

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA
CUCHARAS DE EL COMPLEJO GRANELERO DE LA SOCIEDAD PORTUARIA
REGIONAL BARRANQUILLA

FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2020

MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA
CUCHARAS DE EL COMPLEJO GRANELERO DE LA SOCIEDAD PORTUARIA
REGIONAL BARRANQUILLA

FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR:

DANIEL ORTIZ PLATA

MAESTRIA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

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

2020

DEDICATORIA

Darle las gracias a Dios en primera instancia por sus bendiciones y que a través de ellas haya podido conseguir desarrollar esta especialización y conseguir un título más a nivel profesional.

A mi madre y mi abuela en el cielo que fueron mi ejemplo de perseverancia y de sacrificio para conseguir cada logro en la vida, para ellas que fueron mi orgullo, mi motor en la vida y mi gran amor.

A mi padre que me ha apoyado siempre y que ha sido ejemplo de que un hombre trabajador, siempre saldrá adelante.

Fredys Antonio Yunez Salas

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	12
1.1 MARCO CONTEXTUAL	12
1.1.1 Reseña Histórica.....	13
1.1.2 Ubicación De La Empresa.	13
1.1.3 Carga a granel.	14
1.1.4 Políticas de la empresa.....	15
1.1.5 Estructura Organizacional.....	18
2. DESCRIPCION DEL PROYECTO	21
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
2.2 OBJETIVOS.....	21
2.2.1 Objetivo General.	21
2.2.2 Objetivos Específicos.....	22
2.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	22
3. MARCO CONCEPTUAL	23
3.1. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	23
3.2 CONFIABILIDAD	23
3.3 ANALISIS DE CRITICIDAD.	24
3.4 CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	25
3.5 EL RCM	25
3.5.1 EL RCM: siete preguntas básicas.....	25
4. COMPLEJO GRANELERO DEL SISTEMA GRANELERO.....	31
4.1 DESCRIPCIÓN	31
4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS	33
4.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA GRANELERO	38
4.3.1 Paso a paso del proceso de descargue por medio del sistema granelero: ...	38

4.3.2 Rutas de almacenaje hacia las bodegas graneleras.....	39
4.4 EQUIPOS PRINCIPALES DEL SISTEMA GRANELERO	41
4.4.1 Bandas de muelle.	41
4.4.2 Elevadores de cangilones.	41
4.4.3 Banda transportadora reversible.....	42
4.4.4Transportadores de arrastre portátiles y retractiles.....	43
5. ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN EL AREA DE EQUIPOS FIJOS.	45
5.1 EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN G&F	47
6. ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LAS CUCHARAS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS FIJOS.....	48
6.1 Ejecución operativa de mantenimiento de cucharas en equipos fijos.	50
6.2 ANALISIS DE INFORMACIÓN DE LAS CUCHARAS EN EQUIPOS FIJOS ...	50
6.2.1 Indicadores de grupo de cucharas de equipos fijos	51
6.3 ANALISIS DE DATOS	52
6.3.1 Criticidad	52
7. MODELO DE RCM PARA EL GRUPO DE CUCHARAS DE EQUIPOS FIJOS.	56
7.1 Función	57
7.2 MODOS DE FALLA EN LOS SISTEMAS	58
7.3 HOJA DE DECISIÓN	60
8. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	67
8.1 PLANES DE ACCIÓN.....	69
8.1.1 Plan de acción sistema estructural	69
9. CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas de los equipos del sistema granelero.	34
Tabla 2. Especificaciones técnicas del compresor Ingersoll Rand.....	34
Tabla 3. Especificaciones técnicas de las Básculas de bache BP-5000-G.....	35
Tabla 4. Especificaciones Técnicas Transportadores de Arrastre muelle 5.....	37
Tabla 5. Especificaciones técnicas transportadores muelle 6.....	38
Tabla 6. Rutas de Descargue Sistema Granelero.....	39
Tabla 7. Grupo de Cucharas.....	51
Tabla 8. Estadísticas de Modos de Fallas por Sistemas.....	52
Tabla 9. Estadísticas de Fallas Estructurales.	53
Tabla 10. Estadísticas de Fallas por Sistemas Eléctrico.....	54
Tabla 11. Estadísticas de Fallas de Sistema Hidráulico.	55
Tabla 12. Funcionalidad.....	57
Tabla 13. Análisis de Modo de Falla del Sistema Estructural	58
Tabla 14. Análisis de Modo de Falla del Sistema Eléctrico.....	59
Tabla 15. Análisis de Modo de Falla del Sistema Hidráulico.	60
Tabla 16. Hoja de decisión para la metodología RCM.....	61
Tabla 17. Hoja de decisión y selección de tareas de mantenimiento, para sistema estructural del grupo de cucharas de equipos fijos.	64
Tabla 18. Hoja de decisión y selección de tareas de mantenimiento, para sistema eléctrico del grupo de cucharas de equipos fijos.	65
Tabla 19. Hoja de decisión y selección de tareas de mantenimiento, para sistema hidráulico del grupo de cucharas de equipos fijos.	66
Tabla 20. Propuestas de Plan de Acción Sistema Estructural.	69

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Puerto de Barranquilla – Sociedad Portuaria	12
Ilustración 2. Ubicación del Puerto de Barranquilla	14
Ilustración 3. Mapa Estratégico 2018 - 2020	16
Ilustración 4. Organigrama SPRB.....	18
Ilustración 5. El proceso de mantenimiento.	19
Ilustración 6. Organigrama de Mantenimiento.	20
Ilustración 7. Sistema granelero de la sociedad Portuaria de Barranquilla.	31
Ilustración 8. Operación de Descargue de Maíz en Muelle 5.	32
Ilustración 9. Báscula de Bache BP-5000-G.....	36
Ilustración 10. Diagrama de Flujo del Sistema Granelero.....	38
Ilustración 11. Rutas de descargue de Muelle 5.	40
Ilustración 12. Rutas de descargue de Muelle 6.	40
Ilustración 13. Banda de Muelle 6.....	41
Ilustración 14. Elevadores de cangilones Torre norte y sur.	42
Ilustración 15. Banda reversible del sistema granelero.	43
Ilustración 16. Modelo de Transportador de arrastre de paletas.	43
Ilustración 17. Transportador portátil de 6 metros usados en muelle 6.	44
Ilustración 18. Equipos en operación de descargue.	44
Ilustración 19. Organigrama del área de mantenimiento SPRB.	45
Ilustración 20. Organigrama Mantenimiento granel y equipos fijos.....	47
Ilustración 21. Diagrama de flujo de las actividades actuales de Mto.	48
Ilustración 22. Diagrama de Areas de Mantenimiento.	49
Ilustración 23. Organigrama Operativo de Mantenimiento de Equipos Fijos.	50
Ilustración 24. Porcentajes de Fallos Por Sistemas.....	52
Ilustración 25. Diagrama Pareto de modos de fallas estructurales.	53
Ilustración 26. Diagrama Pareto de modos de fallas sistema eléctrico.	55
Ilustración 27. Diagrama Pareto de modos de fallas sistema hidráulico.....	56
Ilustración 28. Diagrama de Decisión metodología RCM.	63

RESUMEN

TITULO: MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA LAS CUCHARAS DE LA SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL BARRANQUILLA

AUTOR (ES): FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO, RCM, SISTEMA GRANELERO, MODO DE FALLA, BANDA TRANSPORTADORA, SOBRECARGA, EFECTO DE FALLA, EQUIPO.

CONTENIDO:

La idea del mantenimiento está cambiando, es por ello que en esta monografía se evidencia el desarrollo de un modelo de mantenimiento basado en RCM para los equipos que intervienen en el descargue de buques a granel de la empresa Sociedad Portuaria de Barranquilla, llevado a cabo para satisfacer la necesidad de minimizar los impactos en la operación causados por la falta de disponibilidad y fallas de los equipos que conforman el sistema, estos generan demoras en el tiempo de descargue, a raíz de variables como lo es la baja capacidad de flujo, fallas de los equipo o mala operación. Para lograr determinar las tareas o actividades que se deben ejecutar para prevenir las fallas, se respalda en la aplicación de la metodología de mantenimiento RCM el cual acrecienta la confiabilidad operacional de los equipos.

Este perfeccionamiento está soportado y apoyado por la información técnica de los equipos almacenada en la base de datos del sistema de información, el conocimiento y experiencia del personal que opera y mantiene a los mismos. Una vez desarrollado esto, la metodología RCM, a través del diagrama de decisión, entrega de forma estructurada, las actividades necesarias para preservar la función del activo. Teniendo en cuenta que si se aplica correctamente, RCM transforma la relación entre el personal involucrado, la operación en sí misma, y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla. De esta forma, se logra optimizar las actividades de mantenimiento, depurando todas aquellas tareas que no agregan valor.

La efectividad de este debe estar enlazado de un compromiso el cual es la realización de las tareas resultantes del RCM y un seguimiento constante por parte del personal de mantenimiento, logrando así encontrar las oportunidades de mejora en el modelo planteado que permitan incrementar la efectividad del mismo y lograr los objetivos propuestos a través del tiempo.

* Monografía de grado

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Daniel Ortiz Plata.

ABSTRACT

TITLE: RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM) MODEL FOR THE SPOONS OF THE BARRANQUILLA'S PORT SOCIETY

AUTHOR (S): FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

KEY WORDS: MAINTENANCE, RCM, BULK SYSTEM, FAILURE MODE, CONVEYOR BELT, OVERLOAD, FAILURE EFFECT, EQUIPMENT.

CONTENT

The maintenance idea is changing, therefore in this monograph is demonstrate the development of a maintenance model base in RCM for the equipment that intervene in the unload of bulk carries for the company Barranquilla's port society, carrying trough to satisfy the needs to minimize the operations impacts causing by the availability shortage and equipment fails that conforms the system, this generates unloads delays, due to variable such as the low flow capacity, equipment fails or bad operations. To get determine the tasks or activities that has to be executed to prevent fails, it support in the application of the RCM maintenance methodology which increase the equipment operational reliability.

This perfection is supported and based by the equipment technical information store on the information system data base, knowledge and the staff experience who operates and maintenances them. Once developed the RCM methodology trough the decision diagram, delivers in a organize form, the necessaries activities to preserve the function assets. Considering that if is apply correctly, RCM transform the relation between the involved staff, the operation itself, and the personnel in charge of make it work and to maintenance. That way, it achieve to optimize the maintenance activities, debugging all those tasks that not add value.

The effectiveness of this must be connected of a compromise which is the realization of the RCM resultants tasks and a constant tracking by the maintenance personnel, managing to find the opportunities an improvement on the set out model that allows increasing the effectivity itself and achieve the proposed goals through time.

* Monografía de grado

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Daniel Ortiz Plata.

INTRODUCCIÓN

El Puerto de Barranquilla se constituye como plataforma logística que conecta a Colombia con el resto del mundo, ofreciendo servicios agregados a la carga como lo son contenedores, refrigerados y congelados, carga general, granel, granel líquido y coque, orientados a satisfacer las necesidades de sus clientes, con más 80 años de experiencia como terminal marítima y fluvial, esta se sitúa a 22 Km de la desembocadura del Río Magdalena, es la principal terminal portuaria multipropósito del Caribe colombiano. El puerto abarca una superficie de 94 hectáreas, con una longitud total de muelles de 1058 metros.

La carga a granel tiene una importante participación en la terminal, ya que representa el 41% de la carga total que llega a esta. El puerto cuenta con un sistema granelero con capacidad para descargar hasta 14.000 toneladas/día de granel, a una rata de hasta 600 toneladas/hora, y recibe dos buques simultáneamente, almacenando el granel en diferentes bodegas; para llevar a cabo este proceso se necesitan distintos equipos como lo son cucharas, tolvas móviles, transportadoras de arrastre portátil y todo el complejo granelero, los cuales deben estar en óptimas condiciones. Es muy importante tener en cuenta que se debe mantener siempre disponibles y con una alta confiabilidad estos equipos, ya que una gran proporción del negocio depende de la operatividad de ellos. Algunos de los servicios ofrecidos con este tipo de carga son 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, entre otros.

Los procesos de mantenimiento buscan mantener los equipos en condiciones adecuadas para así permitir la buena realización de la función que deben cumplir, aumentar la productividad y durabilidad de la maquinaria y reducir al máximo las fallas que puedan presentarse mientras se están realizando los trabajos en el sistema granelero, 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 y esta manera aumentar la competitividad de la compañía.

Esta monografía tiene como objetivo dar solución a algunas problemáticas presentadas en el sistema de granel a través de un plan de mantenimiento en

respuesta a las fallas funcionales que presentan sus equipos, se mostrara el estado actual del sistema de granelero de la planta logística portuaria regional de Barranquilla, cuales son las fallas más críticas y con qué frecuencia se presentan.

Mediante la metodología RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) podremos establecer el tipo de mantenimiento que se ejecutara en el sistema, cuando y de qué manera se deben efectuar, estableciendo frecuencias justas y necesarias de las actividades. Todo este se realizara con el fin de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de sus activos, disminuyendo significativamente las paradas no programadas de los equipos, para que así las pérdidas económicas por penalizaciones e incumplimiento en tiempos de descargas disminuyan de manera significativa.

