valor al país, prestando servicios logísticos integrados, ágiles y efectivos, con un talento humano innovador comprometido con la comunidad.

1.4.2. Visión. Seremos la plataforma logística portuaria referente, que desde el Río Magdalena, conecta a Colombia y el mundo.

1.4.3 Valores corporativos.

1.4.3.1 Transparencia

- Soy un buen ejemplo
- Soy honesto

- La rectitud rige mis decisiones
- La transparencia es la esencia de mi comportamiento
- No soy cómplice de actos incorrectos, los denuncio
- Me comunico abierta y claramente
- No soy corrupto
- Ser responsable es mi compromiso
- Pregunto a la persona correcta garantizando claridad en la información de los procesos
- Soy el Puerto de Barranquilla, promuevo los valores

1.4.3.2 Confianza

- Generar credibilidad a través de nuestros actos, conductas y comportamientos.
- Creer en el otro, en sus competencias y en el rol que juega en el equipo de trabajo.
- Reconocer el valor de la palabra.
- Ser leales con los miembros del equipo, con la empresa y con los clientes.
- INNOVACIÓN
- Retarnos permanentemente a salirnos de la zona de confort
- Tener la capacidad y el valor de desafiar y romper paradigmas tradicionales.
- Promover la creatividad a través del trabajo multidisciplinario.
- Crear y fomentar los espacios de confianza y credibilidad para recibir ideas y estudiarlas

1.4.3.3 Excelencia

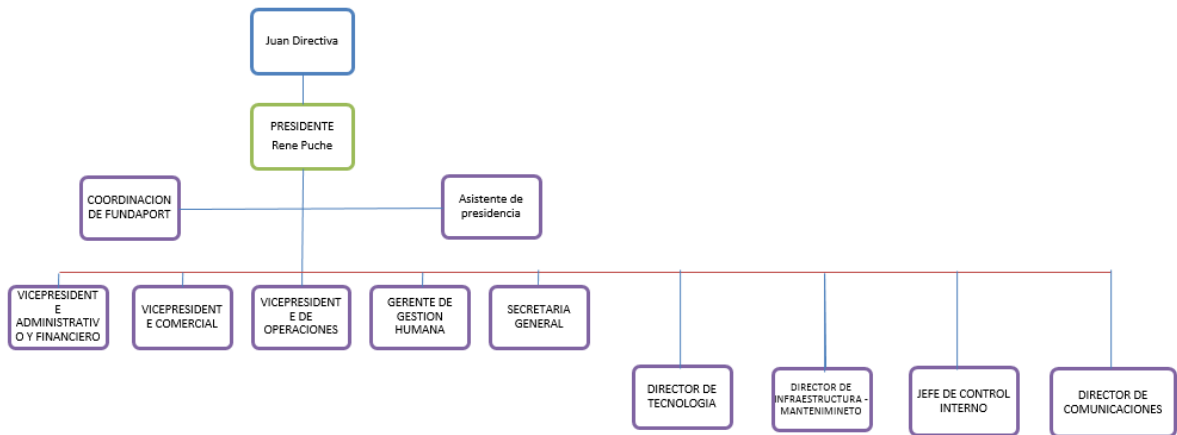
- Hacer bien el trabajo desde el primer momento.
- Fijarse estándares de alto desempeño, y cumplirlos.
- Enfoque organizacional al cliente, centrados en la efectividad.
- Creer firmemente que la excelencia organizacional se logra a través de la excelencia de nuestro talento humano.
- Estar orientado al logro de los resultados, sin pasar por encima de los valores y las personas.
- Desarrollar la habilidad de trabajar en equipo, mirando el impacto de una decisión en el resto de la organización y en el entorno.

1.4.3.4 Coherencia

- Actuar consecuente y responsablemente con lo que pensamos, decimos y sentimos.
- Asumir actitudes responsables al ejecutar decisiones que sean o no acertadas.
- Alinearse con los objetivos de la empresa.
- Mostrar compromiso y sentido de pertenencia por la compañía, actuando como si fuera propia.
- Ser conscientes de nuestro papel protagónico como entidad, en nuestra responsabilidad social y ambiental.

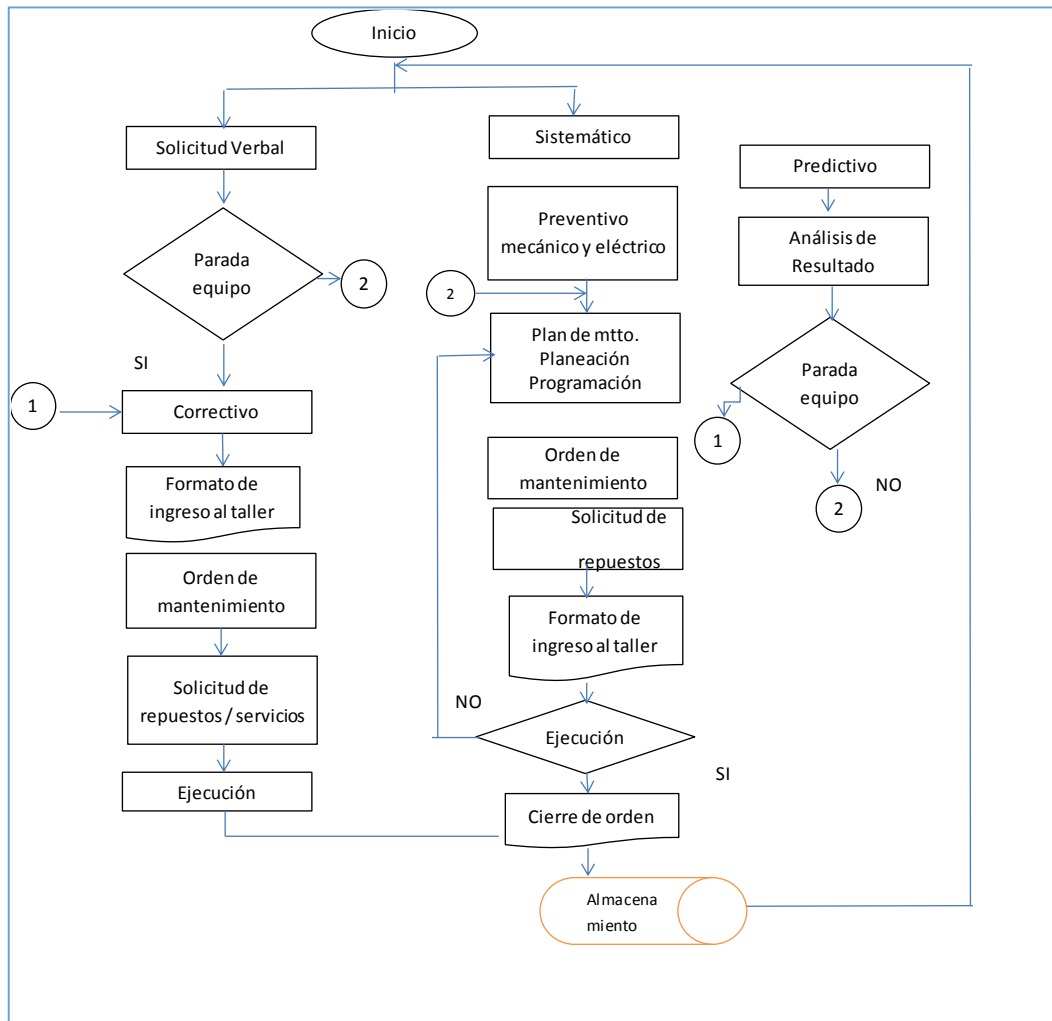
1.4.4 Estructura Organizacional.

Figura 7. Organigrama.




1.4.5 Proceso de mantenimiento. El proceso de mantenimiento de Sociedad Portuaria Regional Barranquilla cuenta con un departamento de mantenimiento encargado de llevar acabo los mantenimientos preventivos, correctivos, predictivos y mejoras según la macro proceso de la Dirección de Infraestructura.

Figura 8. El proceso de mantenimiento.



Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA. Sistema de gestión de la calidad. Barranquilla: La Compañía, 2016.

Tabla 1. Macroproceso de la Dirección de Infraestructura.

	DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA.		CÓDIGO: MCP-002
			FECHA: 23-01-2017
			VERSIÓN 2
	OBJETIVO	RESPONSABLES DEL MACROPROCESO	
	Preservar la Infraestructura Civil y los equipos móviles y fijos de la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A. (SPRB) y sus empresas filiales a través de los mantenimientos preventivos , predictivos y correctivos de sus instalaciones y equipos como también la gestación de los proyectos de Inversión que nos ayuden a garantizar el normal funcionamiento y crecimiento de la operación portuaria y mejores condiciones de las instalaciones y equipos para ofrecer un óptimo servicio a los usuarios del terminal	Director de Infraestructura y mantenimiento. Jefe de mantenimiento Coordinadores (obras civil y de mantenimiento) Analistas mantenimiento	
	ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDAS
	Planear Requeimientos de Mantenimientos Preventivos , correctivos y Proyectos de Infraestructura y mantenimiento de equipos	Planear Gestión de Alcance, Tiempo y Costo de Proyectos y actividades de Mantenimiento mecánico, eléctrico , electrónico .	Planear -Plan de Mantenimiento de Infraestructura y Proyectos del Plan Maestro Corporativo (PMC) . -Planes con rutinas de mantenimiento y asignación de ordenes preventivas y correctivas para equipos fijos y móviles.
	Hacer Aprobación de los Plan de Mantenimiento	Hacer -Crear en SAP los equipos con sus repuestas características técnicas. - Realizar las rutinas de mantenimiento preventivo según las recomendaciones de los fabricantes	Hacer - Inicio de Proyectos PMC y Actividades de Mantenimiento de Infraestructura. - listado de equipos en SAP con la programación de las rutinas de mantenimiento.
	Verificar - Ejecución de Proyectos PMC y Actividades de Mantenimiento de Infraestructura. - Ejecución y seguimiento de ordenes preventivas, predictivas y correctivas de los equipos portuarios.	Verificar Procesos de Interventoría a los trabajos (Control y seguimiento), haciendo revisiones periódicas de las principales restricciones (Alcance, Calidad, Cronogramas y Presupuesto de gasto e inversión) , revisión estado de conservación de la infraestructura, reporte de averías o daños a la carga, equipos y a la infraestructura Portuaria y revisión de los indicadores de cumplimiento que impacta la gestión del área. -Seguimiento y control diario de la programación de mto, para ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo.	Verificar Desviaciones y eficiencia en la ejecución de los Proyectos y Planes de Mantenimientos respectivamente.
	Actuar Cumplimiento o incumplimiento del plan de Mantenimiento y Ejecución de Proyectos.	Actuar Debida diligencia, definir e implementar planes de acción, gestionar y controlar los cambios, lograr la aprobación de la Gerencia o VP de Operaciones.	Actuar Satisfacción de usuarios y clientes, conservación de la infraestructura en óptimas condiciones, disminuir las averías a la carga y equipos y Plan Maestro Corporativo (PMC) . -Mantener un disponibilidad de equipos que cumpla con las necesidades de la operación.
	SEGUIMIENTO	Reuniones de revisión de actividades pendientes y programación diarias y semanales, Dirección de infraestructura y Coordinadores de Obras Civiles y mantenimiento.	
	INDICADORES DE GESTION	Control mensual de ejecución presupuestal de infraestructura y mantenimiento. CUMPLIMIENTO DE PRESUPUESTO DE GASTO E INVERSION= 100%. AVERIAS A LA CARGA POR ESTADO DE INFRAESTRUCTURA<20%. % DE ORDENES DE SERVICIOS ABIERTAS	
ENCAJE	OPERACIONES LOGISTICAS		
PROCESOS	OBRAS CIVILES Y MANTENIMIENTO		

Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA. Sistema de gestión de la calidad. Barranquilla: La Compañía, 2016.

El macro proceso se soporta bajo los siguientes documentos y formatos completamente codificados y registrados en el sistema de la calidad.

1.5 CONTROL DOCUMENTAL

Tabla 2. Documentos y registros del área de mantenimiento.

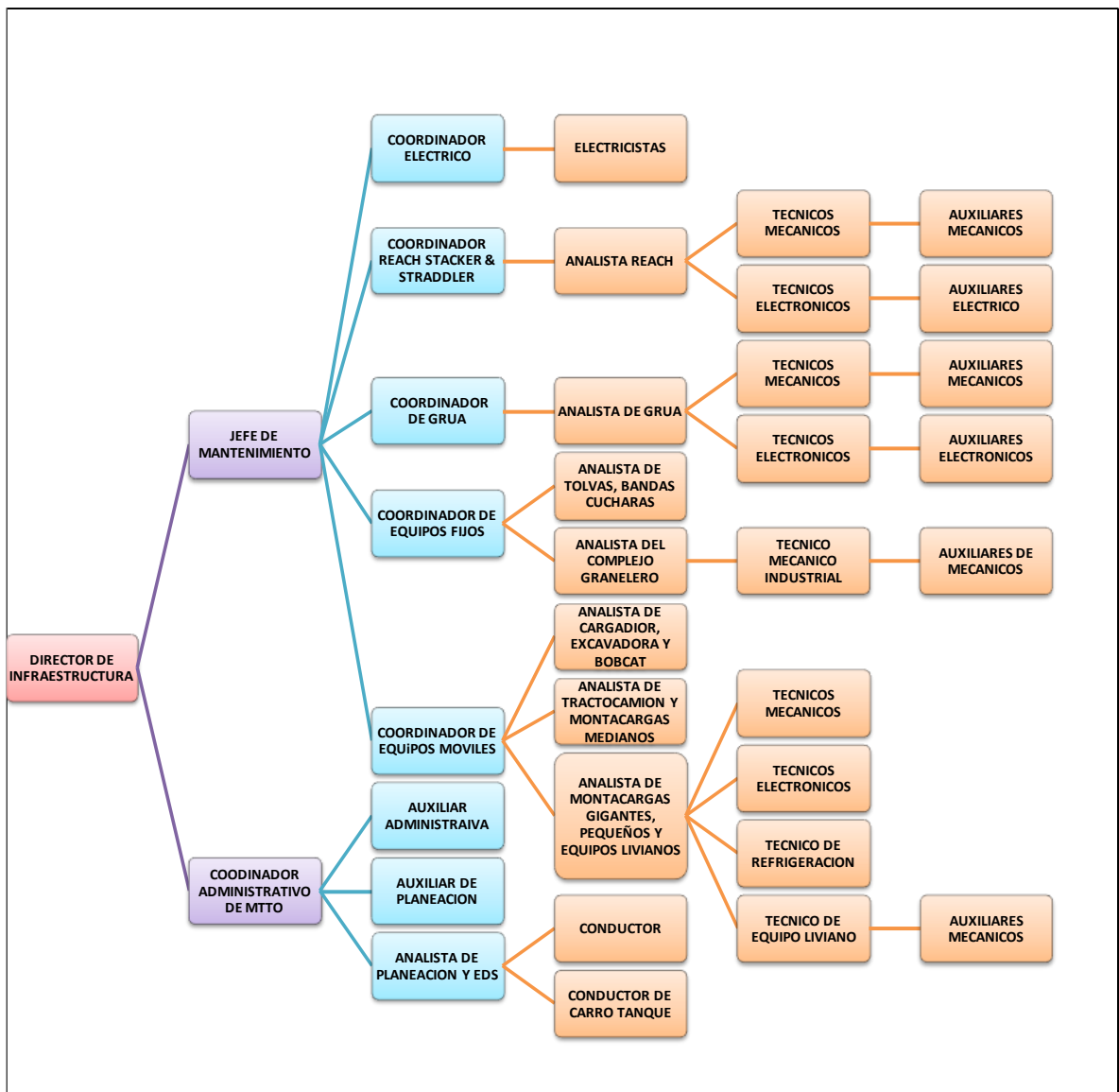
Versión	Fecha	Descripción	Autor
3	11/09/2016	FMT 109 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de motos y motocarros	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 110 Formato de entrega y Recibo de Equipos Gráneles y equipos Fijos	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 112 Control de salida y entrega de Mercancías y Equipos	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 113 formato de Entrega y recibo de equipos eléctricos ubicación técnica	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 114 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de Manlift	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 115 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de spreader	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 118 Entrega y devolución de herramientas	Coordinador Administrativo de mtto
3	22/02/2016	FMT 119 Inspección de Herramientas	Coordinador Administrativo de mtto
3	22/02/2016	FMT 120 Registro de préstamo de cámara termografía	Coordinador Administrativo de mtto
3	22/02/2016	FMT 121 Registro de préstamo de medidor de aislamiento	Coordinador Administrativo de mtto
3	22/02/2016	FMT 122 Registro de préstamo de Video Beam	Coordinador Administrativo de mtto
N/A	N/A	Planes de mantenimiento	Coordinador Administrativo de mtto

Versión	Fecha	Descripción	Autor
4	22/02/2017	MT 001 Gestión de mantenimiento preventivo, correctivo y planificado	Coordinador Administrativo de mtto
4	05/01/2017	MT 002 Salida y Regreso de equipos	Coordinador Administrativo de mtto
2	22/02/2017	MT 003 Control y seguimiento de las herramientas	Coordinador Administrativo de mtto
3	05/01/2017	IMT 001 Salida Mercancías Mtto	Coordinador Administrativo de mtto
1	11/09/2017	IMT 002 Gestión Mtto Preventivo Correctivo	Coordinador Administrativo de mtto
1	22/08/2017	FMT 101 Formato para reemplazo de horometro	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 102 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de Grúas	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 103 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de straddler carrier	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 104 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de Reach Stacker	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 105 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de Elevadores	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 106 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de cargadores	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 107 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de Tractocamiones - plataformas	Coordinador Administrativo de mtto
3	11/09/2016	FMT 108 Formato de ingreso para mantenimiento Preventivo- correctivo de Vehículos livianos , barredoras,	Coordinador Administrativo de mtto

Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA. Sistema de gestión de la calidad. Barranquilla: La Compañía, 2016.

Para lograr la gestión de mantenimiento descrita en el macro proceso de mantenimiento descrita en la tabla 1 mantenimiento cuenta con un recurso humano como se muestra en el siguiente organigrama.

Figura 9. Organigrama de mantenimiento.



1.6 INFRAESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO

El área cuenta con cuatro talleres ubicados estratégicos para realizar las diferentes intervenciones a los equipos cerca de la operación para tener una reacción oportuna y evitar tiempos perdidos en traslados los talleres es:

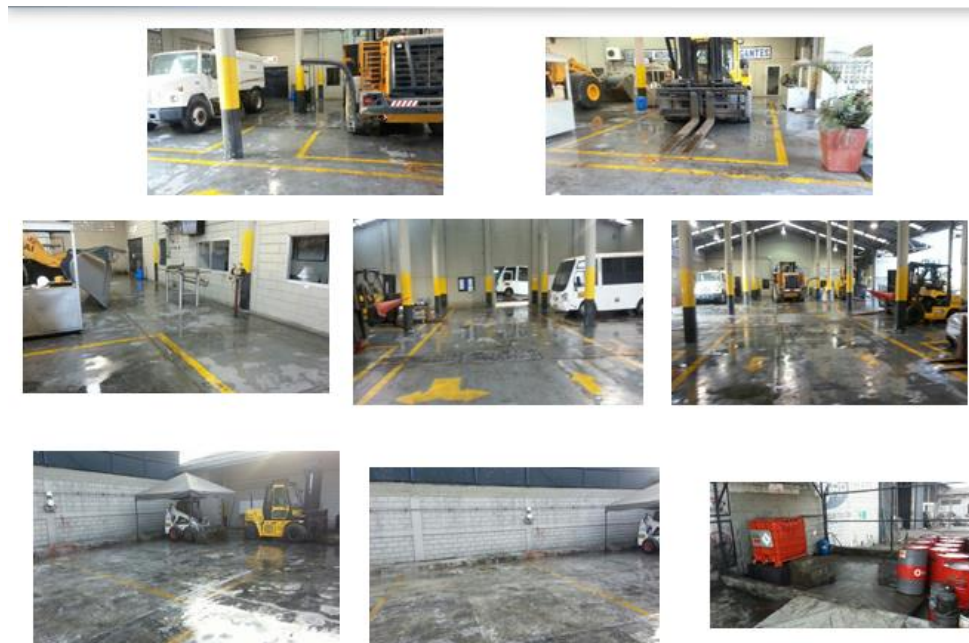
- Taller de equipos fijos se encuentra ubicado cerca al muelle 5 y 6 donde arriba los buques que utilizan el complejo granelero, este taller es especialista en mantenimiento de sistemas mecanizados los cuales garantizan, cargar directamente a los camiones o de entregar la carga a los transportadores de arrastre instalados en cada una de ellas, los cuales a su vez envían el producto hacia a una banda transportadora que descarga directamente en un elevador. Este último se encarga de llevar el producto para que sea pesado en una báscula de bache, con el objeto de que finalmente sea dirigido a cualquiera de las 4 bodegas. Cada una de éstas posee un transportador de arrastre o de banda que puede llegar a movilizar hasta 600 TON/Hora y por estar ubicados en los puntos más altos de las bodegas, son capaces de llenar completamente toda el área útil.

De igual manera se encargan del mantenimiento preventivo de cucharas, tolvas, bandas trasportadoras, rampas utilizadas en la operación de los buques graneleros.

- Taller de grúa los mantenimientos preventivos o correctivos de las 4 grúas con su aparejo (ganchos, spreader) se realizan el 90% en el muelle ya que por la estructura de los equipos no es posibles movilizarlos a un taller, pero esta área cuenta con un taller para realizar reparaciones menores de soldadura, reparación motor y pintura de piezas pequeñas.

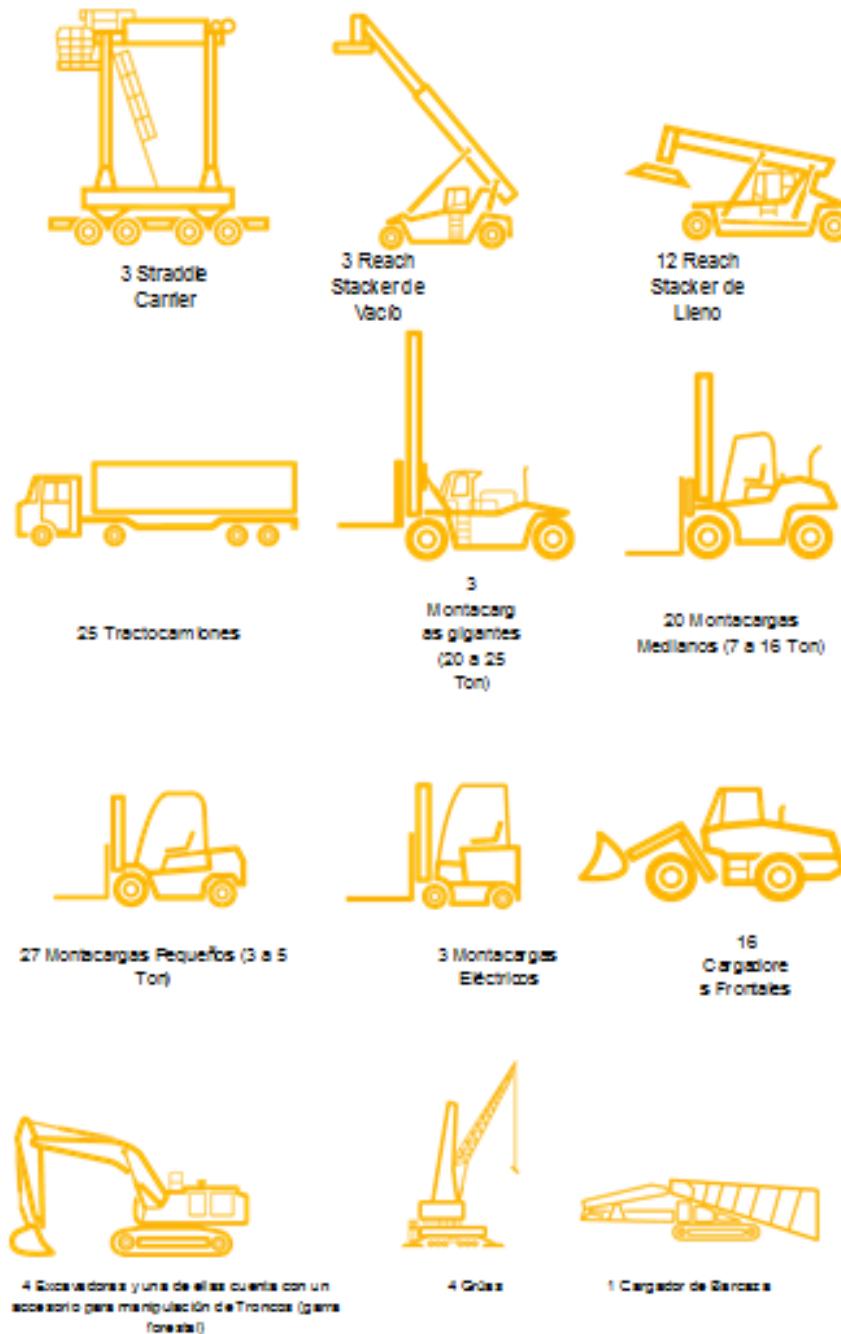
- Taller de reach Stacker & straddler este taller se encarga de reparar y mantener disponible los equipos especializados para descargue y cargue de contenedores lo cual tienen una participación en la operación portuaria.
- Taller de equipos móviles en este taller se intervienen los equipos que atienden diferentes cargas como son:
 - Tracto camiones: son los encargados de movilizar contenedores y carga general.
 - Montacargas de 3 ton a 25 ton. utilizados en la operación de carga general.
 - Cargadores, excavadoras, bobcat se encargan de la operación de granel y coque.
 - Equipos livianos lo compone los vehículos, camionetas, barredoras, motocicletas y moto carros que son apoyo para la operación portuaria.

Figura 10. Taller de equipos móviles.



1.6.1 Equipos que apoyan la operación.

Figura 11. Cantidad de equipos de sociedad portuaria regional Barranquilla.



2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El grupo de equipos móviles del puerto de Barranquilla está conformado por diversos tipos de maquinaria que van de acuerdo a las diferentes cargas manejadas por la empresa dentro de las cuales encontramos carga granel que comprende tanto gráneles limpios como arroz, trigo, soya y sucios tales como carbón, Clinker entre otros, que son manipulados por cargadores de ruedas los cuales se han convertido en los equipos más críticos dentro de la operación debido alto índice de fallas y daños operativos.

Las constantes fallas y daños de estos equipos generan paros prolongados afectando la disponibilidad en un 60% y confiabilidad por debajo de 50 horas afectando los tiempos programados para el descargue de buque y generando incumplimiento en el tiempo de despacho pactado en los clientes, obligando a operaciones logística a recurrir al alquiler incurriendo en gastos que afectan la ejecución presupuestal preestablecida para las diferentes áreas.

Debido a esto se propone un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) buscando optimizar los tiempos pactados tanto con las líneas navieras como con los clientes locales para despacho en bodega y descargue de buque.

Figura 12. Cargador Caterpillar 938 H.



2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo general. Diseñar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los cargadores 938H del puerto de Barranquilla.

2.2.2 Objetivos específicos.

- Identificar los sistemas más susceptibles a fallas dentro del grupo de cargadores 938 H.
- Identificar las fallas y averías más frecuentes ocurridos en la operación de los cargadores 938H.

- Analizar los diferentes planes de mantenimiento actuales en busca de falencias para implementar oportunidades de mejoras para lograr un mantenimiento eficaz.
- Definir sus funciones y estándares de funcionamiento.
- Establecer el cronograma de las tareas proactivas.
- Aplicar la metodología de RCM que contemple el análisis de la situación actual, revisión de las características técnicas de los equipos, identificación de funciones y parámetros de funcionamiento, fallas funcionales, modo de fallas y efectos, identificar las consecuencias de las fallas y determinar las tareas proactivas.

3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los objetivos del Puerto de Barranquilla es ofrecer al cliente servicios de calidad y con unos tiempos de respuesta óptimos para de esta manera lograr garantizar la rentabilidad del negocio, esto está ligado con el costo de la operación; por este motivo es de vital importancia establecer una estrategia de mantenimiento que conduzca al aumento en la disponibilidad actual (60%) y la confiabilidad de los Cargadores 938H, debido a que el mantenimiento actual no considera factores propios de la operación que realizan estos equipos que están fuera de las condiciones normales de trabajo para los que estos están diseñados.

La presente metodología propone desarrollar un modelo de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) que nos ayude a disminuir los tiempos de paro inesperados, optimizando los recursos y los costos de mantenimiento logrando mejorar la rentabilidad del servicio prestado.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. Además permite eliminar condiciones inseguras que podrían afectar a las personas. Anzola (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas". El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (1995), define al mantenimiento como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral".

Para Moubray (1997), el mantenimiento significa "Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas".

A partir de los criterios formulados por los autores citados en relación al concepto de equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado, el mantenimiento en la empresa incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto.
- Capacidad operacional.
- Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio.
- Seguridad e higiene industrial.

- Calidad de vida de los trabajadores de la empresa.
- Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

4.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas de los equipos de la empresa.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar parada de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de
- Operación.
- Disminuir los costos de mantenimiento.

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

4.3 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO⁵

Durante los últimos veinte años el mantenimiento ha cambiado debido al importante aumento en número y variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben operar en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento y una óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

El mantenimiento también está respondiendo a expectativas cambiantes. Éstas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, la presión de alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo.

Estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria. El personal de Mantenimiento se ve obligado a adoptar maneras de pensar completamente nuevas y actuar como ingenieros y como gerentes. Al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se hacen cada vez más evidentes, sin importar cuánto se hayan informatizado.

Históricamente, el mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones. Como todo proceso de evolución, el dominio del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica. Es conveniente destacar, sin embargo, que el alcanzar una etapa más avanzada no significa necesariamente que se abandonen por completo las metodologías anteriores sino que, aun perdiendo peso, siguen complementando a las más actuales.

⁵ MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Asheville: Alandon LLC, 2004. p. 2.

4.3.1 Primera generación. La Primera Generación cubre el período que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial.

En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de parada de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez la mayor parte de los equipos eran simples y una gran cantidad era sobredimensionada. Esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Como resultado, no había necesidad de un mantenimiento sistemático más allá de una simple rutina de limpieza, servicio y lubricación.

4.3.2 Segunda generación. Durante la Segunda Guerra Mundial todo cambió drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de los trabajadores industriales. Esto llevó a un aumento en la mecanización. Ya en los años '50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas y la industria estaba empezando a depender de ellas. Al incrementarse esta dependencia, se centró la atención en el tiempo de parada de máquina. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos deberían ser prevenidas, llegando al concepto de mantenimiento preventivo. En la década del sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados.

El costo del mantenimiento comenzó a elevarse rápidamente en relación a otros costos operacionales y esto llevó al crecimiento de sistemas de planeamiento y control del mantenimiento. Estos ciertamente ayudaron a tener el mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento.

Por último, la suma de capital ligado a activos fijos junto con un elevado incremento en el costo del capital, llevó a la gente a buscar la manera de maximizar la vida útil de estos activos/ bienes.

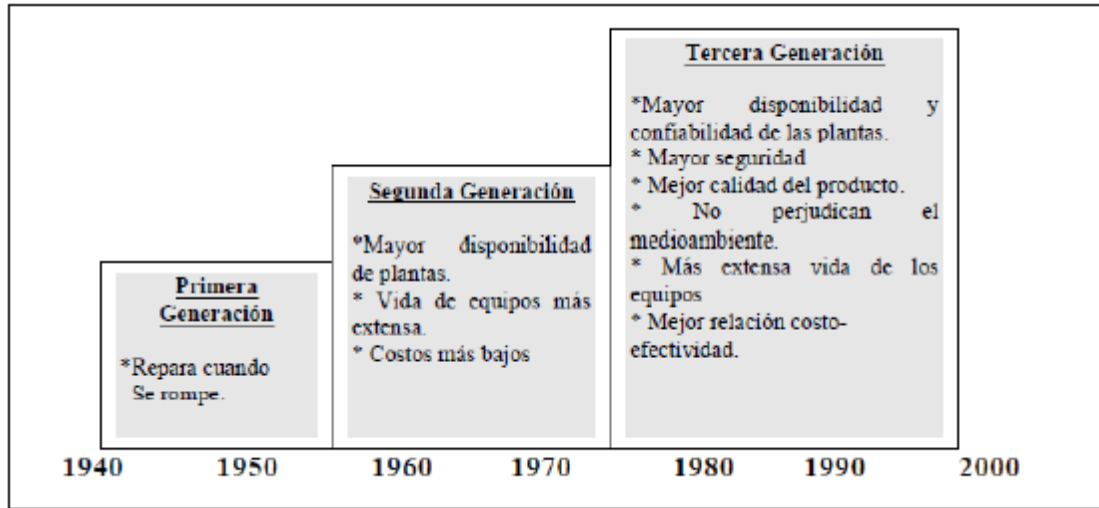
4.3.3 Tercera generación. Desde mediados de la década del setenta el proceso de cambio en la industria ha adquirido aún más impulso. Los cambios han sido clasificados en: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas.

El tiempo de parada de máquina siempre ha afectado la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales e interferir con el servicio al cliente. En las décadas de los sesenta y setenta esto ya era una preocupación en las áreas de minería, manufacturas y transporte. En la manufactura los efectos del tiempo de parada de máquina fueron agravados por la tendencia mundial hacia sistemas "just-in-time", donde los reducidos inventarios de material en proceso hacen que una pequeña falla en un equipo probablemente hiciera parar toda la planta.

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

Una mayor automatización también significa que más y más fallas afectan nuestra capacidad de mantener parámetros de calidad satisfactorios. Esto se aplica tanto para parámetros de servicio como para la calidad del producto. Por ejemplo, hay fallas en equipos que pueden afectar el control del clima en los edificios y la puntualidad de las redes de transporte, así como interferir con el logro de las tolerancias deseadas en la producción.

Figura 13. Evoluciones y expectativas del mantenimiento.



Fuente: MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Asheville: Alandon LLC, 2004.

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

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

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

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

4.4 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD - RCM

4.4.1 Definición del RCM. La Norma SAE JA1011⁶ define el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de la siguiente manera: RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser implementadas para administrar los modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se define como el procedimiento sistemático y estructurado que consiste en analizar funciones, ver las posibles fallas, evaluar las causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos de la operación, debemos de tener presente que todo activo es una unidad independiente y que se ve afectado por múltiples factores tanto de la operación, como medio ambiente que llevan a que sus comportamientos puedan ser diferentes,

⁶ SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999.

pero que como base podemos aplicar el mantenimiento determinado para el activo más crítico y poder así obtener unos planes de mantenimiento aplicable a toda una unidad productiva en forma similar para efectuar un mejor seguimiento.⁷

4.4.2 Objetivos del RCM y la gestión de confiabilidad. RCM introduce los conceptos de función y falla funcional, donde función se define como lo que los usuarios esperan que el activo haga dentro de su contexto operativo y falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo de hacer lo que los usuarios quieren que haga importantes conceptos. Es decir, la falla funcional es la negación de la función de un activo.

Lo anterior genera una muy amplia visión de qué podría ser en un determinado momento una falla y conduce a la generación de estrategias para evitar o al menos controlar la aparición o las consecuencias de una falla en teoría, con el RCM y la Gestión de Confiabilidad se incrementan las tarea proactivas (antes de la falla) y se disminuyen las reactivas (después de la falla), aumentan y se aseguran la calidad del producto y el cumplimiento producción y se ajustan los procesos productivos para competir en mercados exigentes.

Otros beneficios son el aumento del tiempo entre fallas y el aumento de la mantenibilidad y las disponibilidades. Estos son los beneficios se obtienen sistemáticamente y de ahí la importancia justificada de la implementación del RCM.

⁷ SILVA ARDILA, Pedro. Confiabilidad en la práctica. Barranquilla: El autor, 2014. 155 p.

4.4.3 Siete preguntas básicas del rcm. El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM.

En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno. Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

1. ¿Cuáles son las funciones?
2. ¿De qué forma puede fallar?
3. ¿Qué causa que falle?
4. ¿Qué sucede cuando falla?
5. ¿Qué ocurre si falla?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

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

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

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

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

4.4.3.3 Modos de Falla (Causas de Falla). El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir. Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla.

Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

4.4.3.4 Efectos de las Fallas. Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera).

Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario. El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

4.4.3.5 Consecuencias de las Fallas. En este paso se responde a la pregunta ¿En qué sentido es importante cada falla? para determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuáles no debido a las consecuencias de las fallas, se pueden afectar las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente, las consecuencias se dividen en cuatro grupos, las consecuencias por fallas ocultas, consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y No operacionales.

El RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

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

Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la

cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

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

Consecuencias que no son operacionales: Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación. Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

4.4.4 Ventajas y limitaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM. El RCM tiene numerosas ventajas en cuanto al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria, las más importantes son:

- Crear un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones o mantenimiento) frente a condiciones de falla y averías
- Logra importantes reducciones de costo de mantenimiento
- Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad y/o mejora la mantenibilidad de las plantas y sus activos
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional
- Fomenta el trabajo en grupo, convirtiéndolo en algo rutinario
- Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental
- Optimiza la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo
- Aumenta el conocimiento del personal tanto de operaciones como de mantenimiento con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- Involucra a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta)
- Facilita el proceso de normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y registro.

Por otro lado, las limitaciones del RCM radican principalmente en el factor humano con que cuenta la organización, ya que de este depende el éxito de la metodología. El equipo natural de trabajo juega un papel importante, debido a que será este el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de manera que las personas involucradas con el RCM no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas. Es por esto que se debe tener gran cuidado al momento de seleccionar las personas que conformaran el equipo de trabajo natural.

Tabla 3. Beneficios del mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Calidad	Tipo de Servicio	Costo	Tiempo	Riesgo
<p>Aumenta la disponibilidad en al menos un 8%, por el sólo hecho de Implementar.</p> <p>Elimina las fallas crónicas y elimina las causas raíces.</p> <p>Aumenta la flexibilidad operacional.</p> <p>La programación de mantenimiento se basa en hechos reales.</p> <p>Proporciona el completo conocimiento de las fallas reales y potenciales de las máquina, así como de sus causas.</p>	<p>Proporciona un mejor clima organizacional para el trabajo en equipo.</p> <p>Ayuda a entender mejor las necesidades y los requerimientos de los clientes.</p> <p>Disminuye las paradas imprevistas.</p> <p>Genera un ambiente de Investigación y desarrollo alrededor de los análisis de fallas.</p>	<p>Reduce los niveles de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Optimiza los programa de mantenimiento.</p> <p>Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales.</p> <p>Todas las actividades de mantenimiento se analizan en un contexto de costo / beneficio.</p>	<p>Mejora los tiempos medios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.</p> <p>Aumenta los tiempos de funcionalidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.</p> <p>Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos.</p> <p>Jerarquiza las actividades de mantenimiento, logrando su reducción en el tiempo.</p>	<p>Brinda seguridad e integridad ambiental en todo el desarrollo del proceso, a niveles muy superiores de los que se tienen antes de implementario.</p> <p>Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente o la seguridad son las que más se atacan y eliminan.</p> <p>Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadena o superpuestas.</p> <p>Su razón de calificación al riesgo la hace como una de las tácticas más seguras.</p>

Fuente: MORA, Luis. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín: COLDI Limitada, 2009. p. 272.

4.5 TAREAS DE MANTENIMIENTO

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.⁸

Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar. Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes.

⁸ MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Asheville: Alandon LLC, 2004.

En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias.

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

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

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado. Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

4.5.2 Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica. Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

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

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

5. CARGADOR DE RUEDAS CATERPILLAR 938H

5.1 DESCRIPCIÓN

El cargador de Ruedas Caterpillar modelo 938H, está equipado con las características y protección requeridas en un ambiente exigente de manejo de cargas. El puerto de Barranquilla dispone de 14 cargadores para el manejo de cargas a granel de los cuales 4 pertenecen a la familia 938H.

Tabla 4. Flota de cargadores 938H del Puerto de Barranquilla.

Denominación interna	Fabricante	Modelo	Capacidad	Nº serie fabricante
E-345	Caterpillar	938H	3.8 m3	MJC00574
E-350	Caterpillar	938H	3.8 m3	JKM01881
E-351	Caterpillar	938H	3.8 m3	JKM02112
E-352	Caterpillar	938H	3.8 m3	JKM02113

Figura 14. Cargador de llantas 938H en puerto de Barranquilla.



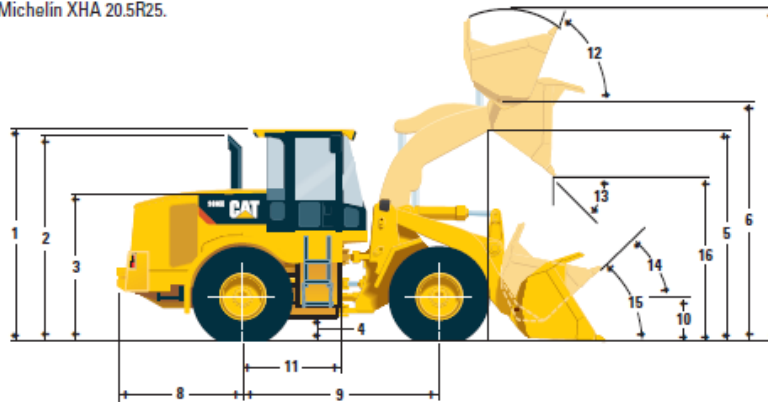
5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tabla 5. Especificaciones técnicas del Cargador de llantas 938H en puerto de Barranquilla.

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas y pueden variar con la herramienta.

Neumáticos Michelin XHA 20.5R25.