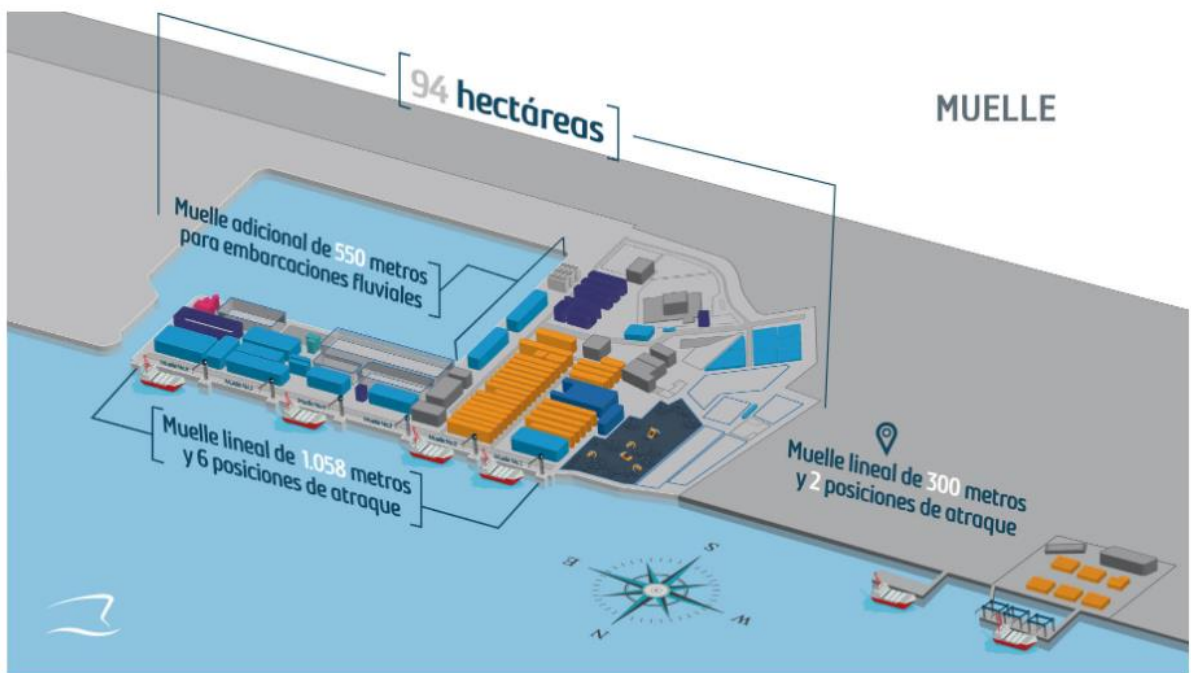
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 MARCO CONTEXTUAL

Barranquilla es conocida como la Puerta de Oro de Colombia ya que a través de esta entraron al país importantes adelantos tecnológicos como la radio, el cine, la televisión, la aviación, el ferrocarril, la navegación fluvial, entre otros, lo cual fue posible gracias a su condición natural de ciudad – puerto.

El Puerto de Barranquilla – Sociedad Portuaria, es la terminal más antigua del territorio y en el 2020 cumple 84 años de constitución.

Ilustración 1. Puerto de Barranquilla – Sociedad Portuaria



1.4.3

1.4.4

1.4.5

1.4.6

1.4.7

1.4.8

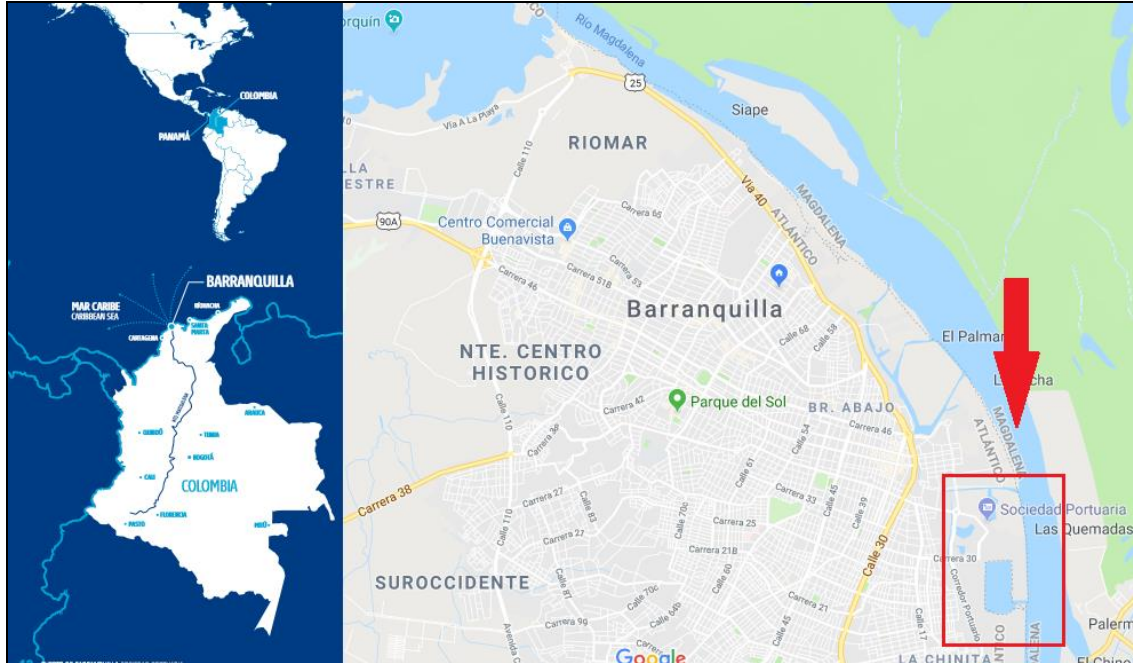
1.1.1 Reseña Histórica. A continuación, encontraremos las fechas en las que se presentaron hechos relevantes para la conformación de lo que ahora es el puerto de Barranquilla, son sucesos que ayudaron a generar confianza y una experiencia de más de 80 años en servicios portuarios:

- En 1925 se inicia las obras de construcción de Bocas de Cenizas por parte de firma norteamericana Ullen.

- En 1930 Debido a múltiples variaciones en el proyecto que generaron sobrecostos, se finaliza el contrato con la empresa.
- norteamericana y el Gobierno Nacional asume la responsabilidad del proyecto.
- En 1935 Gracias a las obras adelantadas, fue posible que atracara en Barranquilla el buque tanque petrolero Taralalite.
- En 1964 Después de haber perdido gran parte de la carga que se movilizaba por la ciudad, gracias a la ejecución de varias obras en el canal de acceso, a partir de 1964 la navegación por Bocas de Cenizas se regularizó y presentó una relativa estabilidad. El canal casi siempre se mantuvo con una profundidad superior a los 30 pies.
- En 1994 Se crea la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A. (SPRB), una empresa de economía mixta, para la operación, administración y comercialización del Terminal Marítimo y Fluvial de Barranquilla. El 13 de diciembre de 1936 el Terminal le fue entregado en concesión por parte de la Nación para un periodo de 20 años.

1.1.2 Ubicación De La Empresa. La Sociedad Portuaria de Barranquilla, se encuentra ubicada en la costa norte de Colombia, en la ciudad de barranquilla, capital del departamento del Atlántico. Situada a 22 km de la desembocadura del Río Magdalena, es la principal terminal portuaria multipropósito del Caribe colombiano. El puerto abarca una superficie de 94 hectáreas, con una longitud total de muelles de 1058 metros. Está equipado para la manipulación de contenedores, carga refrigerada y congelada, carga general y carga proyecto, gráneles y coque.

Ilustración 2. Ubicación del Puerto de Barranquilla



1.1.3 Carga a 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.

1.1.4 Políticas 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.

Ilustración 3. Mapa Estratégico 2018 - 2020



Dentro de sus hábitos corporativos figura:

- **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:** como herramientas importante en el desarrollo del puerto; 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

- *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.
- *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.
 - *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.

1.1.5 Políticas

- Políticas de Alcohol y Drogas.
- Política Tratamiento de Datos Personales
- políticas del Sistema de Gestión Integral
- Puerto de Barranquilla.
- BITCO.
- OSI TRADEMAR.

Política de Transparencia

- Código de Ética y Conducta.
- Manual de Conflictos de Interés.

Política de Seguridad Vial

- Políticas de no uso de equipos de comunicación móviles.
- Política de señalización y demarcación.
- Política de socialización y actualización de la información.
- Política de uso de cinturón de seguridad.
- Política de regulación de horas de conducción y descanso.

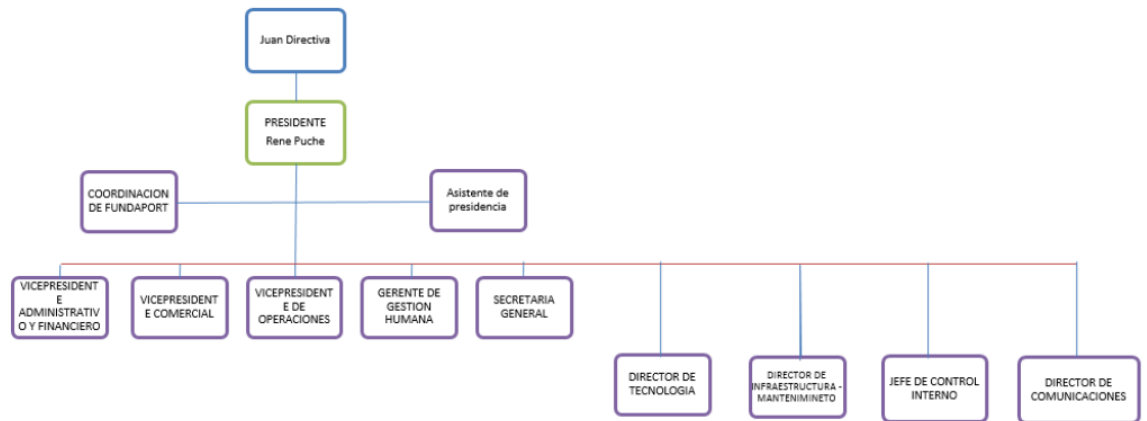
- Política regulación de velocidad.
- Política de seguridad vial.

Política de SST

- Política SST SPRB.
- Política SST RÍO GRANDE.
- Política SST OSI TRADEMAR
- Política de Buen Gobierno Corporativo
- Código de Buen Gobierno.

1.1.6 Estructura Organizacional

Ilustración 4. Organigrama SPRB.



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

Ilustración 5. El proceso de mantenimiento.

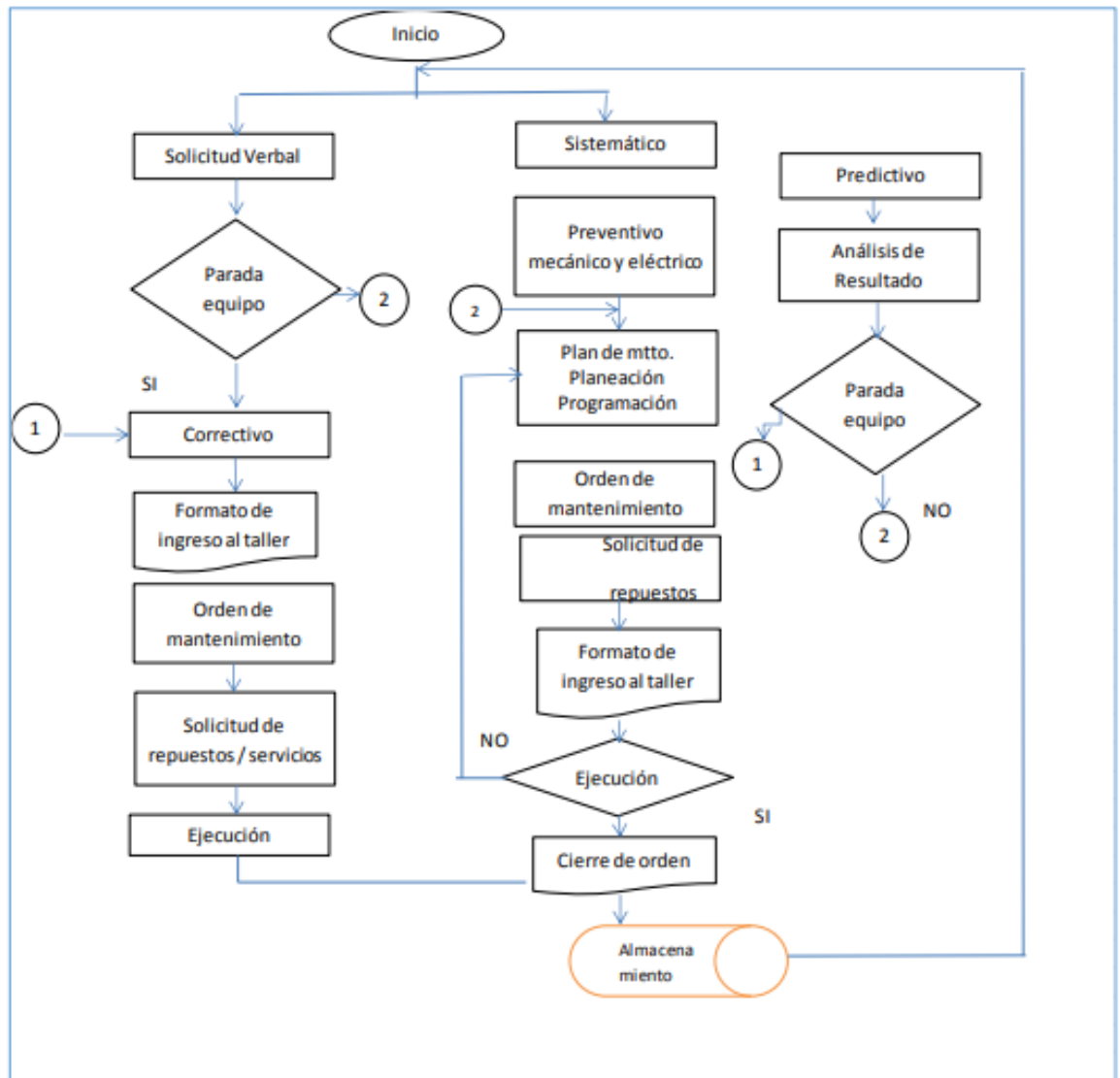
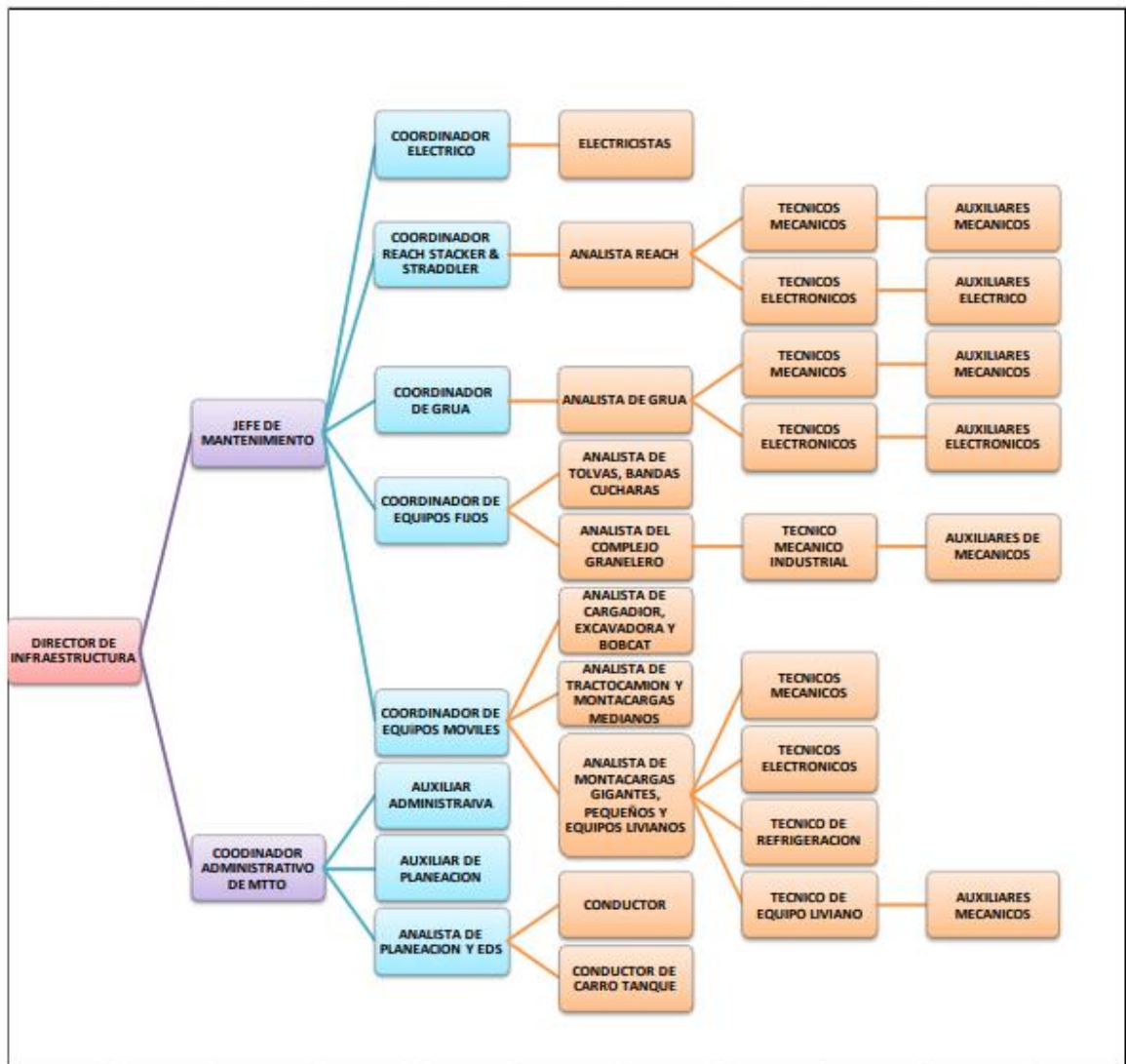