1	Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS	3.356 mm	11'0"	8	Desde la línea de centro del eje trasero hasta el borde del contrapeso	1.869 mm	6'1"
2	Altura hasta la parte superior del tubo de escape	3.099 mm	10'2"	9	Distancia entre ejes	3.020 mm	9'10"
3	Altura hasta la parte superior del capó	2.415 mm	7'11"	10	Altura hasta la línea de centro del eje	688 mm	2'3"
4	Espacio libre sobre el suelo/Neumático estándar. Vea la tabla que sigue para obtener información de otros neumáticos	397 mm	1'3"	11	Desde la línea de centro del eje trasero hasta el enganche	1.510 mm	4'11"
5	Altura del brazo de levantamiento a levantamiento máximo	3.435 mm	11'3"	12	Inclinación hacia atrás a levantamiento máximo	65°	
6	Altura del pasador del cucharón a levantamiento máximo	3.843 mm	12'7"	13	Ángulo de descarga a levantamiento máximo	50°	
	Altura del pasador del cucharón, levantamiento alto optativo	4.266 mm	13'11"	14	Inclinación hacia atrás en acarreo	50°	
7	Altura total con el cucharón levantado	5.284 mm	17'4"	15	Inclinación hacia atrás en el suelo	42°	
				16	Altura de descarga a levantamiento máximo y descarga de 45°	2.771 mm	9'1"

Neumáticos

		Ancho con neumáticos - máximo (con carga)		Cambio en las dimensiones verticales		Cambio en el peso en orden de trabajo sin lastre		Cambio en la carga límite de equilibrio estático - recto		Cambio en la carga límite de equilibrio estático - articulado	
		mm	pulg	mm	pulg	kg	lb	kg	lb	kg	lb
20.5-R25 XTLA L2	Radiales	2.603	102	-16	-1	-170	-376	-120	-264	-104	-230
20.5-R25 XHA L3	Radiales	2.674	105	0	0	0	0	0	0	0	0
20.5 R25 GP2B L3	Radiales	2.619	103	+6	0	-53	-116	-37	-81	-32	-71
20.5 R25 HRL L3	Radiales	2.618	103	+23	+1	-48	-107	-34	-75	-30	-65
20.5 R25 RL-2+ L3	Radiales	2.609	103	+12	0	+13	+28	+9	+20	+8	+17
650/65R-25 XLD L3	Radiales (perfil bajo)	2.733	108	0	0	+519	+1145	+364	+803	+318	+701
20.5-25 SRG LD L3	Telas sesgadas (16 telas)	2.558*	101*	+8	0	-242	-533	-170	-374	-148	-326
20.5-25 SRG LD L3	Telas sesgadas (20 telas)	2.556*	101*	+11	0	-174	-384	-122	-270	-107	-235
20.5-25 RM 99 L3	Telas sesgadas	2.540*	100*	+8	0	-58	-129	-41	-90	-36	-79

*Sin protuberancia.

Motor

Modelo de motor	6.6 ACERT™ Cat®	
Potencia bruta – SAE J1995	147 kW	197 hp
Potencia neta – ISO 9249	134 kW	180 hp
Potencia neta – SAE J1349	133 kW	178 hp
Potencia neta – 80/1269/EEC	134 kW	180 hp
Par máximo (neto) @ 1.400 rpm	840 N-m	620 pie-lb
Reserva de par total	38%	
Calibre	105 mm	4,1 pulg
Carrera	127 mm	5 pulg
Cilindrada	6,6 L	402,8 pulg ³

- Motor Caterpillar con tecnología ACERT™ – Cumple con las normas Tier 3 EPA y Stage III de la UE.
- Estas clasificaciones se aplican a 2.100 rpm cuando la prueba se realiza en las condiciones normales especificadas.
- La clasificación para la potencia neta publicada se basa en la potencia disponible cuando el motor está equipado con alternador, filtro de aire, silenciador y mando de ventilador hidráulico por demanda a velocidad máxima el ventilador.

Pesos

Peso en orden de trabajo	15.059 kg	33.190 lb
--------------------------	-----------	-----------

- Para un cucharón de uso general de 2,8 m³ (3,65 yd³) con neumáticos 20.5-R25 estándar.

Cucharones

Capacidad del cucharón	2,3 - 3,0 m ³	3,0 - 4,0 yd ³
Capacidad máxima del cucharón	3 m ³	4 yd ³

Especificaciones de operación

Carga límite de equilibrio estático, a giro pleno	10.076 kg	22.207 lb
Fuerza de desprendimiento	123 kN	27.576 lb

- Para un cucharón de uso general de 2,8 m³ (3,65 yd³) con neumáticos 20.5-R25 estándar.

Transmisión

1a. de avance	8,1 km/h	5 millas/h
2a. de avance	14,6 km/h	9,1 millas/h
3a. de avance	25,5 km/h	15,8 millas/h
4a. de avance	43,2 km/h	26,8 millas/h
1a. de retroceso	8,1 km/h	5 millas/h
2a. de retroceso	14,6 km/h	9,1 millas/h
3a. de retroceso	25,5 km/h	15,8 millas/h

- Velocidades máximas de desplazamiento con cucharón vacío y neumáticos 20.5-R25.

Sistema Hidráulico

Tipo de bomba del sistema de dirección	Pistones	
Tiempo del ciclo hidráulico – Subida	5,4 segundos	
Tiempo del ciclo hidráulico – Descarga	1,4 segundos	
Tiempo del ciclo hidráulico – Bajada, Vacío, descenso libre	2,7 segundos	
Tiempo del ciclo hidráulico – Total	9,5 segundos	
Sistema piloto – Salida de la bomba	295 L/min	77,9 gal EE.UU./min

- Sistema del implemento (estándar), bomba de pistones – Clasificado a 2.100 rpm y 1.000 lb/pulg² (6.900 kPa).
- Tiempo de ciclo con carga útil nominal.

Frenos

Frenos	Cumplen con las normas requeridas	
--------	-----------------------------------	--

- Cumplen con las normas de OSHA, SAE J1473 Oct90 e ISO 3450-1985.

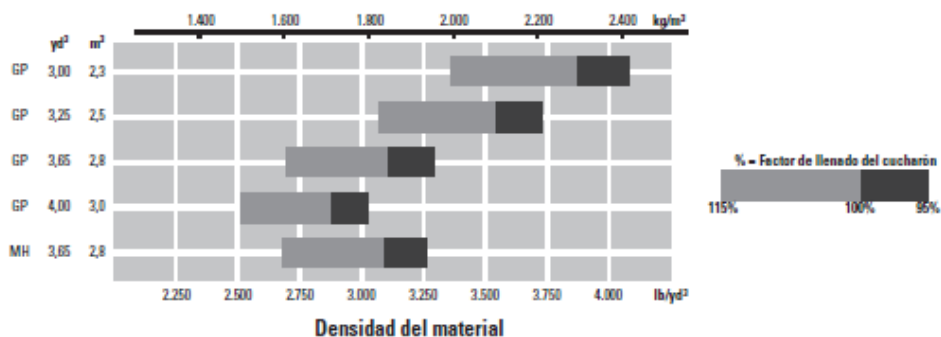
Ejes

Delantero	Delantero fijo	
Trasero	Oscilante ±12°	
Elevación y caída máximas de cada rueda	420 mm	17 pulg

Especificaciones de operación

		Cucharones de uso general					
		Cuchillas emper- nables	Dientes y seg- mentos	Dientes	Cuchillas emper- nables	Dientes y seg- mentos	Dientes
Capacidad nominal	m ³	2,30	2,30	2,10	2,50	2,50	2,30
	yd ³	3,00	3,00	2,75	3,25	3,25	3,00
Capacidad a ras	m ³	1,97	1,97	1,87	2,11	2,11	2,01
	yd ³	2,58	2,58	2,45	2,76	2,76	2,63
Ancho	mm	2.700	2.777	2.777	2.700	2.777	2.777
	pies/pulg	8'10"	9'1"	9'1"	8'10"	9'1"	9'1"
Altura de descarga a levantamiento pleno y descarga de 45°	mm	2.890	2.786	2.786	2.849	2.744	2.744
	pies/pulg	9'5"	9'1"	9'1"	9'4"	9'0"	9'0"
Alcance a levantamiento pleno y descarga a 45°	mm	993	1.098	1.098	1.019	1.123	1.123
	pies/pulg	3'3"	3'7"	3'7"	3'4"	3'8"	3'8"
Alcance con los brazos de levantamiento y el cucharón horizontales	mm	2.189	2.336	2.336	2.239	2.386	2.386
	pies/pulg	7'2"	7'7"	7'7"	7'4"	7'9"	7'9"
Profundidad de excavación	mm	50	50	25	50	50	25
	pulg	1,9	1,9	0,9	1,9	1,9	0,9
Longitud total	mm	7.193	7.351	7.351	7.243	7.401	7.401
	pies/pulg	23'7"	24'1"	24'1"	23'9"	24'3"	24'3"
Altura total con el cucharón a levantamiento pleno	mm	5.140	5.140	5.140	5.188	5.188	5.188
	pies/pulg	16'10"	16'10"	16'10"	17'0"	17'0"	17'0"
Círculo de giro del cargador con el cucharón en posición de acarreo	mm	11.946	12.105	12.105	11.971	12.131	12.131
	pies/pulg	39'2"	39'8"	39'8"	39'3"	39'9"	39'9"
Carga límite en equilibrio estático, recto	kg	11.834	11.737	11.959	11.755	11.658	11.878
	lb	26.081	25.867	26.357	25.909	25.694	26.179
Carga máxima de equilibrio estático, a giro pleno de 40°	kg	10.302	10.205	10.415	10.229	10.131	10.339
	lb	22.706	22.492	22.954	22.544	22.329	22.787
Fuerza de desprendimiento	kN	141,9	141,1	152,7	134,9	134,2	144,7
	lb	31.877	31.703	34.297	30.317	30.143	32.508
Peso en orden de trabajo	kg	14.952	15.027	14.932	14.986	15.061	14.966
	lb	32.955	33.120	32.911	33.028	33.194	32.984
Alcance a una altura de 2.134 mm (7'0"), descarga de 45°	mm	1.508	1.563	1.563	1.516	1.567	1.567
	pies/pulg	4'11"	5'1"	5'1"	4'11"	5'1"	5'1"
Espacio libre a levantamiento y descarga plenos, en topes	mm	2.821	2.706	2.706	2.786	2.671	2.671
	pies/pulg	9'3"	8'10"	8'10"	9'1"	8'9"	8'9"
Ángulo de descarga a levantamiento y descarga plenos, en topes	grados	51,2	51,2	51,2	50,5	50,5	50,5

Guía de selección de cucharones con pasador



5.3 SISTEMAS PRINCIPALES DEL CARGADOR 938H

5.3.1. Motor. El cargador de ruedas Caterpillar 938H está equipado con un motor C6.6 ACERT Cat. El motor C6.6 Cat es un motor de seis cilindros en línea y una cilindrada de 6,6 litros (403 pulg³). El motor C6.6 usa tecnología ACERT, una serie de innovaciones diseñadas por Caterpillar que proporcionan control electrónico avanzado, precisión en la entrega de combustible y administración de aire refinada, lo que resulta en excelente rendimiento y bajos niveles de emisiones.

Figura 15. Motor del cargador de ruedas Caterpillar 938 H.



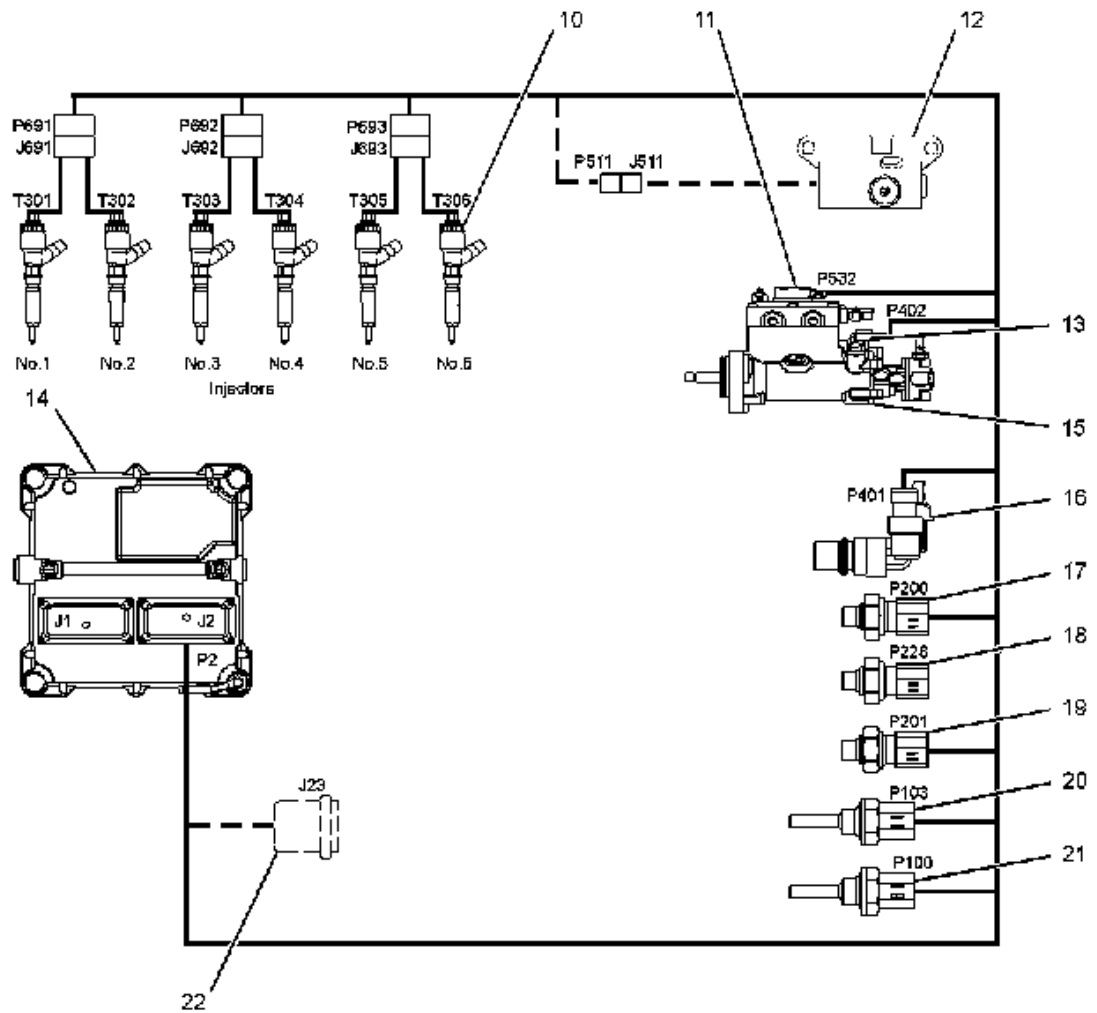
Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: http://www.cat.com/es_ES/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-engines-lesser-regulated-non-regulated/18392109.html

5.3.1.1 Control Electrónico ADEM A4. El Módulo de Control Electrónico – Administración Avanzada de Motores Diesel hace seguimiento continuo a las condiciones y funciones más importantes del motor. Éste usa sensores en todo el motor para regular la entrega de combustible y hacer seguimiento a todos los demás sistemas del motor que requieren entradas, para administrar la carga y el rendimiento. El control ADEM A4 es el centro fundamental del que depende la capacidad de respuesta, autodiagnóstico, economía de combustible y control de emisiones.

El sistema de control electrónico tiene los siguientes componentes:

- ECM
- Sensores de presión
- Sensores de temperatura
- Sensor de posición del cigüeñal
- Sensor de posición secundario
- El solenoide de la bomba de inyección de combustible
- Solenoide de la válvula de descarga de los gases de escape
- Inyectores unitarios electrónicos

Figura 16. Componentes del sistema de control electrónico.

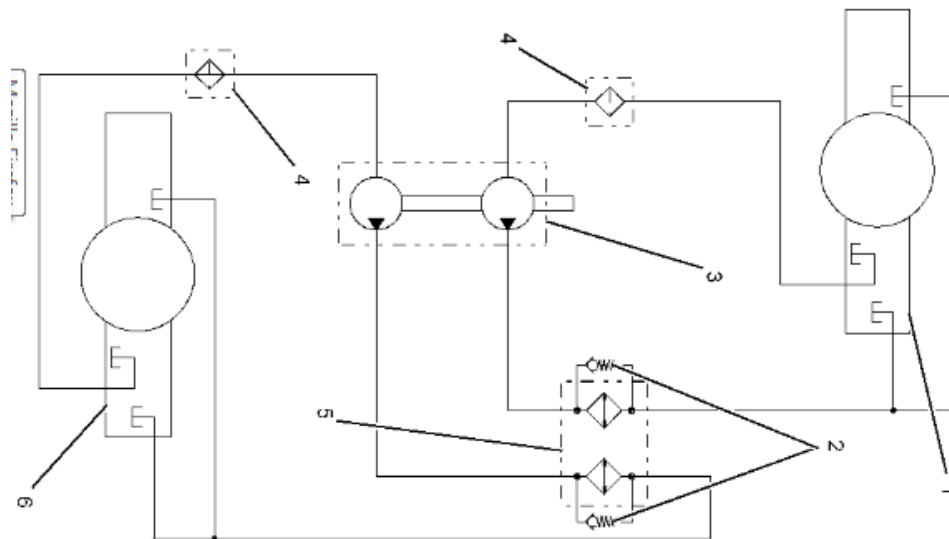


Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

5.3.1.2 Admisión de aire. La administración de aire es un concepto clave para optimizar el rendimiento del motor y el control de emisiones. Los motores deben obtener aire frío y limpio para tener un buen rendimiento. Para ayudar en este proceso, el motor C6.6 utiliza un turbocompresor equipado con válvula de derivación de gases de escape inteligente para un control preciso y fiable de la presión de refuerzo.

Un nuevo diseño de flujo cruzado en la culata facilita el movimiento del aire, mientras que los espacios libres más pequeños entre el pistón y la pared del cilindro reducen los gases que pasan de la cámara de combustión al cárter.

Figura 17. Operación del sistema de enfriamiento y de los enfriadores de aceite.



Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

El sistema del enfriador de aceite del eje consta de los siguientes componentes: eje trasero (1), válvula de retención de derivación (2), bomba y motor del enfriador de

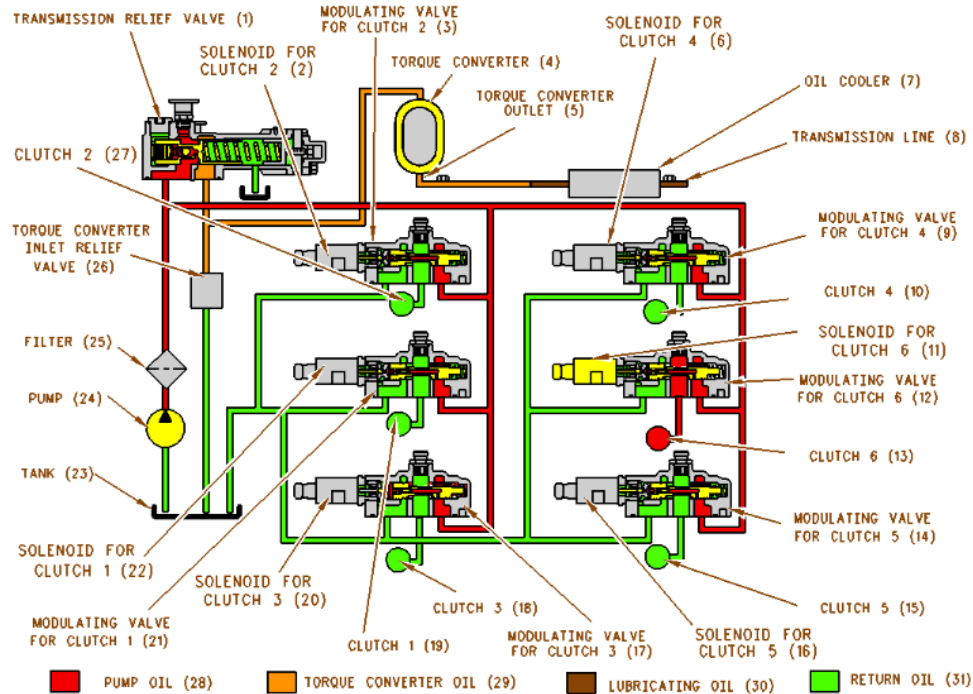
aceite del eje (3), rejilla (4), enfriador de aceite del eje (5) y eje delantero (6). El enfriador de aceite del eje se instala solamente con doble frenos de disco.

5.3.1.3 Sistema de combustible. Mediante la entrega de combustible de inyección múltiple, el combustible ingresa en la cámara de combustión en una serie de micro explosiones, controladas de manera precisa. Este método de inyección de combustible permite ajustar el ciclo de combustión con gran precisión y reducir los niveles de ruido del motor.

5.3.2 Tren de potencia

5.3.2.1 Servo transmisión. El 938H usa la tecnología de servo transmisión probada en series anteriores. La servo transmisión de contra eje tiene componentes de servicio pesado para trabajar en las aplicaciones más rigurosas. Controles electrónicos integrados que aumentan la productividad y la durabilidad.

Figura 18. Sistema hidráulico de la transmisión.

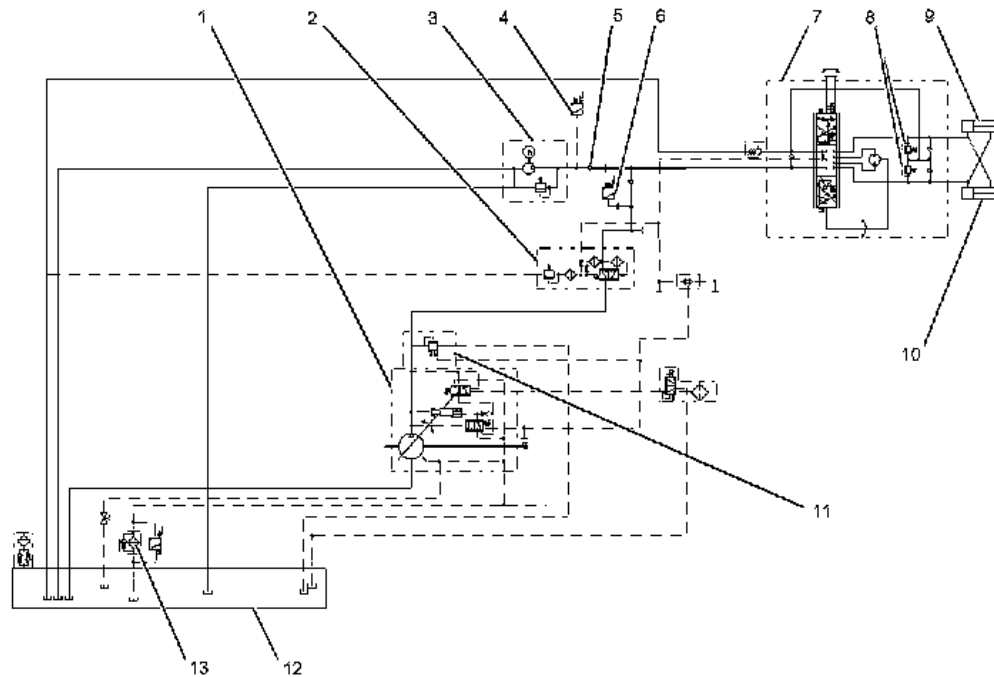


Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

5.3.3 Dirección. El sistema hidráulico del sistema de dirección consta de los siguientes:

(1) Bomba del implemento y dirección, (2) Válvula de prioridad de la dirección, (3) Bomba de la dirección secundaria y motor eléctrico, (4) Interruptor de presión de la dirección secundaria, (5) Válvula de retención de la dirección secundaria, (6) Interruptor principal de presión de la dirección, (7) Bomba dosificadora de la dirección, (8) Válvula de alivio de cruce de la dirección, (9) Cilindro de dirección del lado izquierdo, (10) Cilindro de dirección del lado derecho, (11) Múltiple de control para el alivio de margen, (12) Tanque de aceite hidráulico, (13) Filtro de drenaje de la caja de la bomba.

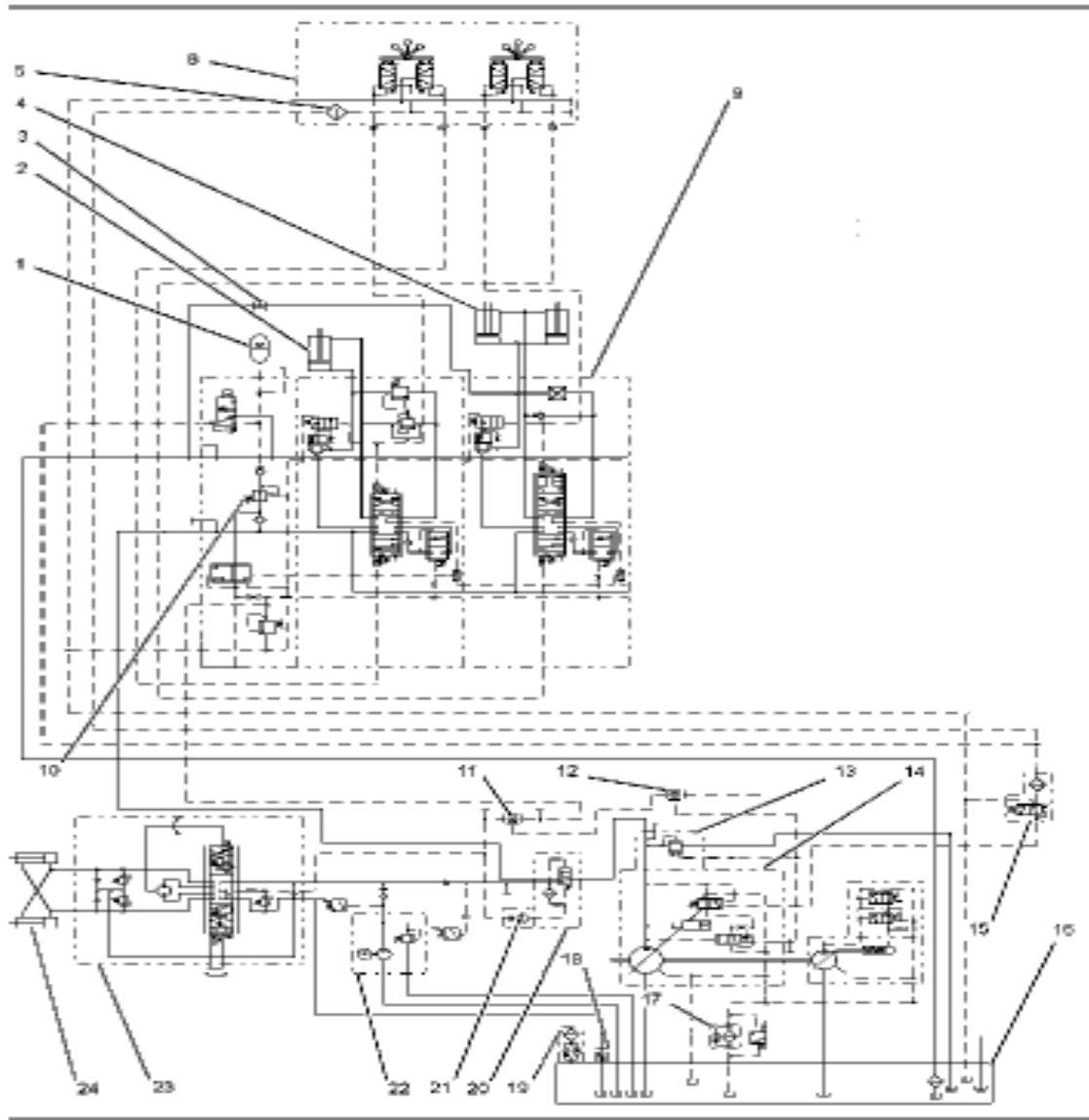
Figura 19. Sistema hidráulico del sistema de dirección.



Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

5.3.4 Sistema hidráulico. El sistema hidráulico consta de los siguientes componentes Acumulador del piloto (2) Cilindro de inclinación (3) Grupo de válvula de bola (bajada con motor inoperante) (4) Cilindro de levantamiento (5) Rejilla (6) Válvula de control piloto (9) Válvula de control principal (10) Válvula de reducción de presión del aceite piloto (11) Válvula de lanzadera (12) Válvula de lanzadera (13) Válvula de alivio de margen (14) Bomba de pistones (15) Válvula de control de potencia (16) Tanque hidráulico (17) Filtro de aceite (drenaje de la caja) (18) Válvula de retención (19) Válvula de alivio (20) Válvula de prioridad de la dirección (21) Rejilla (22) Bomba de la dirección secundaria (23) Dirección (HMU) (24) Cilindro de la dirección.

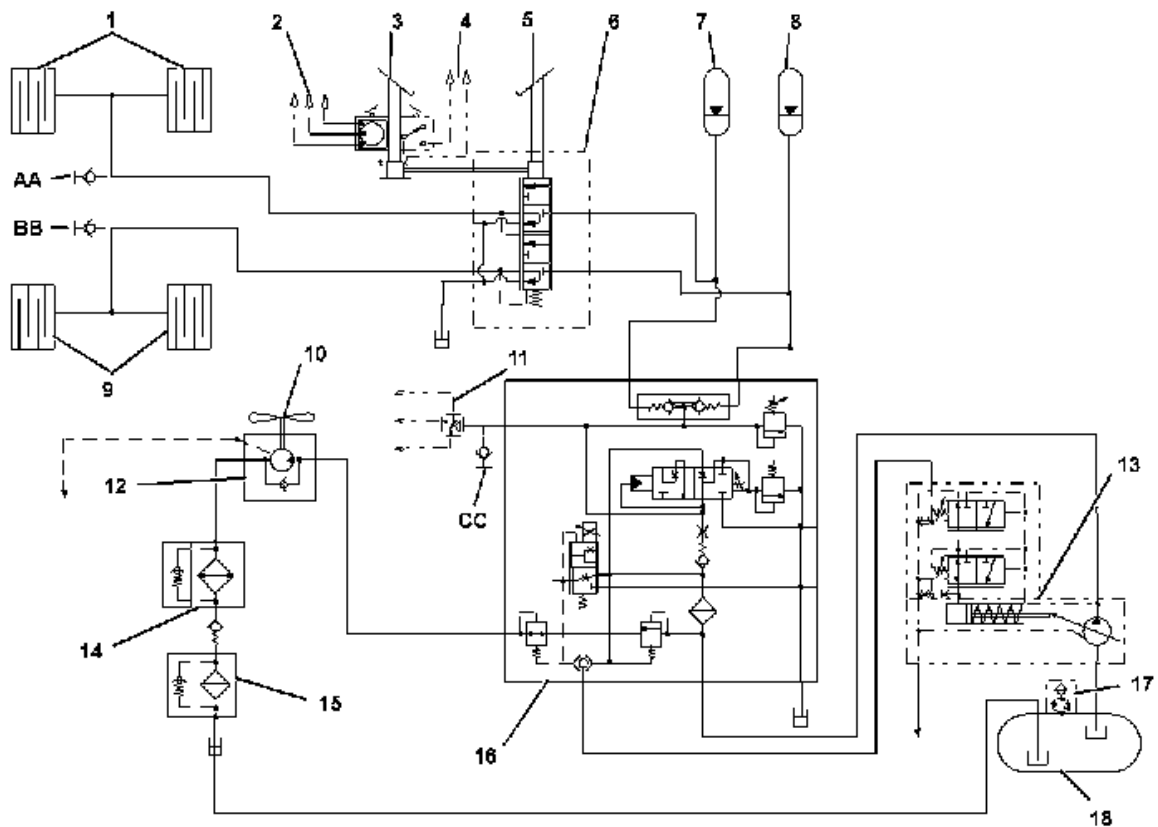
Figura 20. Sistema hidráulico.



Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

5.3.5 Sistema de frenos. El freno y sistema de mando del ventilador proporciona aceite al sistema de carga del freno y el mando del ventilador. El sistema de freno y mando de ventilador también hace circular el aceite al enfriador para enfriar el aceite del sistema hidráulico. En el sistema de mando del freno y del ventilador también hace circular aceite a través del filtro hidráulico.

Figura 21. Sistema de frenos.



Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

El sistema de frenos consta de los siguientes componentes (1) Frenos de servicio traseros, (2) Cables al módulo de control electrónico de la transmisión, (3) Pedal de freno izquierdo, (4) Cables a las luces de parada, (5) Pedal derecho del freno, (6)

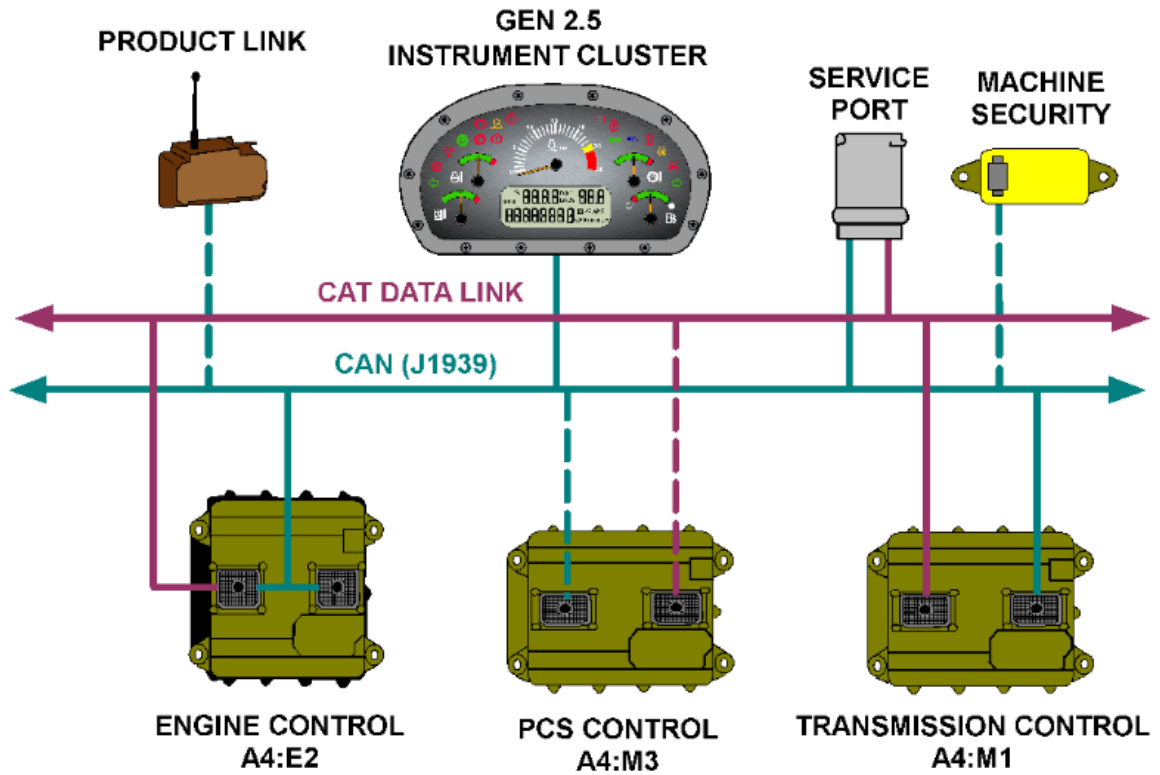
Válvula de control del freno de servicio, (7) Acumulador de los frenos de servicio traseros, (8) Acumulador de los frenos de servicio delanteros, (9) Frenos de servicio delanteros, (10) Ventilador, (11) Interruptor de presión del aceite del freno, (12) Motor de engranajes, (13) Bomba de pistones, (14) Enfriador de aceite hidráulico, (15) Filtro del aceite hidráulico, (16) Múltiple de control, (17) Válvula de alivio, (18) Tanque hidráulico.

5.3.6 El sistema monitor. El Sistema Monitor de la máquina vigila continuamente todos los sistemas de la máquina. Se utilizan los siguientes enlaces de comunicación:

5.3.6.1 Enlace de datos Cat. El enlace de datos bifilar permite una comunicación bidireccional al ECM (Electronic Control Module, Módulo de control electrónico) de la transmisión. Este enlace de datos también permite la comunicación entre los ECM de la transmisión y del motor y el Técnico Electrónico.

5.3.6.2 Enlace de datos CAN SAE J1939. Este enlace de datos bifilar permite una comunicación bidireccional entre el ECM de la transmisión y el grupo de instrumentos. El enlace de datos permite la comunicación bidireccional entre el ECM de Product Link y la antena.

Figura 22. Sistema monitor.



Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

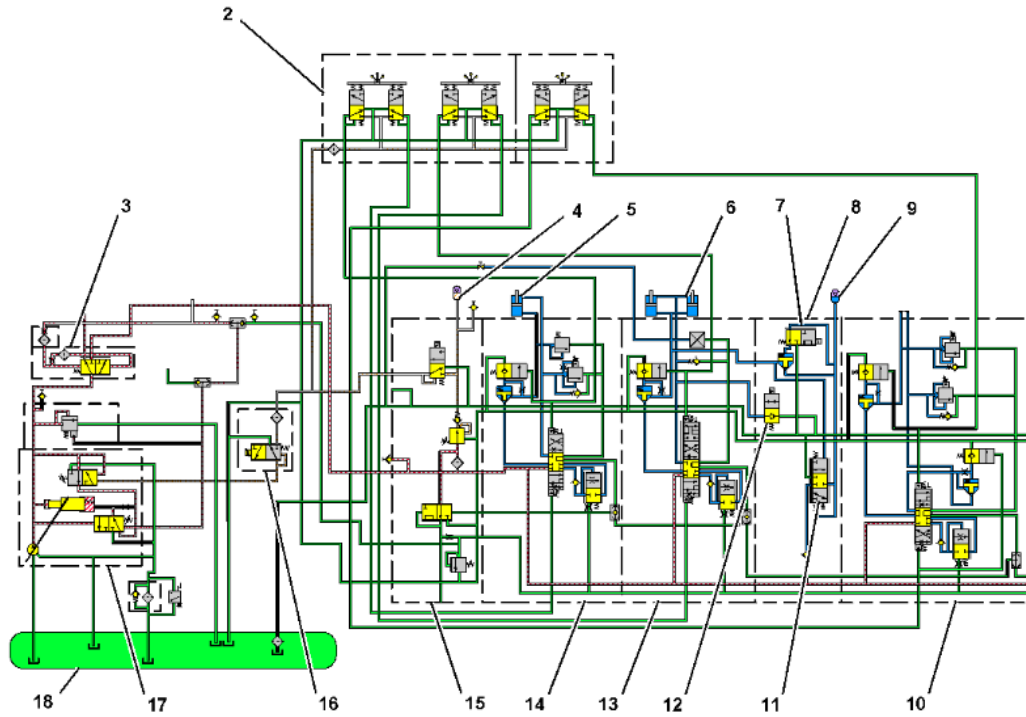
5.3.7 Estructural. El diseño de bastidor articulado del 938H se caracteriza por tener un bastidor para el motor de plancha resistente y una torre de cargador de dos planchas con soldadura robótica. La soldadura robótica crea uniones del bastidor con soldaduras de penetración profunda en las planchas y una fusión excelente para lograr una resistencia y durabilidad máximas.

5.3.7.1 Bastidor del Extremo del Motor (EEF). El 938H usa un bastidor del extremo del motor de plancha sólida, probado, que proporciona una estructura rígida y fuerte que resiste la torsión y distribuye uniformemente las cargas de impacto. El resultado es una plataforma de montaje extremadamente fuerte para el motor, la transmisión, el eje, la estructura ROPS y otros accesorios.

5.3.8. Sistema de control de amortiguación. El sistema de control de amortiguación amortigua durante el desplazamiento de la máquina. Cuando el interruptor de control de amortiguación (1) está oprimido hacia adelante se envía una señal al ECM de la transmisión/chasis. La señal activa la modalidad de control de amortiguación AUTOMÁTICA. El sistema de control de amortiguación se activará automáticamente si la velocidad de desplazamiento es superior a 9,6 km/h (6 mph).

Este sistema consta de los siguientes componentes: (2) Válvulas piloto, (3) Válvula de prioridad de la dirección, (4) Acumulador de aceite piloto, (5) Cilindro de inclinación, (6) Cilindros de levantamiento, (7) Solenoide de parte delantera, (8) Válvula de control de amortiguación, (9) Acumulador de control de amortiguación, (10) Tercera válvula auxiliar, (11) Válvula de lanzadera, (12) Solenoide de extremo de varilla, (13) Válvula de control del implemento (levantamiento), (14) Válvula de control del implemento (inclinación), (15) Múltiple de admisión, (16) Válvula de control de potencia, (17) Bomba del implemento y de la dirección, (18) Tanque hidráulico.

Figura 23. Sistema de control de amortiguación.



Fuente: CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: [http:// sis.cat.com](http://sis.cat.com)

6. ESTADO ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA

Para el desarrollo de la gestión de mantenimiento, la SPRB y su grupo de empresas, utilizan como medio de programación para las actividades de mantenimiento el modulo PM del software SAP, con el cual se lleva a cabo el control del proceso y la definición de operaciones (o tareas), la adquisición de materiales, asignación de recursos humanos y contratación de servicios externos a cada equipo a través de las órdenes de mantenimiento.

Para desarrollar la gestión de mantenimiento de SPRB y su grupo de empresas se ha organizado la administración en siete (7) grupos de planificación:

Tabla 6. Grupos Planificadores del área de mantenimiento.

DENOMINACION	SUFIJO SAP	CLASE DE EQUIPOS
Automotriz	AUT	Vehículos livianos, motocicletas, barredora, vibro-compactador
Cargadores & Elevadores	C&E	Cargadores frontales sobre ruedas, excavadoras, elevadores de uña, pallets Jack.
Eléctrico	ELE	Sistema eléctrico en Media y Baja Tensión y regulada. Plantas eléctricas, Torres de iluminación portátiles y Power-pack
Gráneles & equipo fijo	G&F	Sistemas automatizados para manejo de granel en bodegas, bandas transportadoras móviles, tolvas, cucharas, carpadores, spreaders mecánicos
Grúas	GRU	Grúas móviles portuarias con sus aparejos

Plataformas & tracto-camiones	P&5	Tracto-camiones, bombcarts y plataformas
Straddles & reach stacker	S&R	Straddles carrier, reach stacker, stacker y man lift.

Para cada grupo de planificación existe un coordinador responsable de gestionar los mantenimientos.

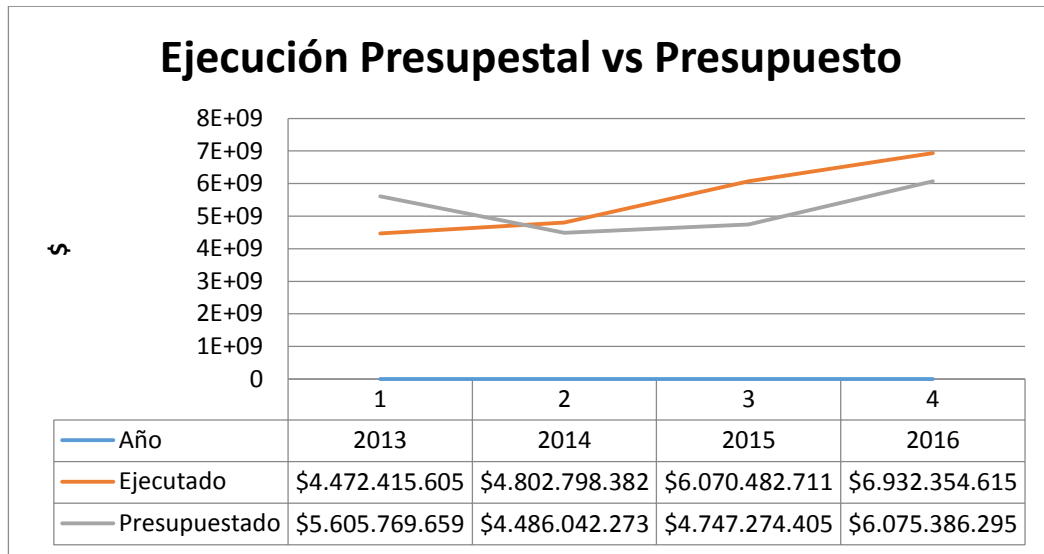
6.1 GASTOS DE MANTENIMIENTO

Tabla 7. Ejecución Presupuestal del 2013 hasta 2016.