Ilustración 6. Organigrama de Mantenimiento.



2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Sociedad Portuaria Regional Barranquilla se encarga de la recepción, almacenamiento, carga, descarga, inspección, movilización y despacho, a través de diferentes tipos de maquinaria que están dispuestas dependiendo de las cargas que tengan que manejar el área de la empresa.

Una de las cargas es la de granel, las cuales son cargadas y descargadas por sistema granelero, siendo estos equipos los más críticos por su operación en el recibo y despacho de buques del puerto. Debido a que esta compañía tiene un volumen alto de trabajo con una capacidad de descarga 14000ton/día y una rata de hasta 600ton/hora.

Es por ello que la afectación por paradas no programadas y sobre esfuerzo en los sistemas lo que origina que se detenga prolongadamente las operaciones, lo que afecta en un 60% la disponibilidad y la confiabilidad por debajo de 50horas de operación, esto genera descontento en los clientes por despachos atrasados, obliga a que para poder cumplir se caiga en costos adicionales a nivel logística para poder satisfacer las necesidades del cliente pero impactándose el factor económico de la empresa.

El grupo de cucharas hace parte de estos equipos críticos del sistema granelero y se convierten en una de las más críticas para el área de mantenimiento, debido a que si los márgenes de disponibilidad y confiabilidad son bajos, se ve afectada la capacidad de descarga del puerto.

Por esto se propone un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) que logre minimizar esas paradas no programadas, aumentando la disponibilidad y confiabilidad, lo que minimizaría el impacto económico y mejoraría la satisfacción del cliente al cumplir los tiempos pactados.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo General. Diseñar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para cucharas del complejo granelero de la sociedad portuaria regional barranquilla.

2.2.2 Objetivos Específicos.

- Revisar el estado actual del mantenimiento de las Cucharas en el área de equipos fijos.
- Identificar y unificar criterios de las fallas más recurrentes en los sistemas del grupo de cucharas.
- Analizar las fallas frecuentes de los registros de las órdenes de mantenimiento (SAP).
- Definir la criticidad de las falla de cada uno de los sistemas de las Cucharas.
- Aplicar metodología RCM desarrollado con base a la criticidad de los sistemas, análisis de fallas más recurrentes, fallas funcionales, modos de fallas, efectos, identificación de consecuencias de las fallas, determinar tareas proactivas y planes de acción.

2.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Uno de los objetivos principales de la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla es ofrecerles a sus clientes productos y servicios de excelente calidad, con un promedio de tiempos de respuestas optimizados para generar confianza y generar una rentabilidad del negocio, esto es directamente proporcional a los costos de operación.

La estrategia que implemente el área de mantenimiento es fundamental debido a que si se aumenta la disponibilidad y confiabilidad del grupo de cucharas de los equipos fijos, los beneficios económicos aumentan y el área de mantenimiento, será vista como una unidad importante para el área de producción.

Por esto se propone una metodología de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) que permita desarrollar un modelo que a través del análisis de los equipos y el estudio estadístico, se pueda optimizar los recursos e insumos y disminuir las paradas no programadas, de esta manera aumentar los beneficios económicos de la empresa en la prestación de servicio.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

¹El 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".

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

3.2 CONFIABILIDAD

Se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas en un intervalo de tiempo, y es una medida de la probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado; así, es una medida del éxito para una operación libre de fallas.

¹JACOME, Viviana- PIÑERES, Jesús, Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para cargadores 938 h caterpillar de la sociedad portuaria regional de barranquilla; Proyecto de Grado de especialización de gerencia de mantenimiento, UIS. 2017 Pág. 44.

Frecuentemente, ésta es expresada como: $R(t) = \exp(-t/MTBF) = \exp(-It)$ donde I es la tasa constante de falla y MTBF es el Tiempo Medio Entre Fallas.

El MTBF mide el tiempo entre las fallas del sistema y es más fácil de entender que un número de probabilidad. Para los modos de falla distribuidos exponencialmente, el MTBF es un índice básico de confiabilidad (la tasa de falla, I , es el recíproco del MTBF). Para un tiempo de corrida dado con el fin de lograr una alta confiabilidad, se requiere un gran MTBF².

3.3 DISPONIBILIDAD EN MANTENIMIENTO

Se describe en términos cuantitativos como: tiempo en línea, tiempo de factor de corrida, falta de paradas, y un buen número de términos operativos coloquiales, que incluyen un mínimo valor para la disponibilidad operacional. Aunque muchos equipos no están en operación permanente, los Departamentos de Producción quieren que estén disponibles por lo menos una cantidad específica de tiempo con el fin de completar sus tareas, por lo que se necesita un mínimo valor de disponibilidad.

La disponibilidad diverge de la duración del tiempo en servicio por operaciones, y es una medida de qué tan frecuente el sistema está bien y listo para operar. Esta es frecuentemente expresada como (tiempo en servicio)/ (tiempo en servicio + tiempo en parada) con muchas variantes

3.4 ANALISIS DE CRITICIDAD.

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Es importante puntualizar que, en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos.

² H. Paul Barringer, de Barringer & Associates. DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y CAPACIDAD. Pág. 5

3.5 CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función donde se observa que la jerarquía de los activos la constituyen grupos consecutivos³

3.6 EL RCM

En los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento.

Estas teorías también se han ampliado con estudios efectuados en grandes flotas de transporte urbano, y aunque no se pueden aplicar a la totalidad de una fábrica u otra empresa, debido a la falta de homogeneidad en los equipos instalados a las grandes diferencias entre fábricas y a la carencia de organismos que regulen, que coordinen y tengan autoridad en lo que respecta a la práctica del mantenimiento.

RCM se llama Mantenimiento centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente. No se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los activos y sistemas que la brindada por sus diseñadores.

Cada componente tiene su propia y única combinación de modos de falla, con sus propias intensidades de falla. Cada combinación de componentes es única y las fallas en un componente pueden conducir a fallas en otros componentes. Cada sistema opera en un ambiente único consistente de ubicación, altitud, profundidad, atmósfera, presión, temperatura, humedad, salinidad, exposición a procesar fluidos o productos, velocidad, aceleración, entre otros.

3.6.1 EL RCM: siete preguntas básicas.

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

³ HUERTA MENDOZA R. El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Septiembre 2000.

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: ¿Cuáles son las funciones? ¿De qué forma puede fallar? ¿Qué causa que falle? ¿Qué sucede cuando falla? ¿Qué ocurre si falla? ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas? ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?⁴

3.6.2 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.

3.6.3 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.

3.6.4 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.

⁴ PÉREZ J. Carlos Mario, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM), Por John Moubray, traducido y adaptado. Pág. 1:3

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.

3.6.5 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.

3.6.6 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 ciscada 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.

3.6.7 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 critico 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.

3.7 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.

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:

3.7.1 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.

3.7.2 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 remplazar el equipo en su totalidad.

4. COMPLEJO GRANELERO DEL SISTEMA GRANELERO

4.1 DESCRIPCIÓN

El puerto de Barranquilla cuenta con un sistema granelero, el cual se encuentra conformado por tolvas móviles, bandas transportadoras, elevadoras de cangilones, basculas de bache y transportadores de cadenas de arrastre. Este sistema funciona como una línea de producción, la cual recibe la carga del buque, como entrada y lo ubica en cada una de las bodegas como producto final. Este tiene la 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.

Ilustración 7. Sistema granelero de la sociedad Portuaria de Barranquilla.



Este complejo está diseñado para descargar un buque de 30 mil toneladas, en menos de 3 días, impactando directamente en la disponibilidad de muelle, abriéndole la posibilidad de ingreso a un nuevo buque. Este dato es importante dado que si se compara esta rata de descargue (14 mil Ton/día) con la rata de otro tipo de carga, ya sea contenedores o carga general, se puede dimensionar la importancia de este sistema, puesto que en promedio un buque de carga general con ese mismo peso, puede tardar entre 5 y 6 días.

Ilustración 8. Operación de Descargue de Maíz en Muelle 5.



4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

El sistema granelero es un conjunto de equipos que trabajan en serie, para cumplir con la tarea de descargar los buques con carga de granel limpio. Este conjunto de equipos, lo componen las tolvas graneleras, los transportadores portátiles, las bandas transportadoras de muelle, los elevadores de cangilones, las basculas de bache, la banda reversible, los transportadores de arrastre de paletas, los compresores, el cuarto de control de operaciones (CCO) y el cuarto de control de motores (CCM), que es lugar donde se encuentran los sistemas de protección, guarda motores, arrancadores suave, PLC, etc...

En la Tabla 1. Se presentan las especificaciones técnicas de los equipos que componen el sistema granelero. Datos como potencia de los motores, marca, sistema de transporte, largo de banda y capacidad de arrastre.

Tabla 1. Especificaciones técnicas de los equipos del sistema granelero.

Motor	Potencia	Marca	Características
Banda Muelle 5	125 hp	Reliance electric	Banda 4 lonas de 36" de Ancho X 247 Mts de Largo
Banda Muelle 6	100 hp	Reliance electric	Banda 4 lonas de 36" de Ancho X 198 Mts de Largo
Elevador Cangilones #1	100 hp	ABB	Elevador de 3 hileras de Cangilones de 16"X8" de 26 Mts de alto
Elevador Cangilones #2	100 hp	ABB	Elevador de 3 hileras de Cangilones de 16"X8" de 26 Mts de alto
Elevador Cangilones #3	100 hp	ABB	Elevador de 3 hileras de Cangilones de 16"X8" de 26 Mts de alto
Elevador Cangilones #4	75 hp	ABB	Elevador de 3 hileras de Cangilones de 16"X8" de 26 Mts de alto
Transp Ext Bodega 6A	40 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 12 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Int #1 Bodega 6A	60 hp	Baldor reliancer	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Int #2 Bodega 6A	60 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Int #3 Bodega 6A	60 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Int #4 Bodega 6A	60 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Ext Bodega 6	30 Hp	SEW	Transportador de Paletas de 15 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Banda Interna Bodega 6	48 hp	Flender	Banda 4 lonas de 36" de Ancho X 198 Mts de Largo
Transp Subterraneo Bodega 6	18 hp	Flender	Transportador de Paletas de 8 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Banda Reversible	30 hp	Reliance electric	Banda 3 lonas de 30" de Ancho X 48 Mts de Largo
Banda Externa Bodega 7A-7	25 hp	Reliance electric	Banda 3 lonas de 30" de Ancho X 25 Mts de Largo
Transp Int #1 Bodega 7A	60 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 30 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Int #2 Bodega 7A	60 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 30 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp Ext #1 Bodega 7	40 hp	Brook Crompton	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 600 Ton/hr
Transp #1 Pasarela #1 Bodega 7	75 hp	ABB	Transportador de Paletas de 40 Mts de largo con capacidad de 200 Ton/hr
Transp #2 Pasarela #1 Bodega 7	30 Hp	SEW Eurodrive	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 200 Ton/hr
Transp #1 Pasarela #2 Bodega 7	50 hp	ABB	Transportador de Paletas de 40 Mts de largo con capacidad de 200 Ton/hr
Transp #2 Pasarela #2 Bodega 7	50 hp	Flender	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 200 Ton/hr
Transp #1 Pasarela #3 Bodega 7	75 hp	ABB	Transportador de Paletas de 40 Mts de largo con capacidad de 200 Ton/hr
Transp #2 Pasarela #3 Bodega 7	30 hp	SEW Eurodrive	Transportador de Paletas de 20 Mts de largo con capacidad de 200 Ton/hr

En la tabla 2. Se muestran las características técnicas que tienen los compresores del proceso, los cuales son 2 compresores que trabajan en redundancia, con motores de 40 Hp y un consumo de 125 Cfm.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del compresor Ingersoll Rand.

60Hz	UP6 40				UP6 50PE UP6 50PEI			
	HF50-PE	EP50-PE	HP50-PE	HXP50-PE	HF50-PE	EP50-PE	HP50-PE	HXP50-PE
COMPRESOR	115	125	150	200	115	125	150	200
Presión máxima de trabajo psig (barg)	115 (8.0)	125 (8.5)	150 (10.3)	200 (13.8)	115 (8.0)	125 (8.5)	150 (10.3)	200 (13.8)
Presión de recarga fijada en fábrica psig (barg)	105 (7.2)	115 (7.9)	140 (9.9)	190 (13.1)	105 (7.2)	115 (7.9)	140 (9.9)	190 (13.1)
Medida del gasto cfm (m³/min)	188 (5.32)	185 (5.24)	170 (4.81)	143 (4.05)	212 (6.02)	208 (5.89)	201 (5.70)	167 (4.73)
Temperatura máxima de descarga de la unidad compresora	216° F (102° C)							
Temperatura ambiente de trabajo mínima a máxima	(35° F) - (104° F)(35° F) - (104° F)36° F(+2° C) → 105° F(+40° C)				(35° F) - (104° F)(35° F) - (104° F)36° F(+2° C) → 115° F(+46° C)			
MOTOR	ODP				TEFC			
Envolvente del motor	40HP				50HP			
Potencia nominal	1775 RPM				1775 RPM			
Número de revoluciones	324T				326T			
Tipo de construcción	324T				326T			
Arrollamiento F	F							
REFRIGERADOR – Refrigeración por aire								
Corriente volumétrica de aire refrigerante mediante motor de ventilador separado	3100 ft³/min (87.8m³/min)				3900 ft³/min (110m³/min)			
Caudal de aire refrigerador del secador	1200 ft³/min (34m³/min)							
Presión libre para conductos de aire	0.5 inWg (12.7mmH₂O) (no recomendado para aberturas del secador)							

En la Tabla 3, se presentan las características técnicas de las básculas de bache BP-5000-G. Donde se muestra cuál es su capacidad, y cuáles son sus principales características. La báscula de paso BP5000-G ha sido diseñada únicamente para pesaje de material de flujo libre, tiene una precisión estática de 0,1%, precisión

dinámica estimada de 0,2% del total acumulado y capacidad de 600 Ton/h con base en densidad de trigo de 0,75 Kg/m³.

Tabla 3. Especificaciones técnicas de las Básculas de bache BP-5000-G

<p><u>Tolva pesadora con la siguiente descripción:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Capacidad de 3500 kg por bache, su parte recta está construida en acero al carbón y su transición de salida en acero de alta resistencia a la abrasión.- Para su descarga tiene doble compuerta tipo radial operada neumáticamente y sensor inductivo para confirmación de posición cerrada.- La tolva pesadora se encuentra apoyada directamente en cuatro celdas de carga tipo viga, de procedencia americana, de 5000 lb de capacidad nominal c/u fabricadas en acero inoxidable con protección al ambiente IP-68. Incluyen monturas auto-nivel antes fabricadas en acero al carbón zincado.- Caja de unión de celdas con potenciómetros para ajuste individual, con carcasa en acero inoxidable NEMA 4X y prensaestopas para entrada de cables.- Marco estructural fabricado en acero al carbón A-36 para ser anclado a estructura de apoyo del sistema, el cual recibe las monturas de las celdas de carga que a su vez soportan la tolva pesadora.- Incluye toda la neumática requerida para su normal funcionamiento tales como unidad de mantenimiento, cilindros, electroválvulas y presóstato para generar alarmas por baja presión de aire.- Todo el equipo es terminado exteriormente utilizando primer imprimante epóxico, barrera epóxica y pintura de acabado final epóxica, cada capa de 3 mills de espesor para un espesor total de 9 mills.
<p><u>Sistema automático para verificar calibración con:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Cuatro pesas patrón de 500 kg cada una, fabricadas en lámina de acero al carbón y calibradas en laboratorio de metrología debidamente certificado ante la superintendencia de industria y comercio colombiana.- Cilindros neumáticos para el levantamiento de las pesas con sus respectivos accesorios de sujeción.- Sensores para detección de posición extendida de los cilindros levantadores de pesas, su función es asegurar que no hay cargas adicionales antes de iniciar operación de la báscula.- Incluye todos los accesorios neumáticos para su normal funcionamiento.
<p><u>Sistema de doble pesaje “Double Check” el cual incluye:</u></p> <p>Cuatro celdas de carga tipo viga adicionales, incluidas en un sistema de pesaje totalmente independiente al suministrado con la báscula. Cada sistema de pesaje está compuesto por cuatro celdas de carga los cuales envían una señal al controlador por un módulo análogo digital independiente y el controlador hace una comparación entre los dos pesajes detectados. En caso de que haya una diferencia significativa entre ambas lecturas, la máquina generará una alarma que diagnostica un problema de calibración o de celdas de carga. Sí después de un número configurable de ciclos, luego de ser generada la alarma el problema no se ha corregido, la máquina automáticamente detendrá la operación para obligar al operador a revisar y corregir el problema. Caja de unión de celdas con potenciómetros para ajuste individual, con carcasa en acero inoxidable NEMA 4X y prensaestopas para entrada de cables. En caso de daño de una</p>

celda de carga, se puede trabajar con un solo juego de celdas dejando fuera de servicio el sistema "Double Check" temporalmente, mientras se reemplaza la celda dañada.

Ilustración 9. Báscula de Bache BP-5000-G

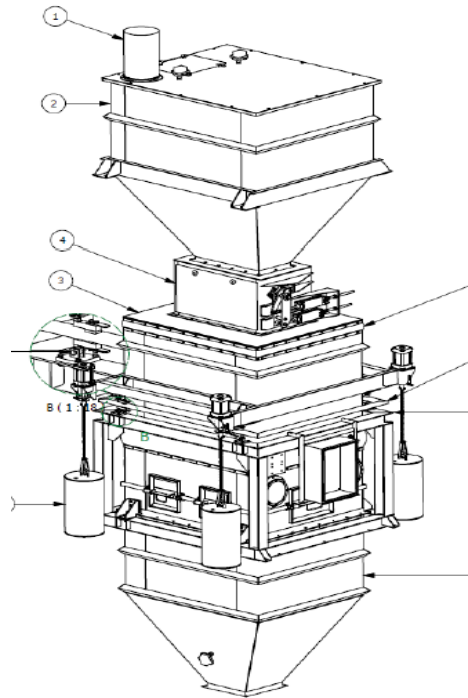


Tabla 4. Especificaciones Técnicas Transportadores de Arrastre muelle 5

<p style="text-align: center;">TABLA DE CONFIGURACION DE EQUIPOS DE ELEVACION Y TRANSPORTE / ELEVATION AND CONVEYOR CONFIGURATION CHART</p>											
CLIENTE / CLIENT	SPRB			VOLTAJE / VOLTAGE	440		v	REVISION / EDITION: 4			
PROYECTO/ PROJECT	PLANTA			FRECUENCIA / FREQUENCY	60		Hz				
PAIS / COUNTRY	BARRANQUILLA			NOTAS /NOTES	APROVECHAMIENTO DE MOTORES DE 0.75 KW EN PLANTA						
INSTRUCTIVO / JOB ORDER	162-08			LAS CASILLAS RESALTADAS INDICAN CAMBIOS REALIZADOS CON REFERENCIA A LA REVISION ANTERIOR							
FECHA DE EMISION / EMISSION DATE	25/02/09			THE CELLS HARKED HAVE CHANGES IN REFERENCE WITH THE LAST EDITION							
PARAMETRO	PARAMETER	UNIDADES	UNIT	TRANSPORTADORES / CHAIN CONVEYORS							
				T1 (TA - 16)	T2 (TA - 16)	T3 (TA - 16)	T12 (TA - 16)	T14 (TA - 16)	T15(TA - 16)	T24 (TA - 16)	
LONGITUD TOTAL	TOTAL LENGHT	METROS	METER	9,40	9,40	9,40	27,52	10,60	10,60	46,00	
POTENCIA REQUERIDA	POWER REQUIRED	HP	HP	10	10	10	30	10	10	50	
POTENCIA MOTORREDUCTOR	MOTORGEAR POWER	KW	KW	7,5	7,5	7,5	22	7,5	7,5	37	
REF. MOTORREDUCTOR	MOTORGEAR REFERENCE	DATO	DATA	R87DV132H4	R87DV132H4	R87DV132H4	R107DV180H4	R87DV132H4	R87DV132H4	R137DV225S4	
RPM	RPM	DATO	DATA	80	80	80	88	80	80	80	
F.S.	SERVICE FACTOR	DATO	DATA	1,7	1,7	1,7	1,4	1,7	1,7	1,8	
PIÑON CONDUCTOR	SPROCKET DRIVER	REFERENCIA	REFERENCE	808165	808165	808165	1408165	1008165	1008165	1208160	
PIÑON CONDUCCIO	SPROCKET DRIVEN	REFERENCIA	REFERENCE	808525	808525	808525	1408515	1008525	1008525	1208450	
DIAMETRO EJES	AXIS DIAMETER	PULGADAS	INCHES	2,3/4 - 2	2,3/4 - 2	2,3/4 - 2	3, 1/4 - 2"	2,3/4, 2	2,3/4, 2	88MM - 2	
MODULOS 2.4 M	STANDAR MODULES (2.4 M)	CANT	QTY	3	3	3	11	3	3	19	
MODULO ESPECIAL	SPECIAL MODULE (LENGTH)	METROS	METERS	0,52	0,52	0,52	0	1,72	1,72	0	
RODAMIENTOS	BEARINGS	PULGADAS	INCHES	2" - 2"	2" - 2"	2" - 2"	3" - 2"	2,1/2" - 2"	2,1/2" - 2"	3" - 2"	
ESPECIFICACIONES DE PINTURA	CABEZA Y COLA	RAL	RAL	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	
	CUERPO	RAL	RAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	
ESPECIFICACIONES DE MATERIAL	ACCESORIOS	RAL	RAL	-	-	-	-	-	-	-	
	CABEZA Y COLA	TIPO	TYPE	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	LAIN CR NEGRA GALV	
	CUERPO	TIPO	TYPE								

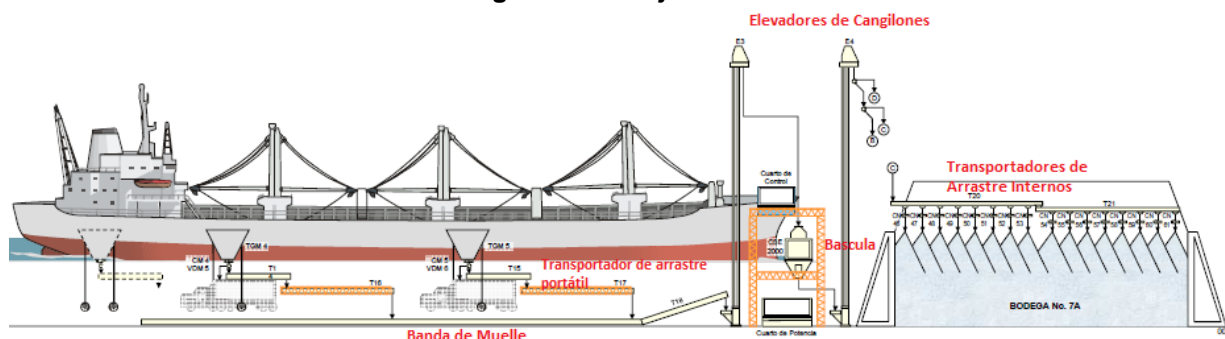
Tabla 5. Especificaciones técnicas transportadores muelle 6.