Año	Ejecutado	Presupuestado
2013	\$ 4.472.415.605,00	\$ 5.605.769.659,00
2014	\$ 4.802.798.382,00	\$ 4.486.042.273,00
2015	\$ 6.070.482.711,00	\$ 4.747.274.405,00
2016	\$ 6.932.354.615,00	\$ 6.075.386.295,00

Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA. Informe del departamento financiero. Barranquilla: La Compañía, 2017.

Figura 24. Ejecución Presupuestal vs Presupuestos.



Fuente: SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA. Informe del departamento financiero. Barranquilla: La Compañía, 2017.

6.2 EQUIPOS QUE INTERVIENE EL AREA DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento del puerto de barranquilla actualmente tiene 223 Equipos Portuarios con programa de mantenimiento clasificados en la tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de equipos portuarios de SPRB.

TIPOS DE EQUIPOS	CANTIDAD
Cargadores & Elevadores	83
Eléctrico	
Gráneles & equipo fijo	42
Grúas	21
Plataformas & tracto-camiones	58
Straddles & reach stacker	19

Tabla 9. Listado de equipos de mantenimiento.

EQUIPOS PORTUARIOS				
SOCIEDAD	MARCA	N° SPRB	TIPO EQ	CAP (TON)
SPRB	KALMAR	ED 2502	ELEVADORES GIGANTES	25
GRP	TAYLOR	ED 2001	ELEVADORES GIGANTES	20
SPRB	HYUNDAI	ED-1614	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	HYUNDAI	ED-1613	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	HYUNDAI	ED-1612	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	HYUNDAI	ED-1611	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	TAYLOR	ED-1610	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	TAYLOR	ED-1609	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	TAYLOR	ED-1608	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	KALMAR	ED 1607	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	KALMAR	ED 1606	ELEVADORES (7-16 TON)	16
SPRB	TAYLOR	ED 1605	ELEVADORES (7-16 TON)	16
GRP	KALMAR	ED 1603	ELEVADORES (7-16 TON)	16
OSI	HYSTER	ED 1601	ELEVADORES (7-16 TON)	16
GRP	KALMAR	ED 1501	ELEVADORES (7-16 TON)	15
SPRB	HYUNDAI	ED-1103	ELEVADORES (7-16 TON)	11
SPRB	HYUNDAI	ED-1102	ELEVADORES (7-16 TON)	11
SPRB	HYUNDAI	ED-1101	ELEVADORES (7-16 TON)	11
SPRB	KALMAR	ED-1001	ELEVADORES (7-16 TON)	10
SPRB	KALMAR	ED 0905	ELEVADORES (7-16 TON)	9
SPRB	KALMAR	ED 0904	ELEVADORES (7-16 TON)	9
SPRB	HYUNDAI	ED-0709	ELEVADORES (7-16 TON)	7
SPRB	HYUNDAI	ED 0708	ELEVADORES (7-16 TON)	7
SPRB	HYUNDAI	ED 0707	ELEVADORES (7-16 TON)	7
SPRB	HYUNDAI	ED 0706	ELEVADORES (7-16 TON)	7

EQUIPOS PORTUARIOS				
SOCIEDAD	MARCA	N° SPRB	TIPO EQ	CAP (TON)
OSI	CAT	E 326	CARGADORES	4 m3
SPRB	CAT	E 340	CARGADORES	2,3 m3
SPRB	CAT	E 341	CARGADORES	2,7 m3
SPRB	CAT	E 342	CARGADORES	2,7 m3
SPRB	CAT	E 343	CARGADORES	2,7 m3
SPRB	CAT	E-345	CARGADORES	3.8 m3
SPRB	CAT	E-346	CARGADORES	3.1 m3
SPRB	CAT	E-348	CARGADORES	3.1 m3
SPRB	CAT	E-349	CARGADORES	3.1 m3
SPRG	CAT	E-350	CARGADORES	3.8 m3
SPRG	CAT	E-351	CARGADORES	3.8 m3
SPRB	CAT	E-352	CARGADORES	3.8 m3
OSI	HYUNDAI	E-353	CARGADORES	5 m3
SPRB	HYUNDAI	E-354	CARGADORES	5 m3
GRP	HYUNDAI	ED-0503	ELEVADOR (3 A 5 TON)	5
GRP	HYUNDAI	ED-0502	ELEVADOR (3 A 5 TON)	5
GRP	HYUNDAI	ED-0407	ELEVADOR (3 A 5 TON)	4
GRP	HYUNDAI	ED-0406	ELEVADOR (3 A 5 TON)	4
SPRB	HYUNDAI	ED-0338	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0320	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0321	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0322	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0323	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0324	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0325	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0326	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0327	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0328	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0329	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0330	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0331	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0332	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0333	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYUNDAI	ED-0334	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
GRP	HYUNDAI	ED-0335	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
GRP	HYUNDAI	ED-0336	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
GRP	HYUNDAI	ED-0337	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	CAT	ED-0339	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	CAT	ED-0340	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	CAT	ED-0341	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	CAT	ED-0342	ELEVADOR (3 A 5 TON)	3
SPRB	HYSTER	r Eléctrico Hyster	ELEVADOR (3 A 5 TON)	2
SPRB	HYSTER	r Eléctrico Hyster	ELEVADOR (3 A 5 TON)	2
SPRB	HYSTER	r Eléctrico Hyster	ELEVADOR (3 A 5 TON)	2
SPRB	TOYOTA	E 330	ELEVADOR (3 A 5 TON)	2
SPRB	CAT	E 338	EXCAVADORAS	1,9 m3
SPRB	CAT	E-344	RETROEXCAVADORA	0,96 m3
SPRB	CAT	E-339	EXCAVADORAS	0,75 m3
OSI	CAT	E-356	EXCAVADORAS	1,2 m3
SPRB	CAT	E-347	EXCAVADORAS	1,2 m3
SPRB	BOBCAT	E-128	BOBCAT	0,33 m3
SPRB	BOBCAT	E-150	BOBCAT	0,33 m3
SPRB	BOBCAT	E-277	BOBCAT	0,33 m3
SPRB	BOBCAT	E-278	BOBCAT	0,33 m3
SPRB	BOBCAT	E-279	BOBCAT	1 m3
SPRG	BOBCAT	E-280	BOBCAT	1 m3

EQUIPOS PORTUARIOS				
SOCIEDAD	MARCA	N° SPRB	TIPO EQ	CAP (TON)
SPRB	GOTWALD	G-80	GRUAS	104 TON
SPRB	GOTWALD	G-81	GRUAS	104 TON
SPRB	LIEBHERR	G-82	GRUAS	140 TON
SPRB	LIEBHERR	G-83	GRUAS	140 TON
SPRB		S80-01	MANLIFT	
SPRB		S-125	MANLIFT	
SPRB		JLG-120XJ	MANLIFT	
SPRB		JLG-600AJ	MANLIFT	
SPRB	KALMAR	RSD 4007	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	KALMAR	RSD 4008	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TAYLOR	RSD 4009	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4010	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4011	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4012	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4013	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TAYLOR	RSD 4017	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TAYLOR	RSD 4018	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4020	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4021	REACH STACKER LLENOS	45 TON
SPRB	TEREX	RSD 4022	REACH STACKER LLENOS	45 TON
GRP	KALMAR	RSV 1001	REACH DE VACIOS	10 TON
SPRB	TEREX	RSV 1002	REACH DE VACIOS	10 TON
SPRB	TAYLOR	FSV 0701	FRONTAL DE VACIOS	07 TON
SPRB	TEREX	FSV 0801	FRONTAL DE VACIOS	08 TON
SPRB	KALMAR	SCS 5001	STRADDLE CARRIER	45 TON
SPRB	KALMAR	SCS 5002	STRADDLE CARRIER	45 TON
SPRB	KALMAR	SCS 5003	STRADDLE CARRIER	45 TON
SPRB	KALMAR	C-01	TRACTOCAMIONES	81000 LB
SPRB	KALMAR	C-03	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-04	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-05	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-06	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-07	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-08	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-09	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-10	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-11	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-12	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-13	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-14	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-15	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-16	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-17	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-18	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-19	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-20	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-21	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-22	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-23	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-24	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-25	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	KALMAR	C-26	TRACTOCAMIONES	81000LB
SPRB	MARTEC	1	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	2	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	3	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	6	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	8	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	9	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	12	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	13	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	14	BOMBCART	75 TON
SPRB	MARTEC	15	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	16	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	17	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	18	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	19	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	20	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	21	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	22	BOMBCART	75 TON
SPRB	NOVATECH	23	BOMBCART	75 TON

6.3 ANALISIS DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO DE LOS CARGADORES 938H

6.3.1 Indicadores de desempeño de la flota de cargadores 938H. Se maneja en la gestión de mantenimiento el indicador de disponibilidad donde se registra el estado de cada objeto de mantenimiento en cada hora del día en una tabla en Excel compartida con los grupos de planificación y operaciones.

El objeto puede encontrarse en uno de tres (3) estados:

1. Disponible, se marca el estado con la letra “D” y representa que el objeto se encuentra disponible para ser utilizado para las operaciones portuarias.
2. Fuera de servicio, se marca el estado con la letra “F” y representa que el objeto se encuentra bajo un mantenimiento correctivo.
3. En mantenimiento, se marca con la letra “M” y representa que el objeto se encuentra bajo un mantenimiento preventivo o predictivo.
4. Equipos en operación, se marca la letra O representa que el equipo está en la operación.
5. Fallos en la Operación, se marca la letra FO que representa la que el equipo fallo durante la operación.

Tabla 10. Cuadro de disponibilidad de los equipos Portuarios.

			% Disponibilidad Equipos												% Grupos Tipos de Equipos									
TIPO EQUIPO	DENOMIN EQUIPO N° IDE	No. SPRB	18	19	20	21	22	23	24	D	M	O	FO	%D	%M	%F	O	FO	D	M	F	O	FO	
CARGADORES	938G	E 340	F	F	F	F	F	F	F	0	0	24	0	0	0%	0%	100%	0%	0%	62%	0%	38%	0%	0%
	950G	E 341	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%							
	950G	E 342	F	F	F	F	F	F	0	0	24	0	0	0%	0%	100%	0%	0%						
	950G	E 343	F	F	F	F	F	F	0	0	24	0	0	0%	0%	100%	0%	0%						
	938H	E 345	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%							
	950H	E 346	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%							
	950H	E 348	D	D	D	D	D	D	15	9	0	0	63%	0%	38%	0%	0%							
	950H	E 349	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%							
	938H	E 350	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%							
	938H	E 351	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%							
938H	E 352	D	D	D	D	D	D	24	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%								

En el software SAP se lleva la información de todos los paros de los equipos realizando una orden de mantenimiento.

Figura 25. Ejemplo de muestreo del uso del software SAP.

Modificar Orden de Mantenimiento Preventivo SPRB 12000010109: Cabecera

Orden: SP02 12000010109 E-352 RESERVA: Cambio de sensor nivel de combustible

E-352 RESERVA: Cambio de sensor nivel de combustible

Stat.sist.: CTEC IMPR EDET MACO MOVN NLIQ PREC

Responsable

Gpo.plan.: CsE / 1100 Cargador&Elevador Aviso:

Rs.pto.tr.: COOMEKAN / 1100 Coordinador Meca... Costes: 0 COP

Empleado r... Cl.actv.PM: 015 Reserva

Estad.Instal: 1 En funcionamien

Dirección:

Fechas

Inic.extr.: 15.02.2017 Prioridad: 1 1- Alto

Fin extr.: 16.02.2017 Revisión:

Inic.prog.: 16.02.2017 07:30 Inic.real: 00:00 Desplazar orden

6.3.2 Disponibilidad. El comportamiento de la disponibilidad para el periodo comprendido del 2015 al 2017 estuvo por debajo de la meta del 80%, por tal razón la operación de granel del puerto de Barranquilla perdiendo así la capacidad de operación.

Se tomó una muestra a partir del 2013 comparando con los horómetros de los equipos para revisar el comportamiento del equipo a medida que va envejeciendo sus componentes.

Figura 26. Gráfica de Disponibilidad Vs Horómetro.cargador E-352.

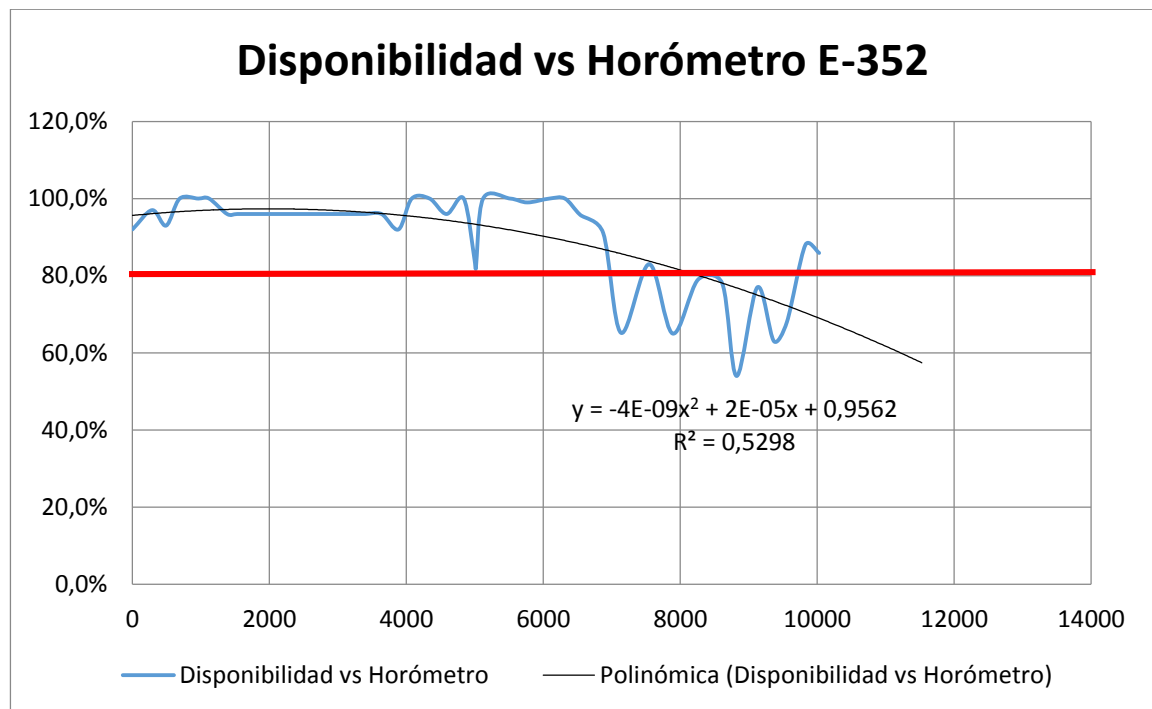


Tabla 11. Datos de Disponibilidad y horómetros Cargador E-352

EQUIPO	E-352	
MES	DISPONIBILIDAD	HOROMETRO FINAL
mayo 13	92,0%	0
agosto 13	97,0%	287,9
septiembre 13	93,0%	492,4
octubre 13	100,0%	690
noviembre 13	100,0%	961,8
diciembre 13	100,0%	1119,2
enero 14	96,0%	1382,7
febrero 14	96,0%	1531,3
marzo 14	96,0%	1825,6
abril 14	96,0%	2003,6
mayo 14	96,0%	2296,1
junio 14	96,0%	2484,2
julio 14	96,0%	2715,6
agosto 14	96,0%	2859,8
septiembre 14	96,0%	3060
octubre 14	96,0%	3278,6
noviembre 14	96,0%	3400,3
diciembre 14	96,0%	3638
enero 15	92,0%	3886
febrero 15	100,0%	4079,1
marzo 15	100,0%	4340
abril 15	96,0%	4587,6
mayo 15	100,0%	4837,8
julio 15	84,0%	4997,1
agosto 15	82,0%	5015,9
septiembre 15	100,0%	5121,1
noviembre 15	100,0%	5516,8
diciembre 15	99,0%	5767,9
enero 16	100,0%	6089,1
febrero 16	100,0%	6315,9
marzo 16	95,8%	6538,3
abril 16	91,1%	6874,4
mayo 16	65,2%	7134,5
junio 16	83,0%	7546,2
julio 16	65,0%	7889,9
septiembre 16	79,0%	8260,2
octubre 16	78,0%	8613,6
noviembre 16	54,0%	8823,7
diciembre 16	77,0%	9126,4
enero 17	63,0%	9369,2
febrero 17	68,0%	9558
marzo 17	88,0%	9828,1
abril 17	85,9%	10028,6

Figura 27. Gráfica de Disponibilidad Vs Horómetro.cargador E-351.

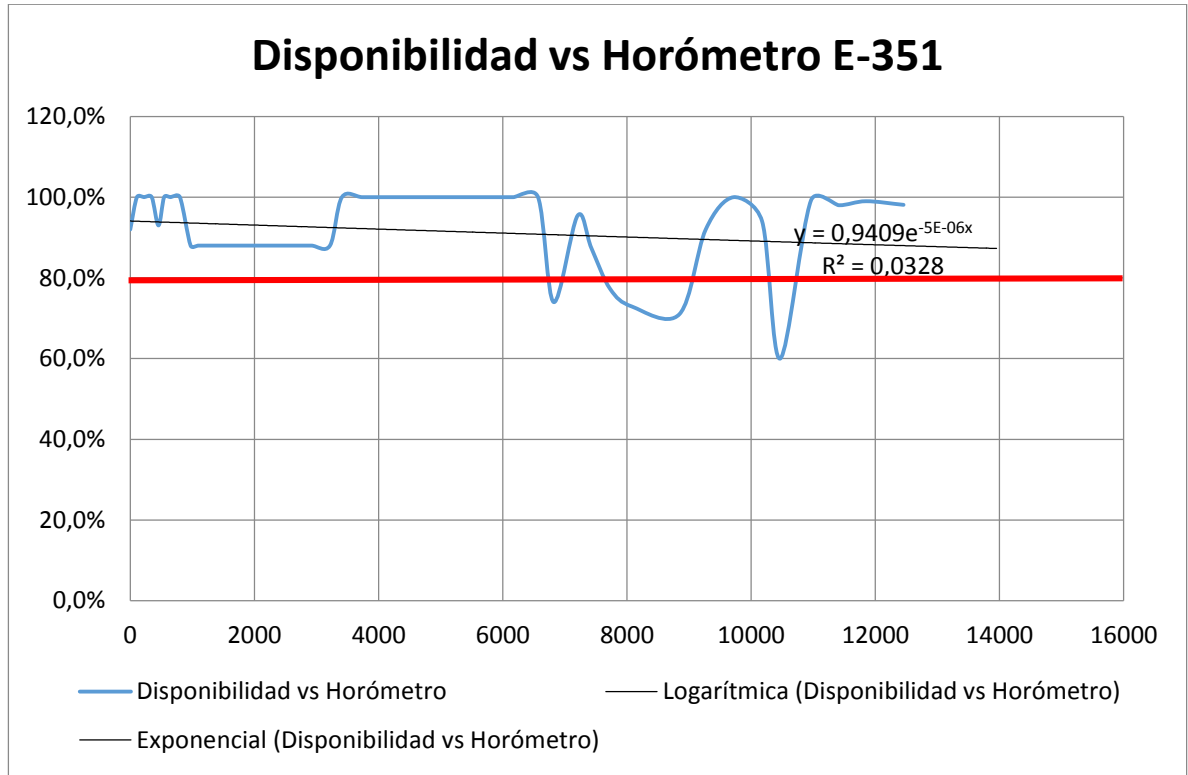


Tabla 12. Datos de Disponibilidad y horómetros Cargador E-351.