PARAMETRO	PARAMETER	UNIDADES	UNIT	TRANSPORTADORES / CHAIN CONVEYORS						
				T26 (TA - 16)	T28 (TA - 16)	T4 (TA - 16)	T5 (TA - 16)	T6 (TA - 16)	T16(TA - 16)	T17 (TA - 16)
LONGITUD TOTAL	TOTAL LENGTH	METROS	METER	69,08	69,08	13,6	13,6	13,6	6,64	6,64
POTENCIA REQUERIDA	POWER REQUIRED	HP	HP	75	75	15	15	15	7,5	7,5
POTENCIA MOTORREDUCTOR	MOTORGEAR POWER	KW	KW	55	55	11	11	11	5,5	5,5
REF. MOTORREDUCTOR	MOTORGEAR REFERENCE	DATO	DATA	R137DV250M4	R137DV250M4	R97DV160M4	R97DV160M4	R97DV160M4	R77DV132S4	R77DV132S4
RPM	RPM	DATO	DATA	90	90	86	86	86	90	90
F.S.	SERVICE FACTOR	DATO	DATA	1,45	1,45	2,2	2,2	2,2	1,4	1,4
PIÑON CONDUCTOR	SPROCKET DRIVER	REFERENCIA	REFERENCE	140B18T	140B18T	120B16S	120B16S	120B16S	80B16S	80B16S
PIÑON CONDUCCION	SPROCKET DRIVEN	REFERENCIA	REFERENCE	140B59T	140B59T	120B50S	120B50S	120B50S	80B52S	80B52S
DIAMETRO EJES	AXIS DIAMETER	PULGADAS	INCHES	3, 1/2" - 2, 1/2"	3, 1/2" - 2, 1/2"	2, 1/4" - 2	2, 1/4" - 2	2, 1/4" - 2	2" - 2"	2" - 2"
MODULOS 2.4 M	STANDAR MODULES (2,4 M)	CANT	QTY	29	29	5	5	5	2	2
MODULO ESPECIAL	SPECIAL MODULE (LENGTH)	METROS	METERS	0,52	0,52	0	0	0	0	0
RODAMIENTOS	BEARINGS	PULGADAS	INCHES	3, 1/2" - 2"	3, 1/2" - 2"	3, 1/2" - 2"	3, 1/2" - 2"	3, 1/2" - 2"	2"	2"
ESPECIFICACIONES DE PINTURA	CABEZA Y COLA	RAL	RAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL
	CUERPO	RAL	RAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL	GAL
	ACCESORIOS	RAL	RAL	-	-	-	-	-	-	-
ESPECIFICACIONES DE MATERIAL	CABEZA Y COLA	TIPO	TYPE	LAM CR NEGRA GALV	LAM CR NEGRA GALV	LAM CR NEGRA GALV	LAM CR NEGRA GALV	LAM CR NEGRA GALV	LAM CR NEGRA GALV	LAM CR NEGRA GALV
	CUERPO	TIPO	TYPE	LAM GALV	LAM GALV	LAM GALV	LAM GALV	LAM GALV	LAM GALV	LAM GALV

4.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA GRANELERO

En la Siguiete gráfica se muestra gráficamente el diagrama de flujo de una operación de descarga de un buque granelero por medio del sistema granelero.

Ilustración 10. Diagrama de Flujo del Sistema Granelero



4.3.1 Paso a paso del proceso de descarga por medio del sistema granelero:

1. Se ubican los equipos portuarios en muelle antes del atraque del buque.
2. Se revisa la ruta hacia la bodega donde se va almacenar la carga.
3. Se amarra el buque, y se acomodan tolvas en cada una de las diferentes bodegas.
4. Por medio de cucharas de 12 metros cúbicos, se descargan las bodegas hacia las tolvas graneleras.
5. Las tolvas tienen unos transportadores de arrastre, lo cuales entregan el producto a otros transportadores portátiles.

6. Los transportadores portátiles entregan la carga a una banda transportadora que está ubicada a lo largo del muelle.
7. La banda de muelle le entrega la carga, al primer elevador de cangilones.
8. El primer elevador de cangilones sube el producto, a casi 25 metros de altura, y por medio de la fuerza centrífuga, le entrega la carga a un ducto bajante, el cual lo lleva hasta la bascula de bache.
9. La bascula de Bache, pesa el producto y lo suelta para el segundo elevador de cangilones.
10. El segundo elevador de cangilones, sube el grano nuevamente para iniciar su recorrido hacia la bodega donde se almacenará.

4.3.2 Rutas de almacenaje hacia las bodegas graneleras. Existen 8 diferentes tipos de rutas de almacenaje, las cuales se arman con las diferentes combinaciones de muelles y bodegas.

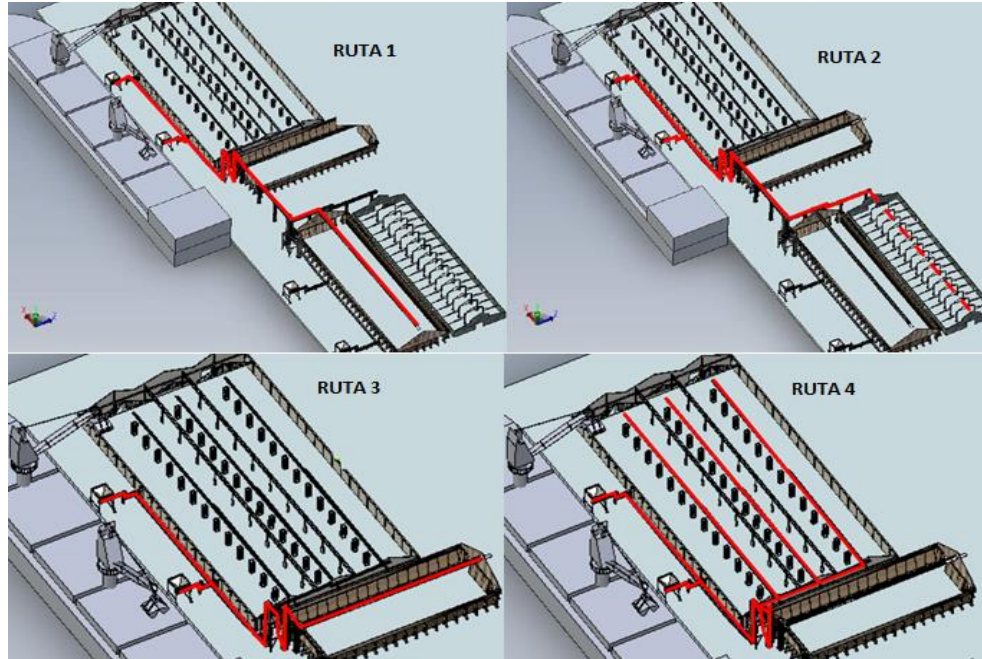
Tabla 6. Rutas de Descargue Sistema Granelero.

Ruta 1	Muelle 5-Bodega 6A
Ruta 2	Muelle 5-Bodega 6
Ruta 3	Muelle 5-Bodega 7A
Ruta 4	Muelle 5-Bodega 7
Ruta 5	Muelle 6-Bodega 7
Ruta 6	Muelle 6-Bodega 7A
Ruta 7	Muelle 6-Bodega 6A
Ruta 8	Muelle 6-Bodega 6

Dependiendo de la disponibilidad de espacios para almacenar, y del tipo de producto que se va a descargar, el área de operaciones, selecciona la bodega y la ruta que le convenga para su proceso logístico de almacenamiento.

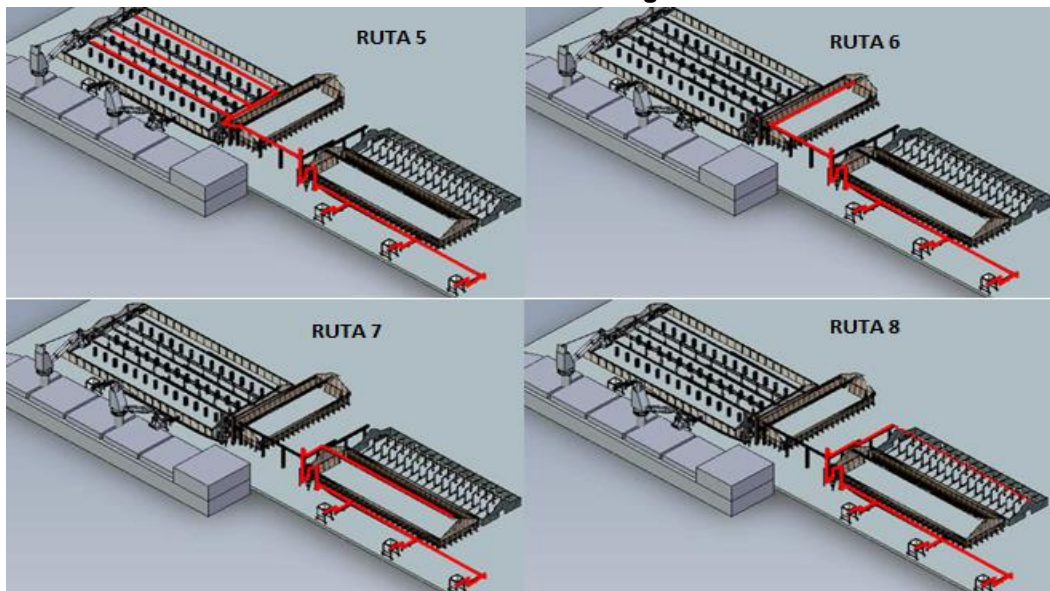
En la ilustración se muestra gráficamente, cual es el recorrido que hace la carga, dependiendo del lugar donde se va a almacenar. (Bodega 6A, Bodega 6, Bodega 7A o Bodega 7). Ver Anexo 5.

Ilustración 11. Rutas de descarga de Muelle 5.



De igual forma, en la siguiente imagen se muestran las rutas de descargue de muelle 6, hacia las diferentes bodegas.

Ilustración 12. Rutas de descargue de Muelle 6.



4.4 EQUIPOS PRINCIPALES DEL SISTEMA GRANELERO

4.4.1 Bandas de muelle. Las bandas de muelle son las que se encargan de recibir el producto que viene de las tolvas, y transportarlo hasta los elevadores de cangilones, son bandas robustas, de cuatro lonas, de 36 pulgadas de ancho y de más de 200 metros de largo, las cuales están ubicadas a los lados de las bodegas 6A y 7 en los muelles 5 y 6 respectivamente.

Ilustración 13. Banda de Muelle 6



4.4.2 Elevadores de cangilones. El sistema cuenta con cuatro elevadores de cangilones, los cuales se encargan de recibir el producto de las bandas de muelle y subirlo hasta la báscula de bache, donde después de hacer su tarea de pesado y registro, suelta el bache hacia el siguiente elevador, el cual también sube la carga para entregarlo ya sea a la banda reversible o a los transportadores de arrastre externo de las diferentes bodegas. El sistema tiene dos pares de elevadores que se encargan de esta actividad, el # 1 y el # 2, que se encuentran en la torre norte, y el # 3 y # 4, que se encuentran en torre sur. Estos elevadores poseen motores recién cambiados de 100 Hp, excepto el elevador # 4, el cual tiene uno de 75 HP, el cual fue cambiado en el 2017. La altura de estos elevadores es de aproximadamente 25 metros, con banda 3 lonas, que agarran los cangilones por medio de tornillos. El Tambor motriz viene conectado al reductor por medio de un sistema de transmisión de potencia de polea correa. Actualmente los elevadores son los equipos que cuando tienen fallas durante operación de descargue, aumentan los tiempos de fuera de servicio, dado que la actividad de evacuar el producto del elevador tarda en 1 o 2 horas.

Ilustración 14. Elevadores de cangilones Torre norte y sur.



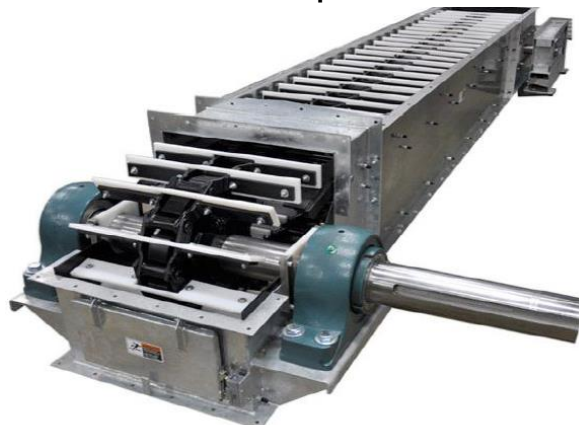
4.4.3 Banda transportadora reversible. La banda reversible, se encuentra ubicada en el puente que une torre norte con torre sur. Esta banda tiene la capacidad de ser bidireccional, es decir que el motor puede cambiar el sentido de giro, permitiendo que la operación se pueda dar de muelle 5 a las bodegas 7 o 7A o de muelle 6 a las bodegas 6 o 6A. Esta banda es 3 lonas, tiene 40 metros de largo, transporta a una tasa máxima de 600 toneladas hora, con motor de 30 Hp. Esta soportada por una estructura de cerchas galvanizadas, posee escaleras de acceso y pasarelas de inspección. Este equipo es muy importante, dado que una falla de ella, obliga a cambiar la ruta hacia otra bodega.

Ilustración 15. Banda reversible del sistema granelero.



4.4.4 Transportadores de arrastre portátiles y retractiles. Los transportadores de arrastre de cadena, son equipos sencillos en su configuración, que se encargan de transportar el producto de un punto a otro, por medio de paletas de nylon, las cuales arrastran en grano a través de una especie de gabinete rectangular.

Ilustración 16. Modelo de Transportador de arrastre de paletas.