EQUIPO	E-351	
MES	DISPONIBILIDAD	HOROMETRO FINAL
mayo 13	92,0%	0
junio 13	100,0%	107,2
julio 13	100,0%	221,9
agosto 13	100,0%	345,6
septiembre 13	93,0%	454,4
octubre 13	100,0%	545
noviembre 13	100,0%	648,3
diciembre 13	100,0%	799,1
enero 14	88,0%	971,9
febrero 14	88,0%	1090

marzo 14	88,0%	1262,2
abril 14	88,0%	1389,3
mayo 14	88,0%	1516,4
junio 14	88,0%	1692,4
julio 14	88,0%	1839
agosto 14	88,0%	2124,4
septiembre 14	88,0%	2393,7
octubre 14	88,0%	2627,5
noviembre 14	88,0%	2916,9
diciembre 14	88,0%	3216,6
enero 15	100,0%	3409,1
febrero 15	100,0%	3738,1
marzo 15	100,0%	4096
abril 15	100,0%	4481,5
mayo 15	100,0%	4933,4
junio 15	100,0%	5258,2
julio 15	100,0%	5608,4
agosto 15	100,0%	5854,4
septiembre 15	100,0%	6167,3
octubre 15	100,0%	6567,6
noviembre 15	74,0%	6819,8
enero 16	95,4%	7203,9
febrero 16	87,4%	7426,6
marzo 16	77,3%	7727,4
abril 16	72,9%	8080,6
julio 16	71,0%	8844,6
agosto 16	92,0%	9268,6
septiembre 16	100,0%	9718,4
octubre 16	94,0%	10177
noviembre 16	60,0%	10467
diciembre 16	99,2%	10964,4
enero 17	98,0%	11413,8
febrero 17	99,0%	11850
abril 17	98,1%	12454,6

Figura 28. Gráfica de Disponibilidad Vs Horómetro.cargador E-350

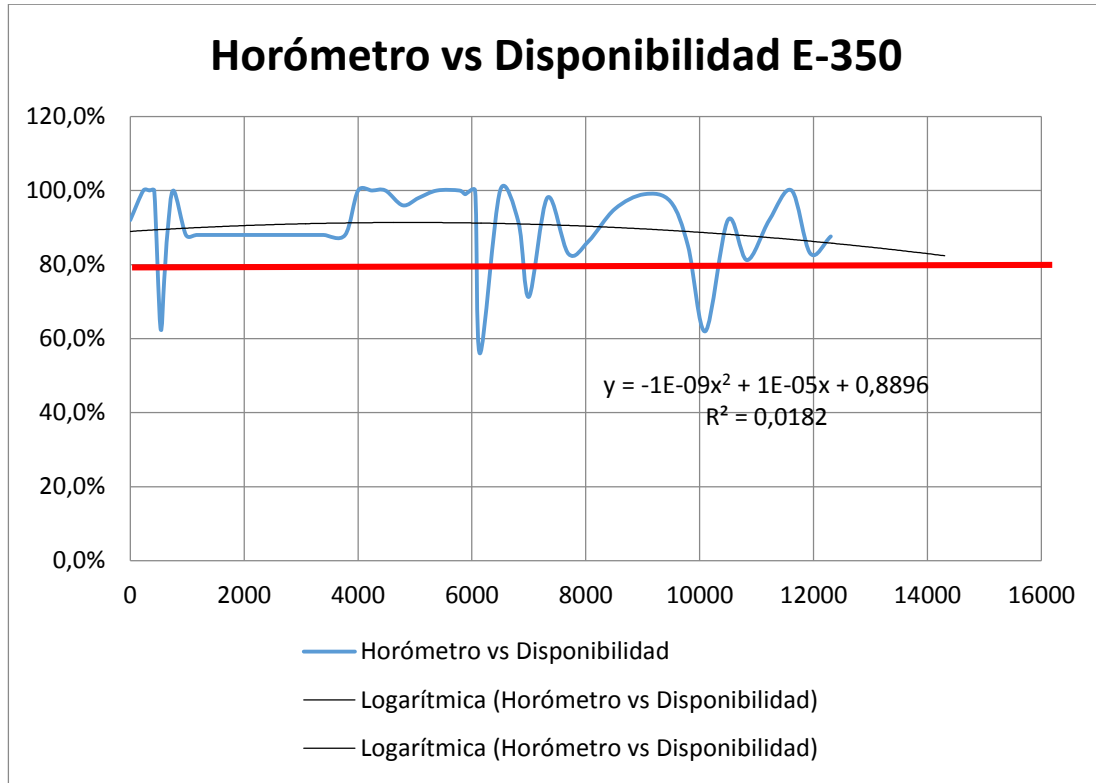


Tabla 13. Datos de Disponibilidad y horómetros, Cargador E-350

E-350	
DISPONIBILIDAD	HOROMETRO FINAL
92,0%	0
100,0%	230
100,0%	339,7
100,0%	421,2
63,0%	529,5
76,0%	596,5
89,0%	655,7
100,0%	758
88,0%	976,9
88,0%	1161,7
88,0%	1432,9

88,0%	1702,6
88,0%	2022,3
88,0%	2233,5
88,0%	2545,7
88,0%	2725
88,0%	2987,9
88,0%	3185,8
88,0%	3392,5
88,0%	3774
100,0%	4001,9
100,0%	4245,4
100,0%	4482
96,0%	4786,4
98,0%	5064,5
100,0%	5385
100,0%	5780,3
99,0%	5888,3
100,0%	6056,4
56,0%	6141,2
100,0%	6495,9
91,4%	6818,8
71,3%	7001,3
98,1%	7327,5
82,9%	7695,6
86,3%	8048,4
95,0%	8509,3
99,0%	9026
97,0%	9488,4
85,0%	9796,2
62,0%	10101,4
92,0%	10495,4
81,2%	10831,4
92,0%	11222,5
100,0%	11616
83,0%	11943,2
87,6%	12303,9

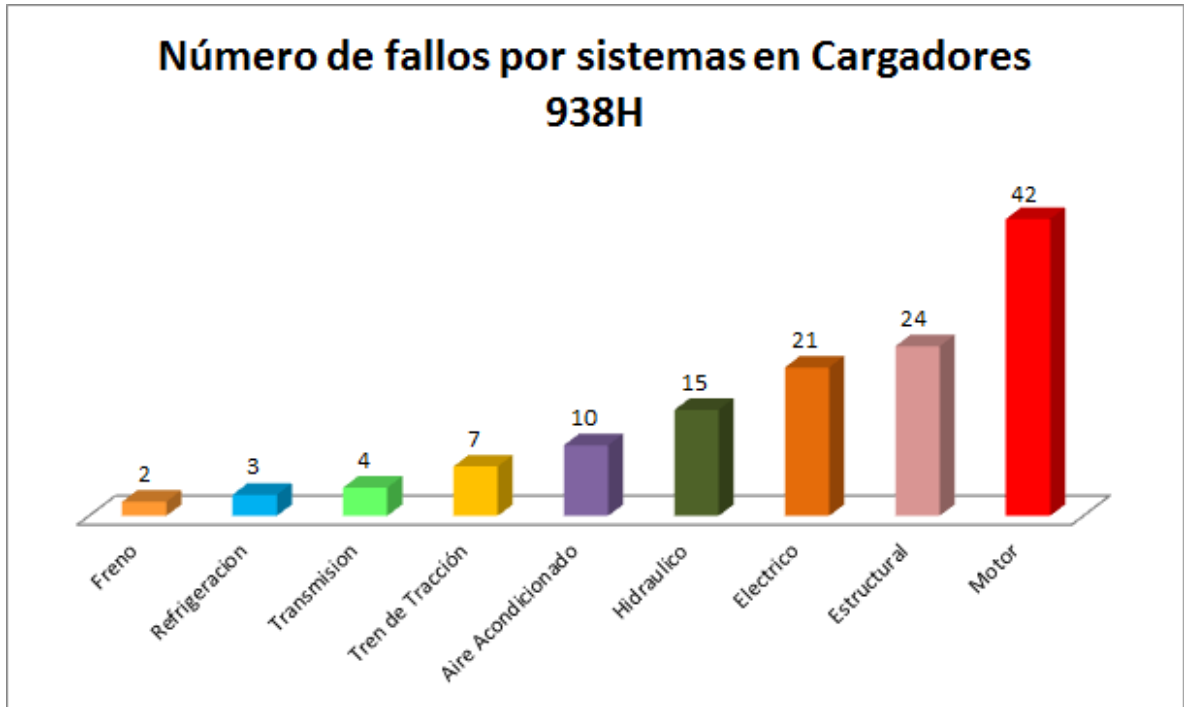
6.3.3 Criticidad. El índice de criticidad de los sistemas de cargadores 938H de acuerdo al número de fallas presentadas en el periodo comprendido de diciembre de 2016 a marzo de 2017.

Al analizar el registro de fallos presentados por los cargadores 938H se encontró cuáles fueron los eventos de falla más repetitivos que afectaron la disponibilidad de la flota y por ende de la operación, dentro de los 128 fallos evaluados 42 fueron de motor lo que equivale al 32.8 % del total de las fallas, 24 fueron de estructura lo que equivale al 18.8% del total de las fallas, 21 fueron de sistema de eléctrico lo que equivale a 16.4%, 15 fueron del sistema hidráulico lo que equivale a 11.7% del total de las fallas, 10 fueron del sistema de aire acondicionado lo que equivale al 7.8%, siendo estos los sistemas con las afectaciones más relevantes dentro del equipo, por lo que si se apunta a que el modelo de mantenimiento se encamine a la reducción de fallos presentados en estos sistemas podríamos mejorar considerablemente la disponibilidad de la flota.

Tabla 14. Estadísticas de Modos de Fallas presentadas en los cargadores 938 H.

Modo de Falla	Total de Fallas	%
Freno	2	1,6%
Refrigeración	3	2,3%
Transmisión	4	3,1%
Tren de Tracción	7	5,5%
Aire Acondicionado	10	7,8%
Hidráulico	15	11,7%
Eléctrico	21	16,4%
Estructural	24	18,8%
Motor	42	32,8%
Total	128	100,0%

Figura 29. Número de fallos por sistemas en Cargadores 938 H.

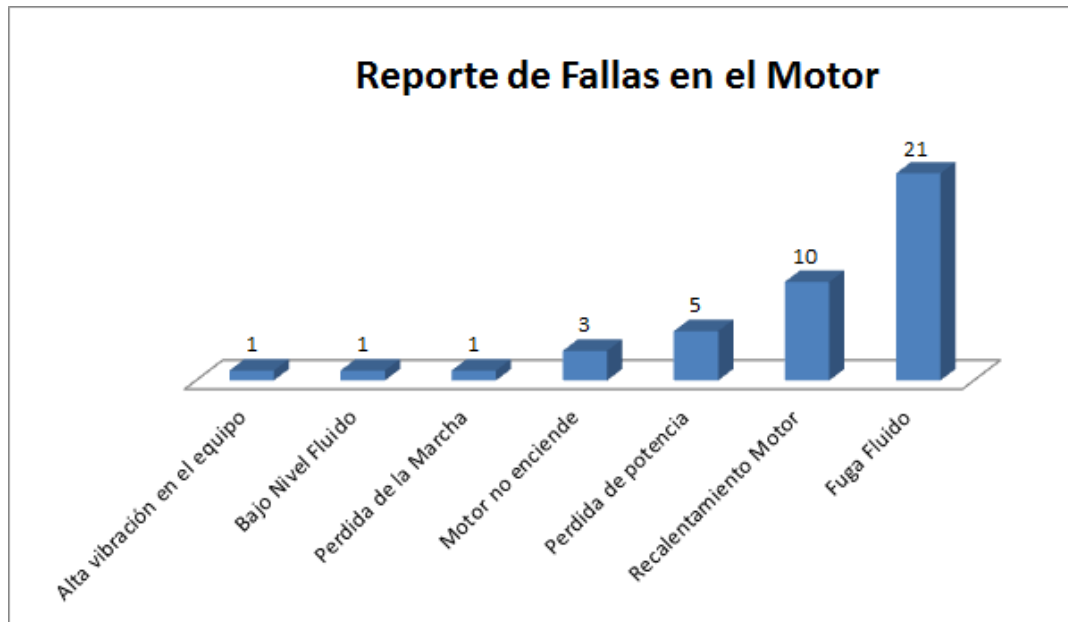


Teniendo en cuenta que la gran mayoría de fallos fueron referentes al motor, se hizo necesario analizar detenidamente para determinar cuáles fueron las fallas más repetitivas dentro del grupo y encontramos que las fugas conforman el 50% de las fallas totales en este sistema, seguido de problemas de alta temperatura con un 23.8% y perdida de potencia con un 11.9%.

Tabla 15. Estadísticas de modos de falla en Motor.

Reporte de Falla en el Motor		
Fallas	N° Eventos	%
Alta vibración en el equipo	1	2,4%
Bajo Nivel Fluido	1	2,4%
Perdida de la Marcha	1	2,4%
Motor no enciende	3	7,1%
Perdida de potencia	5	11,9%
Recalentamiento Motor	10	23,8%
Fuga Fluido	21	50,0%
Total	42	100,0%

Figura 30. Diagrama de Pareto de modos de falla en motor



Los principales fallos del sistema estructural son desgaste de cuchillas por el elevado número de horas de trabajo con un 20.8% del total de las fallas y le sigue con un porcentaje menor pero no menos importante de 16.7% del total de fallas el desgaste de pasadores de balde y cilindros.

Figura 31. Diagrama de Pareto de modos de falla Sistema Estructural.



Tabla 16. Estadísticas de modos de Estructural.

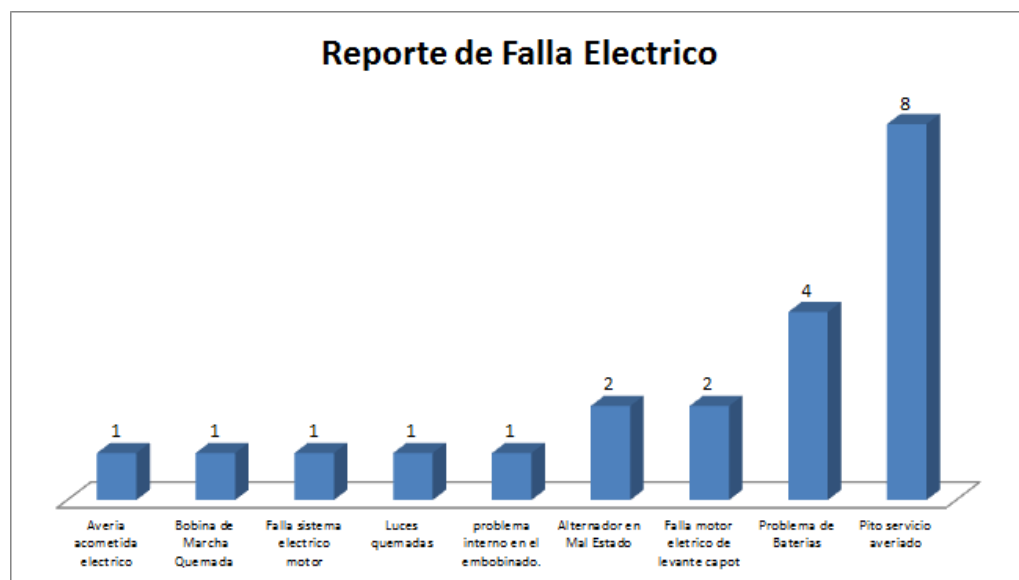
Reporte de Falla Estructural		
Fallas	Nº Eventos	%
Daño en cabina	1	4,2%
Plumilla en mal estado	1	4,2%
Daño base lampara	1	4,2%
Cambio del amortiguador de timón	1	4,2%
Balde averiado	2	8,3%
Vidrio de la Cabina Partidos	2	8,3%
Desgaste pines de la H	2	8,3%
Lavado Profundo	2	8,3%
Bielas Partidas o Seltas	3	12,5%
Desgaste pines del balde	4	16,7%
Cuchilla desgastada	5	20,8%
Total	24	100,0%

Las fallas principales dentro del sistema eléctrico fueron generadas por problemas con el pito de servicio siendo estas el 38.1% del total de las fallas seguido por problema de carga eléctrica referentes con las baterías con un 19% del total de las fallas totales.

Tabla 17. Estadísticas de modos de falla en Sistema Eléctrico

Reporte de Falla Electrico		
Fallas	N° Eventos	%
Averia acometida electrico	1	4,8%
Bobina de Marcha Quemada	1	4,8%
Falla sistema electrico motor	1	4,8%
Luces quemadas	1	4,8%
problema interno en el embobinado.	1	4,8%
Alternador en Mal Estado	2	9,5%
Falla motor eletrico de levante capot	2	9,5%
Problema de Baterias	4	19,0%
Pito servicio averiado	8	38,1%
Total	21	100,0%

Figura 32. Diagrama de Pareto de modos de falla sistema Eléctrico.

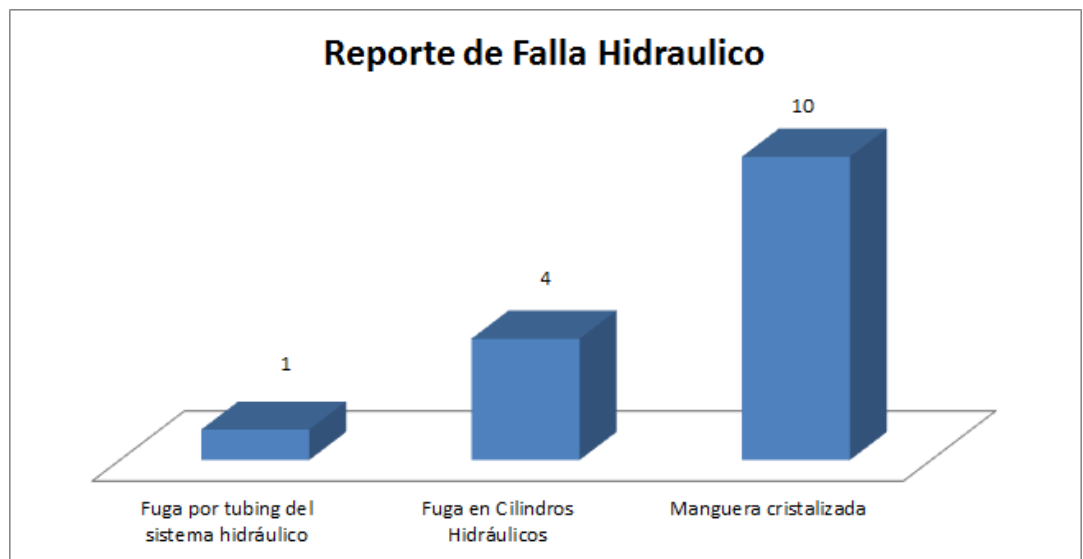


Las fallas en el sistema hidráulico estuvieron relacionadas principalmente con avería en mangueras las cuales conforman el 66,7% del total de las fallas, seguido de fuga en cilindros hidráulicos con el 26,7% del total de las fallas.

Tabla 18. Estadísticas de modos de falla en Sistema Hidráulico..

Reporte de Falla Hidráulico		
Fallas	N° Eventos	%
Fuga por tubing del sistema hidráulico	1	6,7%
Fuga en Cilindros Hidráulicos	4	26,7%
Manguera cristalizada	10	66,7%
Total	15	100,0%

Figura 33. Diagrama de Pareto de modos de falla sistema Hidráulico.

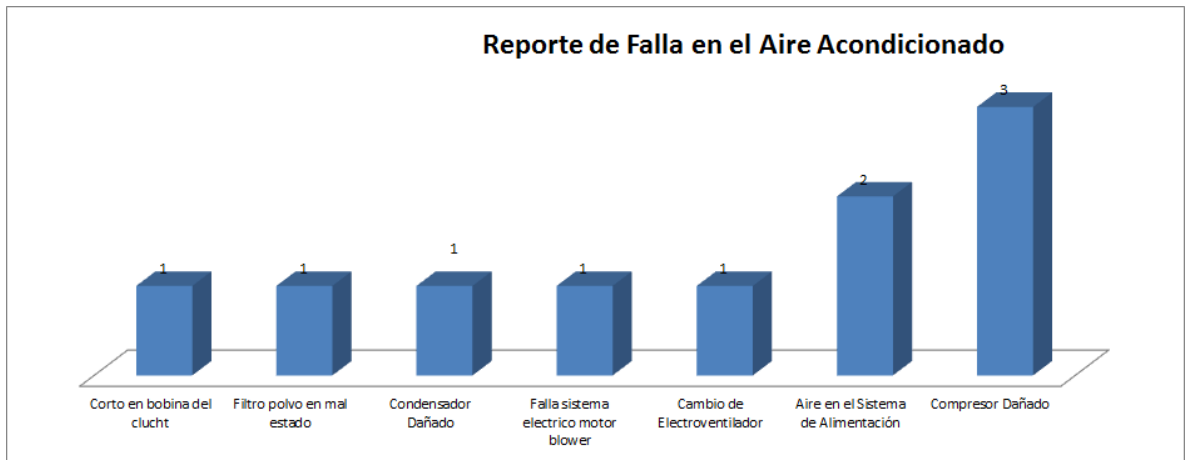


En el análisis de fallas en el sistema de aire acondicionado encontramos que las fallas más relevantes fueron las averías en el compresor con un 30% del total de las fallas totales.

Tabla 19. Estadísticas de modos de falla en Aire Acondicionado.

Reporte de Falla en el Aire Acondicionado		
Fallas	N° Eventos	%
Corto en bobina del clucht	1	10,0%
Filtro polvo en mal estado	1	10,0%
Condensador Dañado	1	10,0%
Falla sistema electrico motor blower	1	10,0%
Cambio de Electro ventilador	1	10,0%
Aire en el Sistema de Alimentación	2	20,0%
Compresor Dañado	3	30,0%
Total	10	100,0%

Figura 34. Diagrama de Pareto de modos de falla Aire Acondicionado.



7. MODELO DE RCM PARA CARGADOR 938 H CATERPILLAR

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en confiabilidad o RCM en una empresa es aumentar la confiabilidad de los equipos, es decir, disminuir el tiempo de parada de fallas imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción.