Los transportadores de arrastre de SPRB, tienen sistema de transmisión por piñones y cadena, con un motor eléctrico conectado a una fuente de 440 V. Existen tres tipos de transportadores de arrastre, los cuales son, el transportador de arrastre retráctil, los cuales van montados en una estructura debajo de la tolva granelera móvil, con unos rodamientos que le permiten moverse hacia adelante o devolverse hacia atrás, para que pueda embonar y entregar el producto al otro

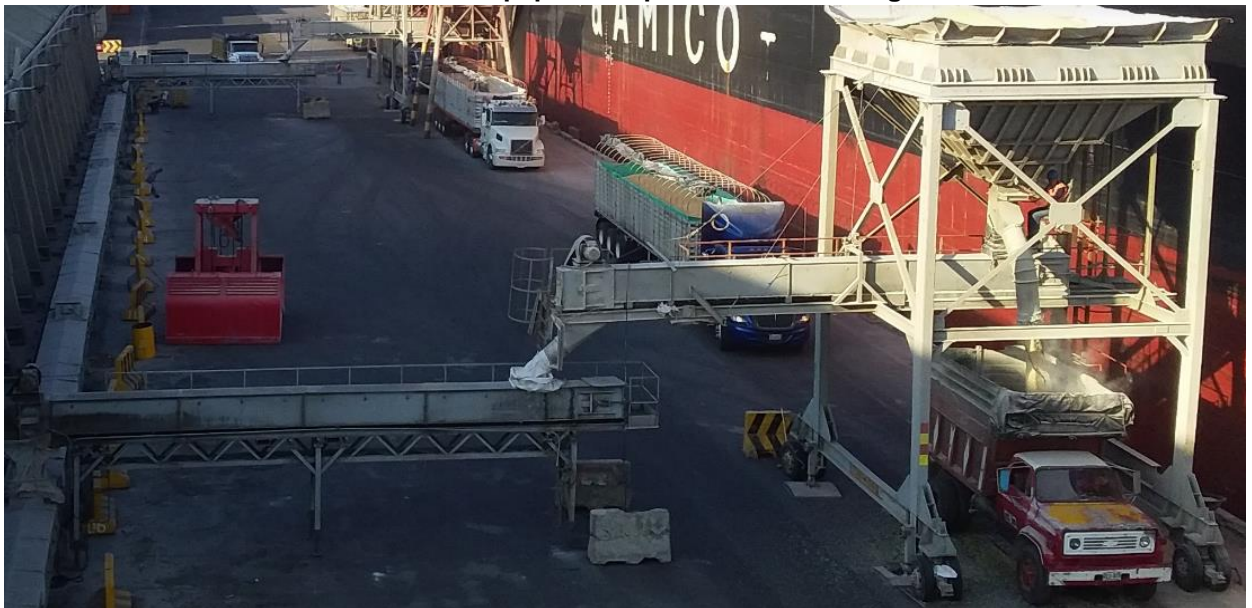
transportador. Están los transportadores portátiles de muelle 5 y de muelle 6. Estos son iguales en funcionamiento pero difieren en su largo, dado que muelle 5 es un poco más largo, usan transportadores de 12 metros, y en muelle 6 se usan de 6 metros.

Ilustración 17. Transportador portátil de 6 metros usados en muelle 6.



En la siguiente grafica se muestran cómo trabajan embonados el transportador de arrastre retráctil, el portátil de 12 metros y la banda de muelle 5.

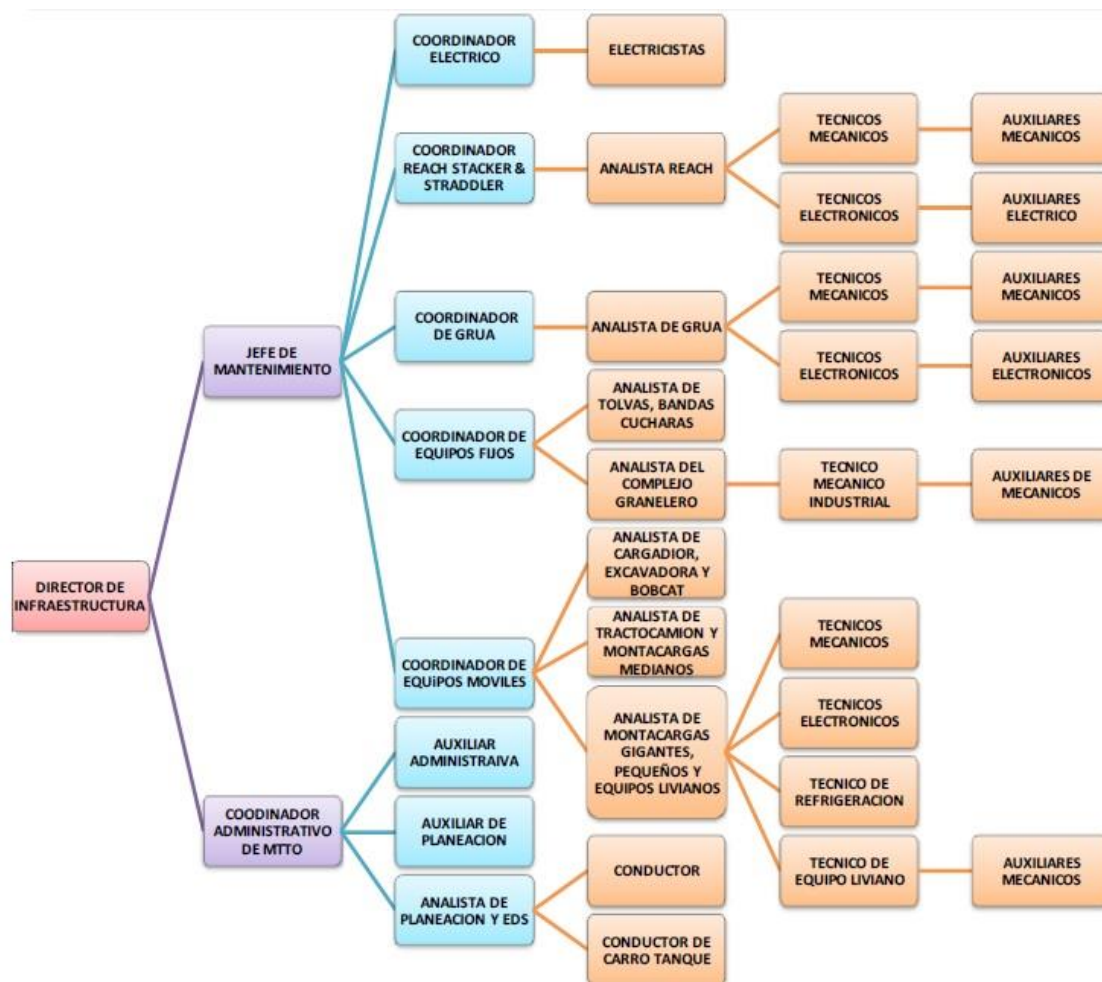
Ilustración 18. Equipos en operación de descargue.



5. ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN EL AREA DE EQUIPOS FIJOS.

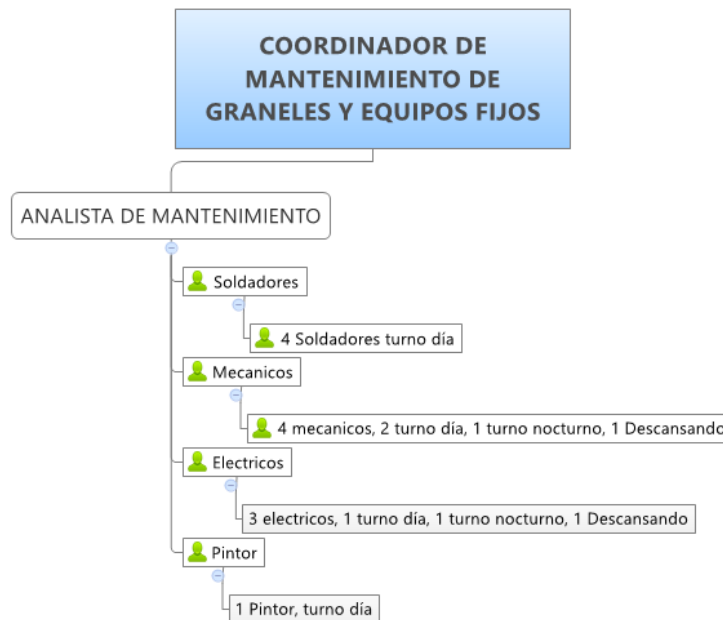
El área de mantenimiento de gráneles y equipos fijos, es una de las cuatro coordinaciones que tiene la estructura organizacional de mantenimiento en la sociedad portuaria de Barranquilla. Las cuales son, mantenimiento de equipos móviles (Automotriz, Cargadores & Elevadores, Plataformas & tracto-camiones Straddles & reach stacker), mantenimiento eléctrico, mantenimiento grúas y mantenimiento de granel y equipos fijos. A continuación se explica el organigrama del mantenimiento.

Ilustración 19. Organigrama del área de mantenimiento SPRB.



El área de mantenimiento de granel y equipos fijos, está conformada por el coordinador, quien es el encargado de velar por la disponibilidad de los equipos y ubicaciones técnicas del grupo de planificación a su cargo, calcular y mantener los indicadores de mantenimiento dentro de los límites establecidos. Además, debe interactuar con las otras áreas de la compañía para garantizar la continuidad de la gestión de mantenimiento, por un analista de mantenimiento, encargado de elaborar y cerrar técnicamente los avisos y órdenes de mantenimiento. Además, de supervisar las actuaciones de mantenimiento que realicen los técnicos o contratistas sobre los equipos y ubicaciones técnicas. Y por el personal técnico, compuesto por doce personas (4 mecánicos industriales, 1 mecánico diésel, 3 electromecánicos, 4 soldadores y 1 pintor.) quienes son responsables por la ejecución y cierre de las actuaciones de mantenimiento sobre los equipos y ubicaciones técnicas.

Ilustración 20. Organigrama Mantenimiento granel y equipos fijos



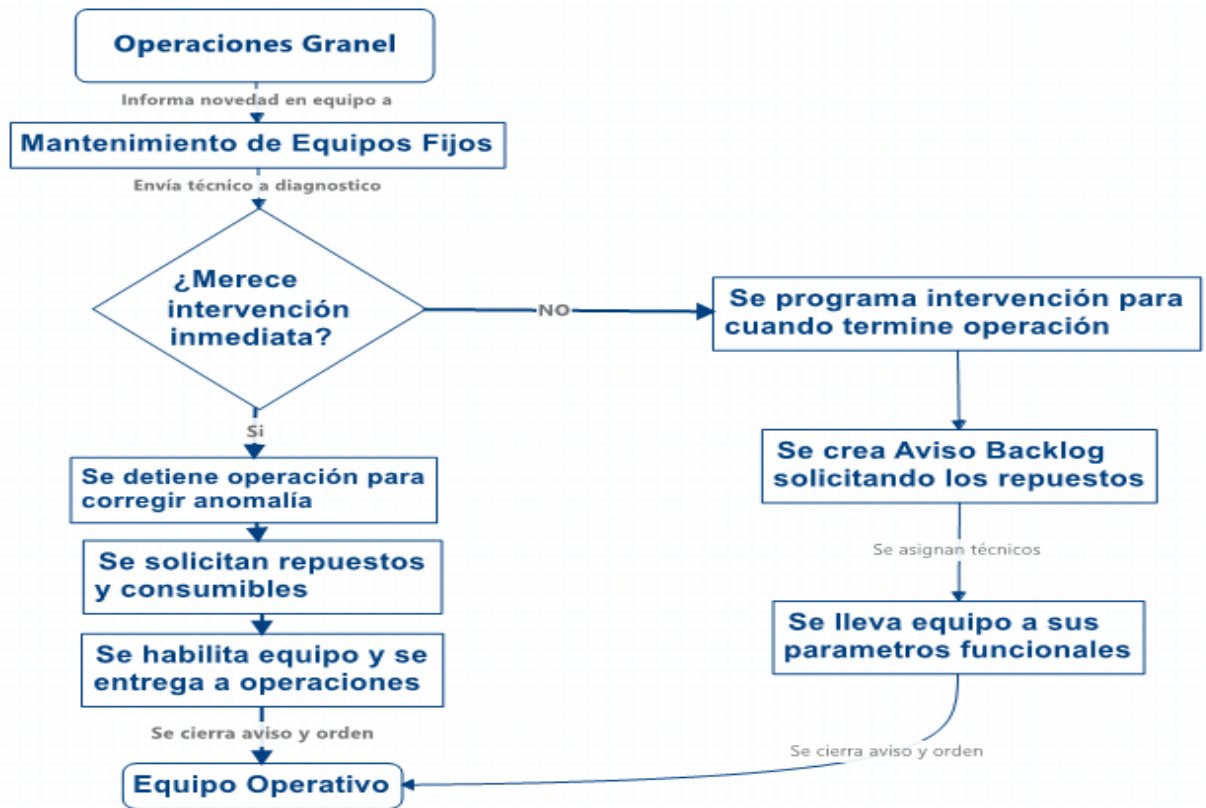
5.1 EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN G&F

Diariamente se realizan reuniones a primera hora, donde se hace una evaluación de los equipos que va a necesitar la operación y acorde a eso se asignan prioridades. El área de mantenimiento de gráneles y equipos fijos, viene ejecutando las actividades de mantenimiento dependiendo de la programación de la operación, es decir, que se vienen realizando correctivos y muy poco preventivos. El plan de mantenimiento preventivo existente es muy básico, y solo unos cuanto equipos son los que cuentan con rutinas y programación en el software de gestión, que para el caso de SPRB es SAP. Por esta razón es muy común que cuando se revisan los indicadores de mantenibilidad, se observa como son más las órdenes de mantenimiento correctivo, que las de mantenimiento preventivo.

La implementación de la metodología RCM busca crear unas rutinas de mantenimiento adecuadas, con unas frecuencias de ejecución que ayuden a disminuir y detectar las fallas funcionales que afectan la operación, y de esta forma impactar directamente en la disponibilidad y confiabilidad del sistema granelero.

Existen dos formas por medio la cual se reportan la existencia de fallas o anomalías. Una es por medio de reportes directos del área de operaciones granel, quienes por medio de correo o vía celular, reportar alguno de los problemas que estén pasando en cualquiera de los equipos que estén en operación, o que se tenga pensado utilizar. La segunda forma, es por tareas de inspección de equipos la cual se realiza por el personal técnico, esta actividad es la que a la postre, ayuda a anticiparse a las posibles fallas funcionales, y poder tener mantenimientos correctivos pero programados.