Los objetivos secundarios pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento es decir asegurar que los equipos realicen las funciones para lo que fueron adquiridos siendo más productivos al más bajo costo cumpliendo con la seguridad y sostenibles para el medio ambiente.

El RCM permite al usuario determinar qué actividades, tareas o requisitos deben realizarse a los equipos para que estos cumplan con los estándares de seguridad y operación por lo tanto es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento y estrategias que permitan al equipo estar mayor tiempo funcionando y de manera confiable y sostenible cumpliendo con los estándares de seguridad.

7.1 FUNCION

La función principal de los cargadores 938 H Caterpillar es apilar, descargar y cargar a camión carga granel de los diferentes buques recibidos en Sociedad Portuaria Regional Barranquilla.

Tabla 20. . Función, falla funcional y modos de falla en cargadores 938 H Caterpillar.

Código de Función	Función	Descripción Falla Funcional	Código Modo de Falla
1	Apilar, descargar y despachar, carga granel producto del recibo de buques de diferentes líneas marítimas con capacidades entre las 15K - 35K ton mensuales con una disponibilidad mínima del 80%	No puede apilar , descargar ni despachar carga a granel afectando la productividad del buque y despachos de los clientes	1000 Falla Motor
			2000 Falla sistema Estructural
			3000 Falla sistema Eléctrico
			4000 Falla sistema Hidráulico
2	Ofrecer confort y comodidad al operador para realizar las funciones asignadas en los diferentes ambientes de trabajo	Deja de ofrecer confort y comodidad al operador y puede llegar a generar afectación a la salud por stress térmico y exposición prolongado a material particulado.	5000 Falla sistema Aire Acondicionado

7.2 MODOS DE FALLAS DE LOS SISTEMAS

Los modos de falla son identificados para cada falla funcional, pudiéndose tener el caso de que varios modos de falla originen la falla funcional.

Se seleccionó el historial de fallas de los cargadores 938 H en un periodo de tiempo y se filtró por los diferentes sistemas del cargador lo cual nos permitió identificar con claridad cuáles eran los que presentaron mayor afectación reflejándose esto en la productividad del equipo en el manejo de la carga.

Los sistemas principales a analizar son:

- Sistema de Motor
- Sistema Hidráulico
- Sistema Eléctrico
- Sistema Estructural
- Sistema de aire acondicionado

Cada uno de los sistemas se define una falla funcional y un modo de falla lo cual permite definir acciones de mantenimiento encaminadas hacia la confiabilidad del cargador 938 H.

Tabla 21. Análisis modo de falla motor y sus efectos.

Cód.. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cód. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
1000	Falla en el motor	1001	Pérdida de potencia por filtro de aire obstruido	Las RPM del motor a máxima aceleración no superan las 1200 RPM por ende la capacidad de arrastre y cargue del equipo se ve afectada lo que ocasiona sobre esfuerzo del equipo. El operador para el equipo.
		1002	Pérdida de potencia por filtro de combustible obstruido	
		1003	Pérdida de potencia por baja presión de combustible	
		1004	Pérdida de potencia por línea de alimentación obstruida	
		1005	Pérdida de potencia por tubería de admisión Rota	
		1006	Pérdida de potencia por inyector averiado	
		1007	Pérdida de potencia por tanque combustible contaminado	
		1008	Pérdida de potencia por válvulas des calibradas	
		1009	Pérdida de potencia por turbo cargador averiado	
		1010	Pérdida de potencia por desgaste en anillos y camisas	
		1011	Alta temperatura por radiador obstruido / fugas	La temperatura del refrigerante excede los 95 °C ocasionando la activación de la alarma por alta temperatura, se detener el equipo para evitar fallos catastróficos
		1012	Alta temperatura por pos enfriador obstruido /averiado	
		1013	Alta temperatura por motor del ventilador hidráulico averiado	
		1014	Alta temperatura por cortocircuito en válvula de control de flujo del ventilador Hidráulico	
		1015	Alta temperatura por termostato pegado	
		1016	Alta temperatura por bomba de agua averiada	
		1017	Alta temperatura por fugas de refrigerante	
		1018	Alta temperatura por bajo nivel de refrigerante	
		1019	Alta temperatura por tapa de radiador o válvula de alivio y de presión averiada	
		1020	Alta temperatura por medidor de temperatura averiado	
		1021	Alta temperatura por obstrucción en el sistema de refrigerante	
		1022	Alta temperatura por empaquetadora de la culata averiado	
		1023	Baja presión de aceite de motor por bajo nivel de aceite	Se enciende alarma por baja presión en el indicador en el tablero el operador para el equipo
		1024	Baja Presión de aceite por lubricante no adecuado	
		1025	Baja presión de aceite por filtro obstruido	
		1026	Baja presión de aceite por tubo de succión obstruido	
		1027	Baja presión de aceite por falla en bomba de lubricación	
		1028	Baja presión de aceite por obstrucción de enfriador	
		1029	Motor no enciende por código de diagnostico activo	Se enciende alarma por baja presión de lubricación el operador para el equipo
		1030	Motor no enciende por falla en el sensor de velocidad/sincronización principal y secundaria	
		1031	Motor no enciende por baja presión en sistema de combustible	
		1032	Motor no enciende por bajo nivel de combustible	
		1033	Motor no enciende por falla en el sistema de inyección de ÉTER	
		1034	Motor no enciende por baja comprensión	
		1035	Motor no enciende por falla en inyectores/arnés y solenoide	
		1036	Alta vibración por problemas de combustión	
		1037	Alta vibración por inyector averiado	La fuga de aceite hace que la presión de aceite cae por debajo de 20 psi, la alarma
		1038	Fuga de aceite por respiradero del Carter averiado	
		1039	Fuga de aceite por línea de lubricación del turbo cargador	
		1040	Fuga de aceite por sellos averiados del Carter	
		1041	Fuga de aceite motor por tapones de drenaje	
		1042	Fuga de combustible por testigo de bomba de transferencia averiada	

Tabla 22. Análisis modo de falla sistema estructural y sus efectos.

Cód.. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cód. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
2000	Fallas Estructurales	2001	Grieta en el chasis	El equipo trabajar en esta condiciones y se programa las reparaciones en el PM más próximo
		2002	Grietas en el balde	
		2003	Grietas de los alojamiento de balde	
		2004	Grietas en los alojamientos de implementos	
		2005	Desgaste en pasadores de articulación central	
		2006	Desgaste en pasadores de biela de acople del balde	
		2007	Desgate de pasadores de la H .	
		2008	Ruptura de Capot	
		2009	Ruptura de vidrios	
		2010	Avería en guardabarros	
		2011	Golpes en estructura	
		2012	Ruptura de retrovisores	
		2013	Ruptura de rejillas de Capot	
		2014	Avería en estribos de acceso	
		2015	Ruptura base de lámparas	
		2016	Ruptura de cuchillas	El operador para el equipo para que se intervenido

Tabla 23. Análisis modo de falla sistema eléctrico y sus efectos.

Cód.. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cód. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
3000	Fallas Electricas	3001	Bajo voltaje / batería descargada	Circuito de carga averiado o batería defectuosa, el equipo no prende
		3002	Bajo voltaje / Alternador no carga	Correa averiada o destencionada, tensor averiado.
		3003	Ruido de alternador	Ruido extraño por correa destencionada, soporte de alternador desajustado, polea impulsora averiada, rodamientos de rotor.
		3004	Auxiliar de arranque con ETER no funciona	Bajo voltaje en solenoide de control de inyección de éter, equipo no da arranque
		3005	Baja potencia por problemas eléctricos falla en inyector/solenoide del inyector /arnés del inyector abierto o en corto.	La velocidad del motor esta por debajo 1500 RPM, el cargador no empuja la carga por baja potencia.
		3006	Actuador de aceleración no responde/conector sulfatado o abierto.	
		3007	Baja potencia por falla en sensor de salida del turbo cargador	
		3008	Baja potencia por problemas eléctricos falla interna del EMC	
		3009	Alta temperatura en Motor/transmisión/sistema Hidráulico por fallo en sensor de temperatura	Presenta alarma por alta temperatura el operador para el equipo para evitar un fallo catastrófico
		3010	Indicador de nivel de combustible no funciona	Presenta alarma por falta de combustible el operador para el equipo para evitar un fallo catastrófico
		3011	Luces de trabajo no funcionan	El operador pierde visibilidad por falta de luces y el equipo no puede operar en turno nocturno se para el equipo
		3012	Pito no funciona	El operador para el equipo por seguridad
		3013	Alarma de retroceso no funciona	
		3014	Limpiavidrios no funcionan	El operador para el equipo por falta de visibilidad en el área de trabajo

Cód.. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cód. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos	
4000	Fallas sistema hidraulico	4001	Los implementos se caen por fuga interna en los cilindros	El motor no esta a las RPM requeridas por la bomba, la presión piloto de control de la bomba es baja, nivel de aceite hidráulico en bajo nivel.	
		4002	No realiza ninguna de las funciones hidráulicas o las funciones trabajan lentas	la válvula de control no funciona correctamente, la presión piloto de control de la bomba es baja.	
		4003	Presión de control piloto es baja	válvula de reducción de presión desajustada o atascada	
		4004	Bomba hidráulica no alcanza la presión requerida	Nivel de aceite bajo, aceite con baja viscosidad o la bomba presenta desgaste	
		4005	No levanta el implemento	Sellos de uno o más cilindros presentan fugas	
		4006	control de amortiguación no funciona correctamente	Válvula de compensación de levantamiento no funciona correctamente	
		4007	Temperatura de aceite hidráulica alta	Nivel de aceite hidráulico bajo, enfriador de aceite hidráulico obstruido, viscosidad del aceite no es la correcta.	
		4008	Fugas en mangueras o tubería hidráulica	Tubería o manguera rota, empaquetadura de sistema averiada, enfriador de aceite fisurado, el operador para el equipo para evitar perdida total del	
		4009	Fuga hidráulica por carcasa de filtros		
		4010	Fuga hidráulica por bombas de implementos		
		4011	Fugas hidráulica por enfriador		
		4012	Fuga Hidráulica por bomba de ventilador		
		4013	El ventilador no gira o gira a baja velocidad		
		4014	Baja presión de la bomba		
		4015	Desgaste interno del motor del ventilador		
		4016	Ruido en bomba		Aire en el sistema hidráulico / desgaste interno, el operador escucha el ruido y para el equipo para revisión.
		4017	Análisis de aceite critico por presencia de sílice		Mantenimiento recibe los reportes de análisis de aceite y dependiendo de la criticidad del reporte solicita a operaciones la parada del equipo
		4018	Análisis de aceite critico por presencia de sodio		
		4019	Análisis de aceite critico por presencia de agua		
		4020	Análisis de aceite critico por presencia de cobre, hierro y alumin		

Tabla 24. Análisis modo de falla sistema Aire acondicionado y sus efectos.

Cód.. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cód. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
5000	Falla sistema de Aire Acondicionado	5001	Compresor frenado o presenta Fugas	Aire acondicionado no funciona, temperatura al interior de la cabina se eleva, operador para el equipo por condiciones no aptas para la labor
		5002	Condensador/ evaporador Roto	
		5003	Manguera o tubería rota	
		5004	Blower no Funciona	
		5005	Filtro secador Obstruido	

7.3 HOJA DE DECISIÓN

La Hoja de decisión de RCM (Tabla 25) permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de decisión, y en función de esas respuestas, registrar:

- Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas.

Tabla 25. Modelo Hoja de Decisión RCM.

HOJA DE DECISION RCM II			ELEMENTO										N°	Realizado por:	Fecha	Hoja				
			COMPONENTE												Fecha	de				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas						Frecuencia inicial	
							S1	S2	S3											
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4								

Los encabezamientos de las primeras diez columnas de la Hoja de Decisión se refieren a las preguntas del diagrama de decisión de RCM.

Las columnas tituladas H, S, E, O y N, son utilizadas para registrar las respuestas a preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.

Las tres columnas siguientes, tituladas H1, H2, H3, etc., registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y si es así, que tipo de tarea.

Si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas “a falta de”, las columnas encabezadas con H4 y H5, o la S4, permiten registrar esas respuestas. Las columnas de la octava a la décima son utilizadas para registrar si se ha seleccionado una tarea proactiva, de la siguiente manera:

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y el recurso necesario para realizarla. La columna de “Tarea Propuesta” también se utiliza para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.⁹

La columna titulada H1/S1/O1/N1, es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias.

La columna titulada H2/S2/O2/N2, es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas.

La columna titulada H3/S3/O3/N3, se utiliza para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas.

⁹ MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Asheville: Alandon LLC, 2004. pp. 202 - 206.

Las preguntas “a Falta de”, las columnas tituladas H4, H5 Y S4, en la Hoja de Decisión son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”.

Figura 35. Diagrama de Decisión - Parte I.

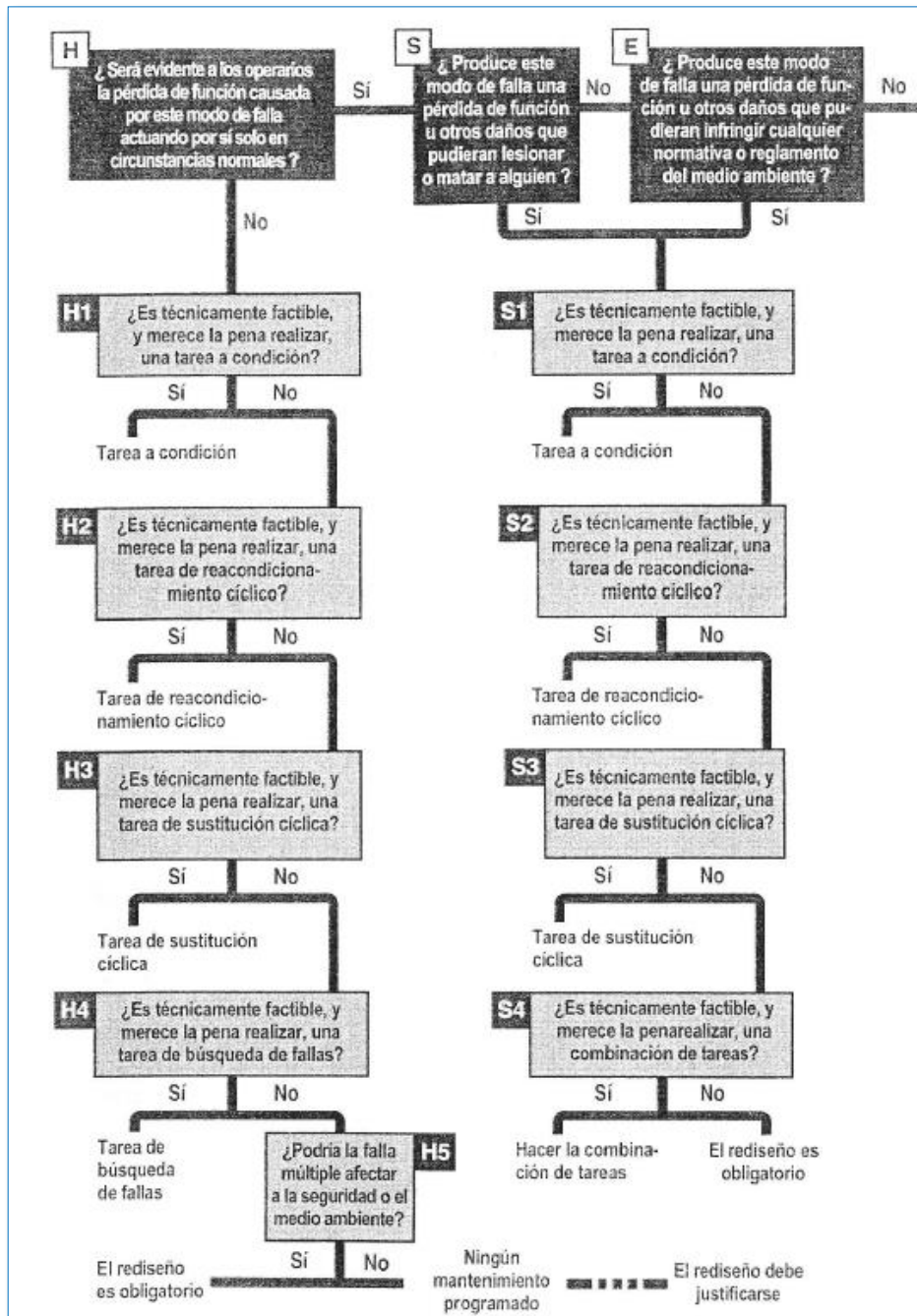
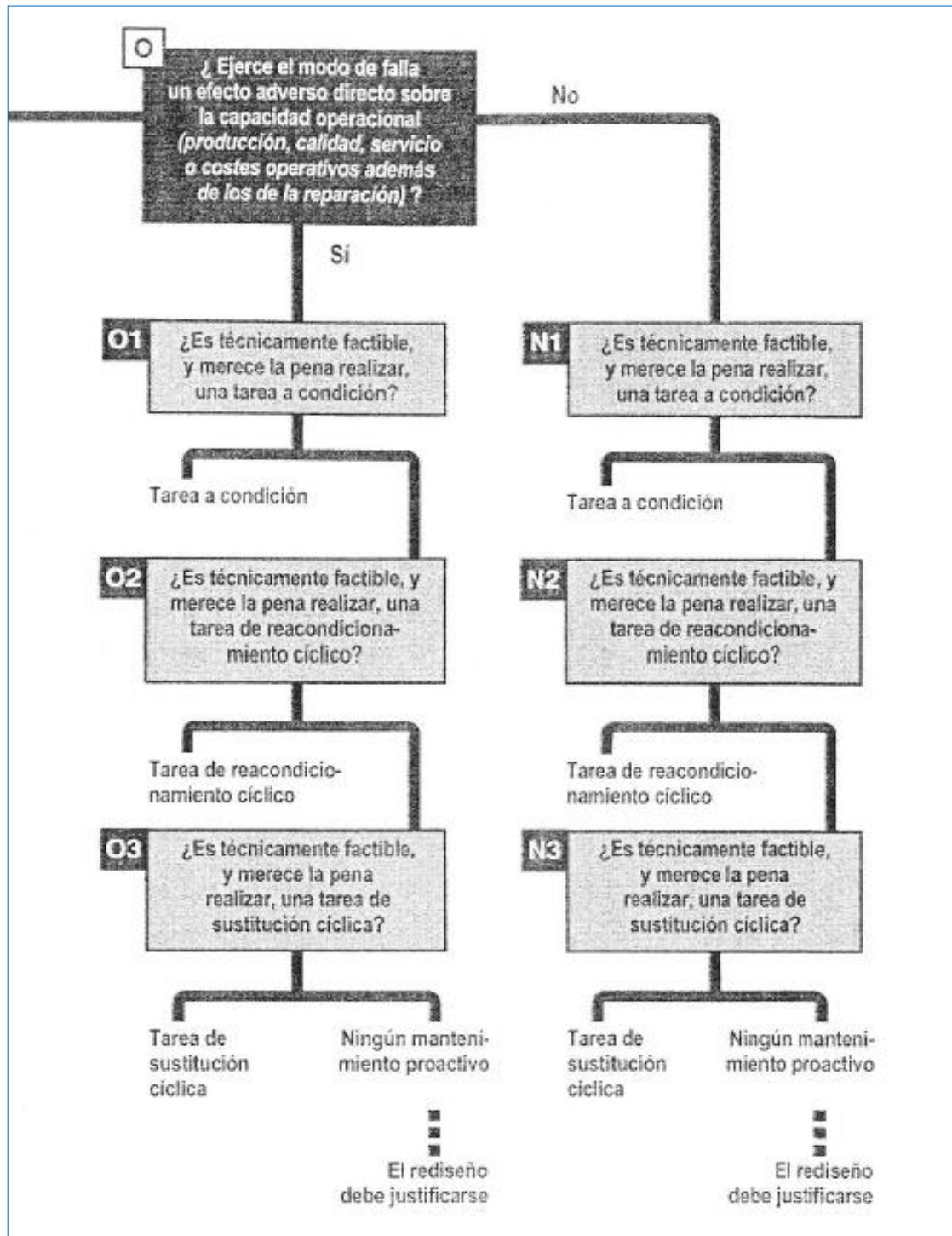


Figura 36. Diagrama de decisión RCM - Parte II



Las tareas estarán encaminadas a reducir los tiempos de paros imprevistos de los cargadores 938 H y al aprovechamiento de los recursos, se plantea realizar una rutinas de inspección de los equipos al inicio de turno apoyados con los operadores para identificar las fallas antes de iniciar las operaciones con el fin de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Al identificar todos los modos de falla de todos los sistemas críticos de los cargadores 938 H se procedió a determinar la consecuencia de estas fallas y la selección de las tareas proactivas según el diagrama de decisión de RCM.

Tabla 26. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas por motor.