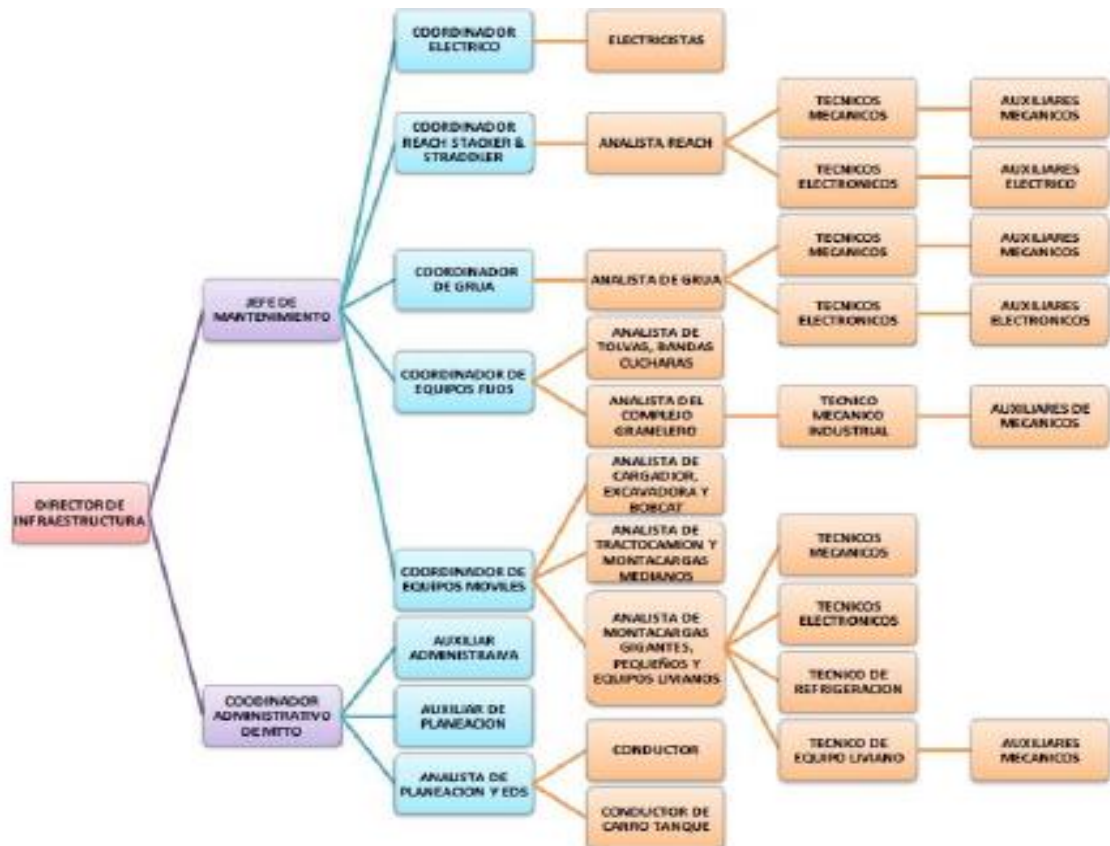
Ilustración 21. Diagrama de flujo de las actividades actuales de mantenimiento.



6. ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LAS CUCHARAS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS FIJOS.

En la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, el área de mantenimiento está dividida jerárquicamente en un Jefe de mantenimiento y cuatro coordinaciones, correspondientes a mantenimiento eléctrico, mantenimiento de equipos móviles, mantenimiento de grúas y mantenimientos de equipos fijos.

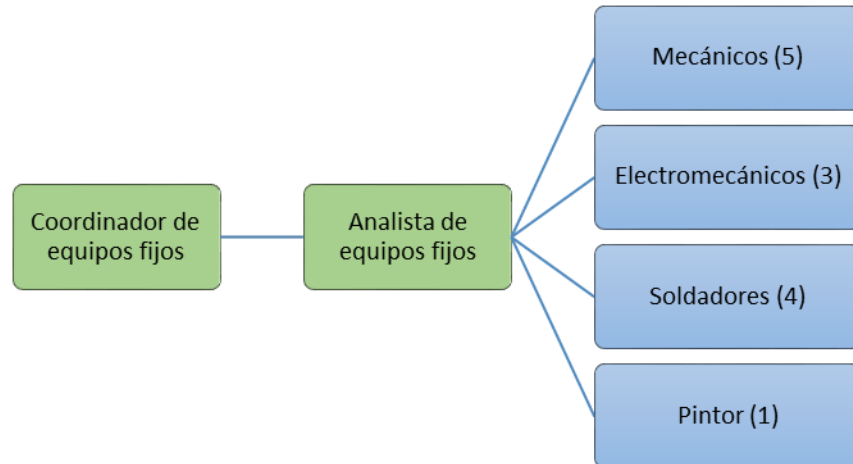
Ilustración 22. Diagrama de Áreas de Mantenimiento.



Los equipos fijos están divididos en 3, Cucharas, Tolvas y Bandas. Estos hacen parte de la descarga, recolección y distribución de las cargas de granel que tiene la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla

El coordinador de mantenimiento de equipos fijos tiene a su cargo estos equipos y está encargado de toda la gestión de mantenimiento en términos de información técnica, planificación, mantener los indicadores en los límites establecidos en función de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. A su vez en la parte operativa tiene como apoyo un analista de mantenimiento, que está encargado de la supervisión y control de las órdenes de trabajo de mantenimiento, que son ejecutadas por el grupo técnico encargado de la ejecución de todas las labores.

Ilustración 23. Organigrama Operativo de Mantenimiento de Equipos Fijos.



6.1 EJECUCIÓN OPERATIVA DE MANTENIMIENTO DE CUCHARAS EN EQUIPOS FIJOS.

Actualmente los temas de mantenimiento son ejecutados de acuerdo a las necesidades correctivas diarias, se organiza de acuerdo a las prioridades basadas en las necesidades de parte de producción.

Las actividades realizadas son de mantenimiento la gran mayoría son de mantenimiento correctivo y muy pocas de preventivos, son programadas por medio del software de gestión SAP, en el cual se programan todas las tareas, donde se puede apreciar que las pocas ordenes de preventivos son realizadas, por los reportes hechos por síntomas que observa el operador del equipo. Lo que impacta directamente el indicador de mantenibilidad, que al momento ser realizado y revisado se observa la tendencia de este tipo de órdenes.

Por medio de la implementación de RCM, se buscaría realizar rutinas de mantenimiento focalizadas, que permitan una ejecución que impacte en la disminución y detección de las fallas funcionales que compromete la operación, permitiendo que se observe mejoras en la disponibilidad y confiabilidad en las cucharas de los equipos fijos.

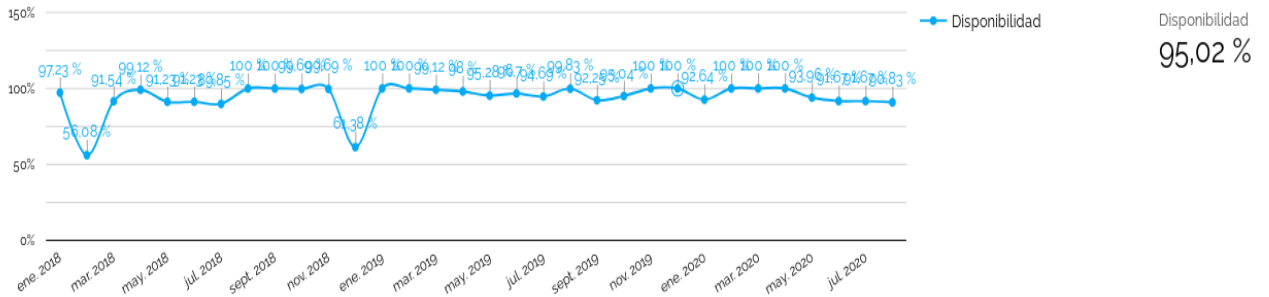
6.2 ANALISIS DE INFORMACIÓN DE LAS CUCHARAS EN EQUIPOS FIJOS

En la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, se dispone de 8 cucharas que son las que prestan el soporte para el manejo de cargas de granel.

Tabla 7. Grupo de Cucharas

Fabricante	Año de fabricación	Producto	Número Interno	CAP.CARGA ADMISIBLE (t)
SMAG	2012	EGF	A-270	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-271	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-272	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-273	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-274	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-275	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-276	10,8-11,4
SMAG	2012	EGF	A-277	10,8-11,4

6.2.1 Indicadores de grupo de cucharas de equipos fijos



EQUIPO	2018		2019		2020		Total
	Disponibilidad	EQUIPO	Disponibilidad	EQUIPO	Disponibilidad	EQUIPO	Disponibil. EQUIPO
A-270	90.83 %	1	97.75 %	1	100 %	1	95.72 % 1
A-271	90.7 %	1	95.04 %	1	100 %	1	94.65 % 1
A-272	90.54 %	1	91.96 %	1	99.88 %	1	93.41 % 1
A-273	70.41 %	1	96.44 %	1	99 %	1	87.32 % 1
A-274	98.75 %	1	94.53 %	1	99.88 %	1	97.45 % 1
A-275	98.68 %	1	98.96 %	1	100 %	1	99.11 % 1
A-276	75.05 %	1	98.72 %	1	88.04 %	1	87.17 % 1
A-277	90.83 %	1	97.58 %	1	100 %	1	95.66 % 1
A-83	98 %	1	99.5 %	1	100 %	1	98.89 % 1
Total	89.75 %	13	97.68 %	13	95.02 %	16	93.98 % 16

En este gráfico se logra apreciar los indicadores de cada cuchara por separado, observándose diferencias marcadas en los valores de disponibilidad y confiabilidad entre sí.

6.3 ANALISIS DE DATOS

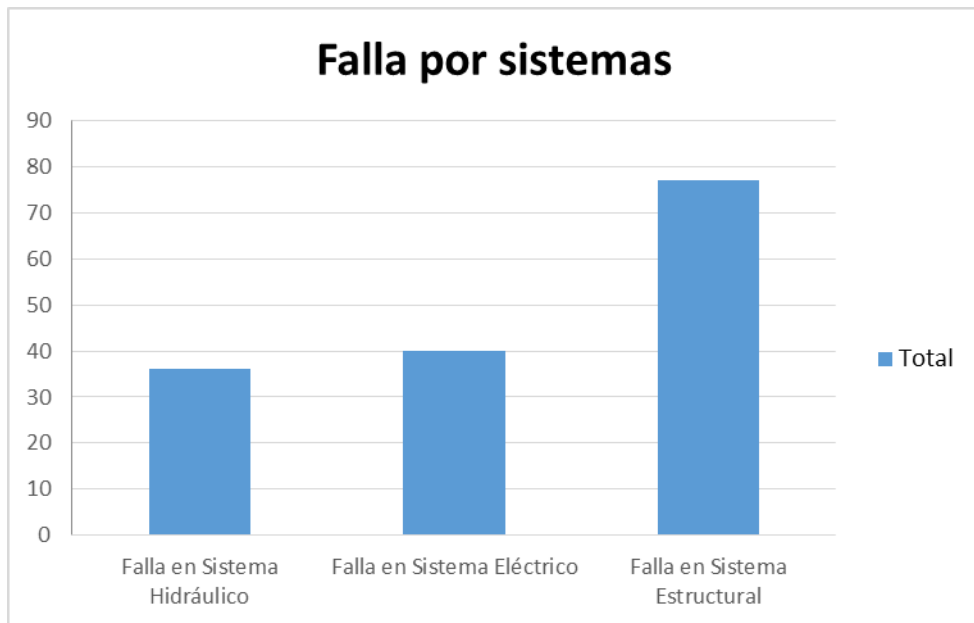
6.3.1 Fallas críticas del sistema de cucharas. El índice de criticidad en cada uno de los sistemas de las cucharas, de acuerdo a la información recopilada del histórico de números de fallas hasta Agosto de 2020.

Realizando un análisis completo de toda la información de todos estos años con respecto a las fallas de las cucharas, que afectaron la operación y la disponibilidad de estos equipos fijos. Podemos observar que se evidencian un total de 153 fallas, en los cuales se puede apreciar una mayor concentración de fallas en el sistema estructural con un total de 77 el equivalente al 50,33% de las fallas, luego de este podemos observar el sistema eléctrico con un total de 40 generando el 26,14% de las fallas y el sistema hidráulico con total de 36 dando como resultado el otro 23,53 de las fallas, completando el 100% de todas las fallas evidenciadas en estos equipos. Con estos datos y esta información podemos encaminar de la disminución de fallos de cada uno de estos sistemas y de esta forma aumentar la disponibilidad de estos equipos fijos de la sociedad portuaria regional barranquilla.

Tabla 8. Estadísticas de Fallas por Sistemas

FALLA	TOTAL DE FALLAS	PORCENTAJES %
Falla en Sistema Hidráulico	36	23,53%
Falla en Sistema Eléctrico	40	26,14%
Falla en Sistema Estructural	77	50,33%
Total	153	100,00%

Ilustración 24. Porcentajes de Fallos Por Sistemas.



Debido al resultado de los análisis de fallas por sistemas, fue necesario revisar y analizar de forma focalizada las fallas estructurales más repetitivas. Lo que nos mostró como resultado que los eventos más frecuentes en las cucharas se deben a Cuchara golpeada con un 38,96% de las fallas generales del sistema estructural, el siguiente evento recurrente es la Guaya deteriorada con un 23,38% y Grilletes deteriorados en la cuchara con un 18,18%.

Tabla 9. Estadísticas de Fallas Estructurales.

Fallas sistema estructural	Número de eventos	Porcentaje de eventos %
Problemas de lubricación general	2	2,60%
Tuerca deteriorada	4	5,19%
Cables levante deteriorados	9	11,69%
Grilletes deteriorados	14	18,18%
Guaya deteriorada	18	23,38%
Cuchara golpeada	30	38,96%
Total general	77	100,00%

Ilustración 25. Diagrama Pareto de fallas estructurales.