COD.MF	COD MF II	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA (HORAS)	RECURSOS HORAS HOMBRE
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
1000	1001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambiar filtro primario y secundario de aire	500 hr	0,5
	1002	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambiar filtro primario y secundario de combustible	500 hr	0,5
	1003	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Limpieza filtro de combustible	250 hr	0,5
	1004	S	N	N	S	S			A condición	Revisar la líneas de combustible y el testigo de la bomba de transferencia	2000 hr	1
	1005	S	N	N	S	S			A condición	Cambio de tubería admisión averiada	3000 hr	1
	1006	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambio de inyectores	6000 hr	5
	1007	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Limpieza de tanque combustible	2000 hr	8
	1008	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Calibración de válvulas de admisión y escape	2000 hr	2
	1009	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambio de inyectores	6000 hr	5
	1010	S	N	N	S	S			A condición	Reparación de media vida de motor	15000 hr	80
	1011	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Limpieza del panel /mto del radiador	250/1000 hr	24
	1012	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Limpieza de enfriadores	250/1000 hr	24
	1013	S	N	N	S	S			A condición	Cambio de ventilador del hidráulico	10000 hr	24
	1014	S	N	N	S	S			A condición	Revisar la línea eléctrica solenoide de control, o fusible de la línea de alimentación	500 hr	1
	1015	S	N	N	S	S			A condición	Revisar el funcionamiento del termostato y cambiar si amerita	3000 hr	1
	1016	S	N	N	S	S			A condición	Cambiar bomba de agua	6000 hr	1
	1017	S	N	N	S	S			A condición	Inspección de mangueras a 250 hr/cambio de manguera de radiador	250/1000hr	1
	1018	S	N	N	S	S			A condición	Nivelación de aceite refrigerante	500 hr	0,5
	1019	S	N	N	S	S			A condición	Cambio de tapa del radiador	2000 hr	0,1
	1020	S	N	N	S	S			A condición	Revisar el funcionamiento del indicador y cambiar si amerita	6000 hr	1
	1021	S	N	N	S	S			A condición	Limpieza y sondeo de líneas de refrigeración	2000 hr	2
	1022	S	N	N	S	S			A condición	Inspección visual del radiador buscando evidencia de paso de comprensión al sistema de refrigeración /Cambio de empaquetadura de culata	150000 hr	40
	1023	S	N	N	S	S			A condición	Nivelación de aceite motor	300 hr	0,5
	1024	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Toma de muestra de aceite motor	250 hr	0,5
	1025	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Limpieza de filtro/ Reemplazo de filtro	250/500 hr	0,5
	1026	S	N	N	S	S			A condición	Comprobar el indicador de lubricación e inspeccionar Carter, tubería de la bomba de lubricación	4000 hr	8
	1027	S	N	N	S	S			A condición	Desmontar Carter y revisar o cambiar bomba de	4000 hr	8
	1028	S	N	N	S	S			A condición	Desmontar de enfriador de aceite para limpieza o reparación	4000 hr	8
	1029	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar el EMC del motor con el ET (software)	250 hr	0,5
	1030	S	N	N	S	S			A condición	Comprobar el funcionamiento / realizar el cambio del sensor	2000 hr	2
	1031	S	N	N	S	S			A condición	Revisar líneas y válvula de alivio del RIEL	3000 HR	2
	1032	S	N	N	S	S			A condición	Revisar el correcto funcionamiento del indicador de combustible	250 hr	0,5
	1033	S	N	N	S	S			A condición	Revisar funcionamiento de válvula de control de inyección del ETER	1000 hr	1
	1034	S	N	N	S	S			A condición	Desmontar motor y evaluar para reparación parcial o total dependiendo del estado de los componentes internos.	15000 hr	48
	1035	S	N	N	S	S			A condición	Tomar muestra de aceite de motor (análisis de partículas por hollín)	250 hr	0,5
	1036	S	N	N	S	S			A condición	Revisión y calibración de ajuste de valvulas	250 hr	0,5
	1037	S	N	N	S	S			A condición	Revisión de funcionamiento de mecanismo electromecánico y de ser necesario reemplace.	500 hr	0,5
	1038	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar el motor por fugas externas de aceite	250 hr	1
	1039	S	N	N	S	S			A condición	revisar el consumo de refrigerante/revisar visualmente los turbo cargadores por posibles	250 hr	1
	1040	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar el motor por fugas externas de aceite	250 hr	1
	1041	S	N	N	S	S			A condición	Verificar el torque de los tapones de drenaje instal	250 hr	0,5
	1042	S	N	N	S	S			A condición	Medir presión de combustible/revisar testigo de la bomba de transferencia	2000 hr	1

Tabla 27. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema estructural.

COD.MF	COD MF II	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA (HORAS)	RECURSOS HORAS HOMBRE
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
2000	2001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar el chasis por grietas	250 hr	0,5
	2002	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar con tintas penetrantes el balde para detectar Grietas	250 hr	1
	2003	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar los alojamientos del balde por posibles grietas	250 hr	1
	2004	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar los alojamientos de los implementos.	250 hr	1
	2005	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar el desgaste de los pasadores de la articulación	250 hr	1
	2006	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar el desgaste de los pasadores de la biela del balde	250 hr	0,5
	2007	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar el desgaste de los pasadores de la H.	250 hr	0,5
	2008	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar el capot por grietas o daños ocasionados en la operación.	250 hr	0.15
	2009	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar todos los vidrios de la cabina para identificar fisuras para programar el cambio	250 hr	0.15
	2010	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspecciones estado de guardabarras	250 hr	0.15
	2011	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar la estructura por posibles golpes	250 hr	0.15
	2012	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar el estado de retrovisores	250 hr	0.15
	2013	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar el estado de las rejillas del Capot	250 hr	0.15
	2014	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar el estado de los estribos de acceso del cargador	250 hr	0.15
	2015	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar el estado de la base de las lámparas	250 hr	0.15
	2016	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Medir el desgaste de las cuchillas y cambiar si es necesario/verificar el torque de los tornillos	250 hr	0.30

Tabla 28. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema de Aire Acondicionado.

COD.MF	COD MF II	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA (HORAS)	RECURSOS HORAS HOMBRE
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
5000	5001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambio de compresor por horas	4000 hr	2
	5002	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar el condensador por golpes o suciedad	250 hr	1
	5003	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar mangueras por roce o mal enrutamiento	250 hr	1
	5004	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambio de blower por horas	4000 hr	2
	5005	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Cambio de filtro secador	500 hr	1

Tabla 29. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema de Hidráulico.

COD.MF	COD MF II	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA (HORAS)	RECURSOS HORAS HOMBRE
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
4000	4001	S	N	N	S	S			A condición	Medir presiones de levante e inclinación/tomar muestra de aceite hidráulica (análisis de partículas)	250 hr	1
	4002	S	N	N	S	S			A condición	Medir presiones de levante e inclinación/Lubricar	250 hr	0.30
	4003	S	N	N	S	S			A condición	Medir presiones de levante e inclinación/Lubricar	250 hr	0.30
	4004	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar Visualmente la bomba de los implementos	250 hr	0,3
	4005	S	N	N	S	S			A condición	Medir presiones de levante e inclinación/tomar muestra de aceite hidráulica (análisis de partículas)	250 hr	1
	4006	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar Visualmente y comprobar el funcionamiento de la válvula de compensación	250 hr	0,3
	4007	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar el nivel de aceite hidráulico/tomar muestra de aceite hidráulico (análisis de partículas)	250 hr	0,3
	4008	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar visualmente manguera y tubos por posibles fugas y cambio de manguera si amerita	250 hr	1
	4009	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar visualmente fugas por el tanque hidráulico	250 hr	0.50
	4010	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	inspeccionar visualmente la bomba de los implementos	250 hr	0.5
	4011	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar Visualmente posibles fugas por los enfriadores de aceite		
	4012	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar visualmente el funcionamiento de la bomba del ventilador	250 hr	0.5
	4013	S	N	N	S	S			A condición	Verificar solenoide de control de flujo hidráulico hacia ventilador	250 hr	0.30
	4014	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar las RPM del motor, inspeccionar control de flujo hacia la bomba, revisar o cambiar bomba	10000 hr	4
	4015	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar la presión de entrada y salida del motor del ventilador si se encuentra fuera de parámetros	10000 hr	4
	4016	N				S			A condición	Tomar muestra de aceite hidráulico (análisis de partículas de cobre y hierro)	250 hr	0.20
	4017	S	N	N	S	S			Preventivo	Tomar muestra de aceite hidráulico (verificar si hay tierra en el aceite)	2000 hr	0.20
	4018	S	N	N	S	S			Preventivo	Análisis de aceite critico por presencia de sodio	2000 hr	0.20
	4019	S	N	N	S	S			Preventivo	Tomar muestra de aceite para verificar si hay presencia de agua	2000 hr	0.20
	4020	S	N	N	S	S			Preventivo	Tomar muestra de hidráulico para verificar si hay presencia de cobre, hierro y aluminio	2000 hr	0.20

Tabla 30. Evaluación de consecuencias y selección de tareas de mantenimiento para fallas en el sistema eléctrico.

COD.MF	COD MF II	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA (HORAS)	RECURSOS HORAS HOMBRE
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
3000	3001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar el tiempo de instalación, comprobar que el circuito de carga este funcionando, revisar tiempo de instalación de la batería, medir con el densímetro los electrolitos.	250/500 hr	1
	3002	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar tensión y estado de la correa/ reemplazarla si amerita	250 hr	0.30
	3003	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección la polea y correa del alternador/ desmontar el alternador y revisar componentes internos	250/2000 hr	2
	3004	S	N	N	S	S			A condición	Revisar alimentación de solenoide de control de inyección	500 hr	2
	3005	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisión del sistema de eléctrico de inyección con el IT (Software de Caterpillar)	500 hr	0.30
	3006	S	N	N	S	S			A condición	Revisar conector del pedal del acelerador y realizar limpieza	500 hr	0.30
	3007	S	N	N	S	S			A condición	Revisar y/o reemplazar el sensor de salida del turbo.	500 hr	0.30
	3008	S	N	N	S	S			A condición	Comprobar funcionamiento y/o reemplazar el EMC	10000 hr	1
	3009	S	N	N	S	S			A condición	Comprobar y /o cambiar el estado del sensor de temperatura	1000hr	1
	3010	S	N	N	S	S			A condición	Comprobar y /o cambiar el estado del indicador de combustible	250 hr	0,3
	3011	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisión correcto funcionamiento de luces y cambio si amerita	250 hr	0,3
	3012	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar la línea de alimentación y correcto funcionamiento del pito y cambiar si amerita	250 hr	0,3
	3013	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar la línea de alimentación y correcto funcionamiento de alarmas de retroceso y cambiar si amerita	250 hr	0,3
	3014	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Revisar la línea de alimentación y correcto funcionamiento de los limpiavidrios y cambiar si amerita	250 hr	0,3

7.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Al realizar un análisis de todos los fallos que presentan los cargadores se detectó que el proceso que debe mejorar para lograr la confiabilidad de los equipos era la planeación de los PM porque muchas rutinas que deben realizarse para mantener los equipo en condiciones óptimas para la operación no están establecidas por lo cual se realizó un modelo de plan de mantenimiento teniendo en cuenta los cambios de aceite, filtros y tomas de muestras de aceite con su frecuencia de realización para la estructura del checklist.

De igual manera se diseñó una rutina de inspección para los operadores con el fin de que ellos la realicen al inicio de turno para que el departamento de planeación programe la corrección de las novedades detectadas por la operación.

Tabla 31. Lista de chequeo de cargadores 938 H - Parte I.


LISTA DE CHEQUEO DE CARGADORES 938H			
			
EQUIPO:	FECHA:		TECNICO:
ORDEN DE MANTENIMIENTO:			
OPERACIONES	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
MANTENIMIENTO 250 HR			
ESTRUCTURAL			
Lavado general			
Revisar-ajustar portabalde			
Revisar cuchillas del balde (RSN)			
Insp placas de desgaste patines (RSN)			
Rellenar tanque reserva de limpiavidrios			
Inspeccionar limpiavidrios (RSN)			
Insp ducto entrada de aire al alternador			
Lubricar rodamientos pivotes inferiores			
Revisar presión de aire de las llantas			
Lubricar rodamientos ejes de oscilación			
Lubricar rodamientos de union de balde			
Lubricar rodamientos de pivotes superior			
Revisión de fugas			
Revisión de rejillas de capó de motor			
Revisión de espejos (RSN)			
Revisión de ajuste tornillos-tuercas grnal			
MOTOR			
Limpiar filtro primario de aire (RSN)			
Limpiar pre limpiador de aire del motor			
Cebiar sistema de combustible			
Inspeccionar filtro de aceite			
Limpiar panel del radiador			
Revisar acumulador de control de marcha			
Revisar nivel de refrigerante de motor			
Revisar nivel de aceite de motor			
Drenar filtro separador de combustible			
Drenar tanque agua y sedimentos de comb			
Tomar muestra de aceite de motor			
Inspeccionar (ajustar) correas de motor			
Inspeccionar indicador de filtro de aire			
Medir presiones de aceite			
Revisar estado de mangueras y tuberia			
TRANSMISION			
Revisar nivel de aceite de transmisión			
Lubricar rodamientos cilindros dirección			
Reemplazar filtro aceite de transmisión			
Probar sistema de frenos			
Revisar nivel de aceite de diferencial			
Lubricar ranura de eje de transmisión			
Revisar juego de columna de dirección			
Revisar acumulador de frenos			
Inspeccionar mangeras (RSN)			
HIDRULICO			
Revisar nivel de aceite hidráulico			
Inspeccionar mangeras (RSN)			
CABINA			
Limpiar filtro de aire de la cabina			
Revisión de indicadores (testigos)			
Revisión de silla			
Inspeccionar cinturón de seguridad			
Revisión rejillas de aire acondicionado			
SISTEMA ELECTRICO			
Revisar batería y cableado (RSN)			
Resetear cortadrcuitos			
Reemplazar éter cilindro de arranque			
Inspeccionar fusibles			
Reemplazar lamp descarga alta intensidad			
Probar alarma de retroceso			
Revisión de pito			
Revisión de luces (RSN)			
Revisión de baliza (RSN)			
Revisión de cables eléctricos			
SISTEMA AIRE ACONDICIONADO			
Revisión de presión de gas refrigerante			
Revisión de fugas			
Limpeza de condensadora			
Revisión de rejillas			
Comprobar Funcionamiento blower			
Limpeza de blower			
Limpeza de filtro de cabina			

Tabla 32. Lista de chequeo de cargadores 938 H - Parte II.

LISTA DE CHEQUEO DE CARGADORES 938H			
EQUIPO:	FECHA:	TECNICO:	
ORDEN DE MANTENIMIENTO:			
OPERACIONES	BUENO	MALO	OBSERVACIONES
MANTENIMIENTO 500 HR +250hr			
Limpiar respiradero del carter			
Cambiar filtro primario de combustible			
Cambiar filtro secundario de combustible			
Cambiar filtro secundario de Aire			
Limpiar tapa tanque combustible ycolador			
Reemplazar filtro de hidráulico			
Reemplazar filtro transmision			
Cambio de aceite motor			
Cambio de filtro de aceite			
Tomar muestra de aceite de transmisión			
Tomar muestra de aceite diferencial			
Tomar muestra de aceite hidráulico			
Desmante-limpieza de radiador			
MANTENIMIENTO 1.000 HR +250hr+500hr			
TRANSMISION			
Limpiar filtro magnetico aceite refriger			
Cambiar aceite de transmisión			
ELECTRICO			
Revisar y Limpiar batería			
Revisar Carga y estado alternador			
Revisar Conexiones en Gnral			
Ajustar tornillos de caja de batería			
ESTRUCTURAL			
Lubricar rodamientos de articulación			
Lubricar cruceta			
Lubricar rodamientos soportes eje cardan			
Lubricar union de eje cardan			
Cambiar aceite Transmision			
Lubricar bisagras de guardabarros			
MOTOR			
Desmante y Mtto de radiador			
AIRE ACONDICIONADO			
Lavado general del sistema			
Pruebas de vacio			
Limpieza condensador			
Limpieza Evaporador			
Limpieza Blower			
Cambio de aceite compresor			
Verificación valvula expansion			
Verificar/ Cambio filtro secador			
Verificar/ Cambio gusanillos de seguridad			
Revisión/correccion fugas ref			
MANTENIMIENTO 2.000 HR +250hr+500hr+1000hr			
Cambiar aceite diferencial y mandos finales			
Revisar huelgo válvulas			
Revisar sistema de combustible			
Revisar discos de frenos			
Lubricar cilindro de levante de capó			
Limpiar valvula alivio tanque hidraulico			
Revisar indicador de descarge de frenos			
MANTENIMIENTO 4.000 HR +250hr+500hr+1000hr+2000hr			
Cambio de Aceite Hidraulico			
MANTENIMIENTO 5000 HR **+250hr+500hr+1000hr+2000hr+4000hr			
cambio de correa motor			
MANTENIMIENTO 6000 HR **+250hr+500hr+1000hr+2000hr+4000hr			
Cambio de refrigerante			
Aplico toma de muestra	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
MOTOR	<input type="checkbox"/>	OBSERVACION	
TRANSMISION	<input type="checkbox"/>		
HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>		
DIFERENCIAL	<input type="checkbox"/>		
RSN (Reemplazar si es necesario)			

Tabla 33. Programación de cambio de materiales.

PROGRAMACION DE CAMBIO DE MATERIALES PARA CARGADORES 938 H			
MANTENIMIENTO 250 HR			
5026493	1	UN	FILTRO AIRE PRIMARIO KALMAR 807201915
5027400	1	UN	FILTRO AIRE SECUNDARIO KALMAR 807201932
MANTENIMIENTO 500 HR			
5009897	1	UN	FILTRO HIDRAULICO PARKER 928766
5009931	1	UN	FILTRO ACEITE CATERPILLAR 4621171
5009932	2	UN	FILTRO COMBUSTI PRIM CATERPILLAR 2998229
5020574	40	PT	ACEITE MOTOR 15W40 CI-4
5022345	1	UN	FILTRO SEPARADOR CATERPILLAR 3261644
5031955	1	UN	FILTRO DE ACEITE HIDRAULICO CAT 2254118
5033504	1	UN	CRANK CASE CATERPILLAR 2735711
5033505	1	UN	FILTRO DE ACEITE DE TRANS CAT 3416643
DE ADICIONA EL SIGUIENTE REPUESTO SOLO PARA EL CARGADOR E-345			
5028274	1	UN	FILTRO HIDRAULICO CATERPILLAR 1G8878
MANTENIMIENTO 1000 HR			
5030497	92	PT	ACEITE TRANSM AUTOMA ATF DEXRON III
DE ADICIONA EL SIGUIENTE REPUESTO SOLO PARA EL CARGADOR E-345			
5030497	72	PT	ACEITE TRANSM AUTOMA ATF DEXRON III
MANTENIMIENTO 2000 HR			
5020614	232	PT	ACEITE TRANSMISION MECANICA 80W90
MANTENIMIENTO 4.000 HR			
5020611	198	PT	ACEITE HIDRAULICO ISO 68
MANTENIMIENTO 6.000 HR			
5034598	76	PT	REFRIGERANTE HD PREMIUM (LARGA VIDA)
<p>El departamento de mantenimiento establece que el mantennimiento se ejecutara de la siguinete manera; mtto de 250h es un mtto de inspeccion y lubricacion donde se verifica completamente la maquina (sistemas y accesorios) a partir del mtto de 500h se determina cambiar ciertos fluidos de las maquinas como se describen en la parte superior de este documento.</p> <p>Ademas cabe destacar que al momento de realizar un mtto de 500hr se debe ejecutar la rutina de chequeo para mtto de 250 hr anexando las operaciones del Mtto de 1000hr y asi sucesivamente hasta terminar el ciclo de mantenimiento para el grupo de equipos.</p>			

8. CONCLUSIONES

Con el análisis del comportamiento de la flota de cargadores 938H en un periodo de tiempo se puede identificar con claridad cuáles son los sistemas más vulnerables dentro de la operación realizada.

El análisis estadístico de las fallas presentadas por cada sistema permite encontrar cuales son las de mayor frecuencia e incidencia en el correcto funcionamiento del equipo.

La aplicación de RCM permite la interacción entre el área de mantenimiento y operación, lo que afianza el conocimiento de los equipos, su correcto funcionamiento y los modos de falla, lo que se traduce a su vez en la correcta actualización de planes de mantenimiento, y definición de estándares de funcionamiento.

El uso del diagrama de decisión de RCM permite hacer un análisis concienzudo para la definición de tareas de mantenimiento proactivo específicas para mitigar la ocurrencia de los fallos plenamente identificados.

BIBLIOGRAFÍA

ARZUAGA CHURIO, Jorge. Modelo de mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM) en la flota de equipos de oruga D11N de la empresa Minera DRUMMOND. [En línea]. Monografía Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2011. 122 p. [Consultado el: 10 de enero de 2017]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/137854.pdf>

CATERPILLAR. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://sis.cat.com>

_____. Información Industrial. [En línea]. [Consultado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: http://www.cat.com/es_ES/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-engines-lesser-regulated-non-regulated/18392109.html

LINERO ROBLES, Carlos y OTERO FERNANDEZ, Andrés. Modelo de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para la flota de camiones 789 Caterpillar y su impacto en la disponibilidad de una empresa del sector minero departamento del Cesar (Prodeco – calenturitas). [En línea]. Monografía Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2014. 112 p. [Consultado el: 10 de enero de 2017]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/151333.pdf>.

MORA, Luis. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín: COLDI Limitada, 2009. 340 p.

MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Asheville: Alandon LLC, 2004.

SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999.

SILVA ARDILA, Pedro. Confiabilidad en la práctica. Barranquilla: El autor, 2014. 155 p.

SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA. Informe del departamento financiero. Barranquilla: La Compañía, 2017.

_____. Sistema de gestión de la calidad. Barranquilla: La Compañía, 2016.