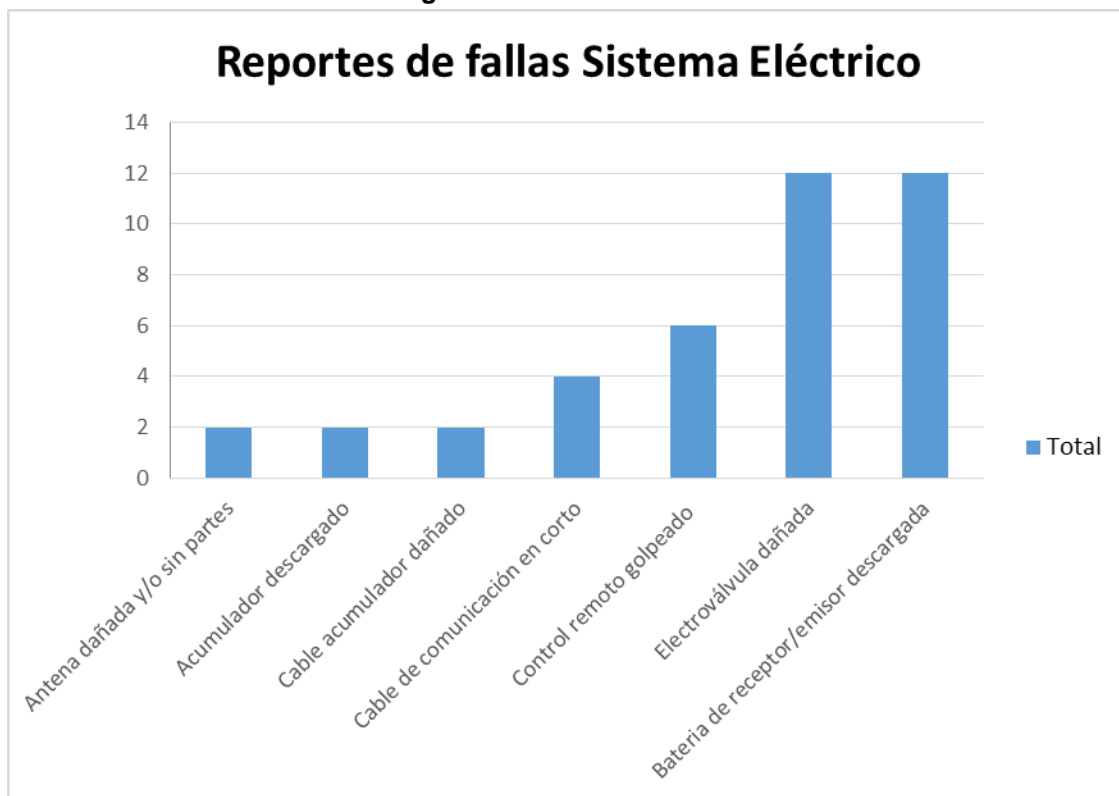


Para el sistema eléctrico las fallas principales fueron Electroválvula dañada con el 30% y Batería del receptor/emisor descargada con el 30%, las siguientes más recurrentes fueron Control remoto golpeado con el 15% de las fallas y Cable de comunicación en corto con el 10% de las fallas.

Tabla 10. Estadísticas de Fallas por Sistemas Eléctrico.

Fallas sistema eléctrico	Número de eventos	Porcentaje de eventos %
Antena dañada y/o sin partes	2	5,00%
Acumulador descargado	2	5,00%
Cable acumulador dañado	2	5,00%
Cable de comunicación en corto	4	10,00%
Control remoto golpeado	6	15,00%
Electroválvula dañada	12	30,00%
Batería de receptor/emisor descargada	12	30,00%
Total general	40	100,00%

Ilustración 26. Diagrama Pareto de fallas sistema eléctrico.



En el sistema hidráulico pudimos observar que las fallas principales fueron Entrada de aire al sistema con un 33,33%, Fuga por sellos/empaques con un 27,78% y Mangueras cristalizadas con un 16,67%.

Tabla 11. Estadísticas de Fallas de Sistema Hidráulico.

Fallas sistema hidráulico	Número de eventos	Porcentaje de eventos %
Tapa de tanque dañada	2	5,56%
Tapón de cilindro flojo	2	5,56%
Cilindro con fuga por vástago	2	5,56%
Mangueras cristalizadas	6	16,67%
Fuga por sellos/empaques	11	30,56%

Entrada de Aire a sistema	13	36,11%
Total general	36	100,00%

Ilustración 27. Diagrama Pareto de fallas sistema hidráulico.



7. MODELO DE RCM PARA EL GRUPO DE CUCHARAS DE EQUIPOS FIJOS

Es de suma importancia la implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), en una empresa como la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, que se desempeña operativamente 24 horas continúa diariamente, debido a que el nivel de exigencia al que están sometidos los equipos es alto y el riesgo de una parada no planeada afectan la producción, que repercute en pérdidas de dinero significativas. Por tal motivo es fundamental, mantener una

confiabilidad y disponibilidad alta, con un costo de mantenimiento bajo, siendo esto el objetivo primario y secundario del RCM.

A través del RCM, se permite a la empresa tener mejoras focalizadas en los planes de mantenimiento, basados en las recomendaciones de los fabricantes, los reportes de los históricos de las ordenes de mantenimiento, los modos de falla y las mejoras en las rutinas e inspecciones diaria de los equipos y para este caso puntual en el grupo de cucharas de los equipos fijos.

Teniendo en cuenta lo anterior, con esta implementación de RCM en la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, se obtendría beneficios en términos de eficiencia y operatividad de las cucharas de los equipos fijos, mejorando respectivamente la disponibilidad y confiabilidad de estos equipos, obteniendo una satisfacción en el departamento de producción. Permitiendo a su vez que mantenimiento tenga un mejor control de las tareas rutinarias, de las inspecciones y monitoreo que permitan identificar y prevenir los trabajos correctivos.

7.1 FUNCIÓN

La función primordial del grupo de cucharas de los equipos fijos es cargar y descargar el granel de los diferentes buques para la disposición y transportes, en la recepción de la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla.

Cualquier falla que afecte la función primordial del equipo es denominada Falla Funcional.

Tabla 12. Funcionalidad.

FUNCIÓN	Descripción de Falla Funcional	Cod. F.F.	Falla Funcional
Cargar y descargar granel producto del recibo de buques de alta capacidades de tonelajes.	No se pueda cargar y descargar granel producto de la recepción de buques, generando atraso en producción y respectivamente perdidas económicas.	1000	Falla en sistema estructural
		2000	Falla en sistema eléctrico
		3000	Falla en sistema hidráulico

7.2 MODOS DE FALLA EN LOS SISTEMAS

Por medio del estudio de los equipos y basado en el análisis de falla de los reportes del histórico de las ordenes de mantenimiento, se pudo obtener y definir las fallas por sistemas del grupo de cucharas.

Se definió realizar el análisis de los modos de falla en los sistemas principales:

- Sistema Estructural.
- Sistema Eléctrico.
- Sistema Hidráulico.

Tabla 13. Análisis de Modo de Falla del Sistema Estructural

Cod. F.F.	Descripción de Falla Funcional	Cod. M.F.	Modo de Falla
1000	Falla en sistema estructural	1001	Labio de cuchara desgastado
		1002	Labio de cuchara golpeado
		1003	Guaya con toron levantado
		1004	Guaya entorchada
		1005	Guaya golpeada
		1006	Grillete corroido/agrietado
		1007	Grillete doblado
		1008	Buje agrietado
		1009	Pasador corroido/agrietado
		1010	Pasador doblado
		1011	Pasador extraviado
		1012	Tornillo extraviado
		1013	Tuerca con los hilos deteriorados
		1014	Tuerca extraviada
		1015	Cables de levante deteriorados

Tabla 14. Análisis de Modo de Falla del Sistema Eléctrico.

Cod. F.F.	Descripción de Falla Funcional	Cod. M.F.	Modo de Falla
2000	Falla en sistema eléctrico	2001	Batería de emisor descargada
		2002	Batería de receptor descargada
		2003	Electroválvula con problema en bobina
		2004	Electroválvula con problema de señal
		2005	Control remoto en corto circuito
		2006	Control remoto con problemas de señal
		2007	Control remoto golpeado
		2008	Control remoto extraviado
		2009	Acumulador descargado
		2010	Cables de comunicación en corto
		2011	Cables de comunicación sulfatados
		2012	Conectores deteriorados/sulfatados
		2013	Antena con problemas de señal
		2014	Antena extraviada
		2015	Antena golpeada
		2016	Antena sin Racor

Tabla 15. Análisis de Modo de Falla del Sistema Hidráulico.

Cod. F.F.	Descripción de Falla Funcional	Cod. M.F.	Modo de Falla
3000	Falla en sistema hidráulico	3001	Entrada de aire al sistema
		3002	Sellos/Empaques deteriorados
		3003	Manguera Cristalizada
		3004	Manguera agrietada
		3005	Manguera desajustada
		3006	Cilindro con fuga externa
		3007	Tapón de cilindro flojo
		3008	Electroválvula con fuga externa
		3009	Tanque hidráulico con fuga externa
		3010	Tapa de tanque dañada

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.

La hoja de decisión está dividida en dieciséis columnas. Las columnas F, FF y FM identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias de las hojas de información y las hojas de decisión como lo muestra la figura a continuación:

Tabla 16. Hoja de decisión para la metodología RCM.

HOJA DE DECISION RCM II			ELEMENTO										N°	Realizado por:	Fecha	Hoja		
			COMPONENTE												Fecha	de		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas				Frecuencia inicial	
F	FF	MF	H	S	E	O			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 programado⁵.

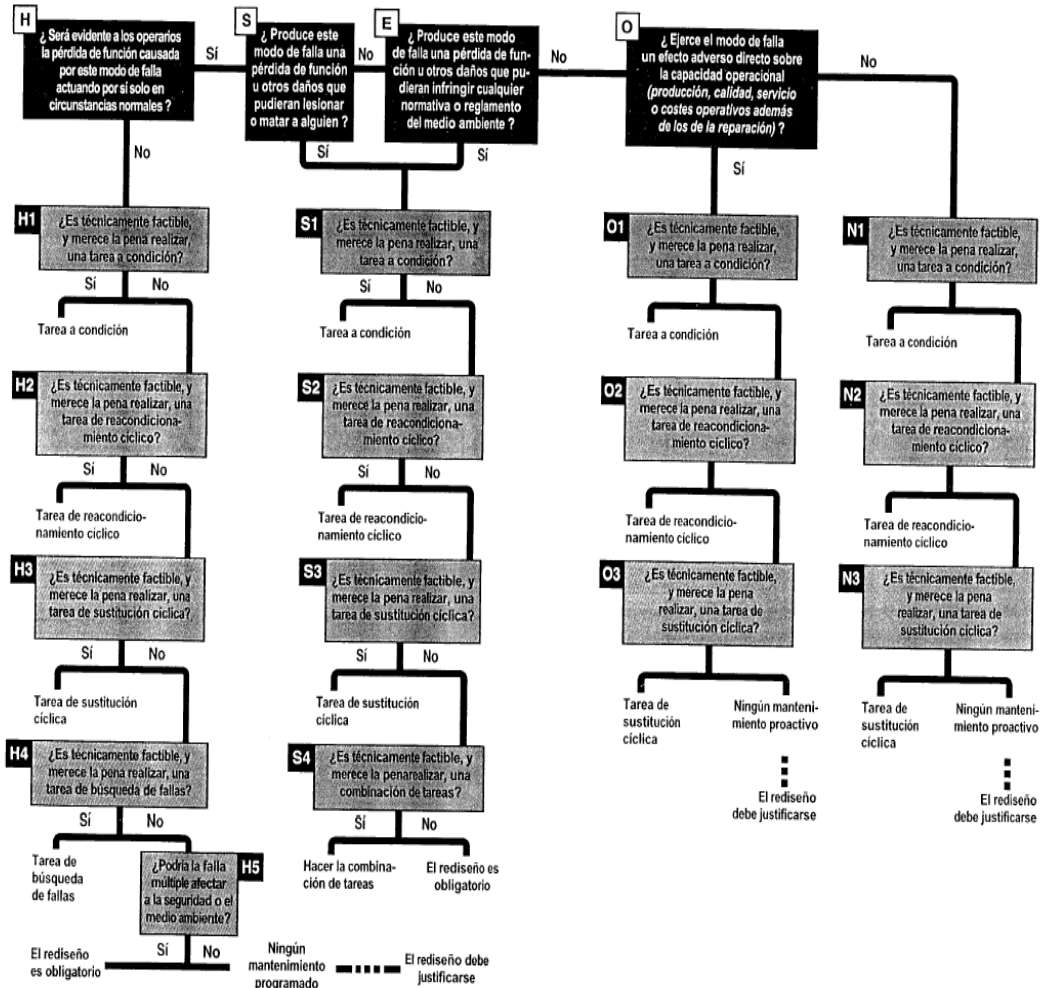
Las hojas de decisiones para la metodología RCM nos muestran no solo que acción tenemos que ejecutar para tratar cada modo de falla, sino que también nos brinda una visual de por qué se ha seleccionado, lo cual es supremamente importante si requerimos realizar un cambio en una rutina o actividad de mantenimiento ejecutada al activo o a la máquina.

La posibilidad que nos brinda esta metodología para monitorear cada tarea asociándola con cada función y parámetros deseados de la máquina, facilitándonos la actualización y control del programa de mantenimiento establecido para el sistema o línea productiva.

⁵ MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Edición en Español. Asheville: Alandon LLC, 2004. pp. 202 - 206.

Mostramos a continuación el diagrama de decisión establecido por MOUBRAY:

Ilustración 28. Diagrama de Decisión metodología RCM.



Las actividades a implementar posterior a esta labor, buscan disminuir las paradas no planeadas en la operación de estas cucharas en el puerto, de esta forma aumentar la disponibilidad y confiabilidad de estos equipo, estableciendo focalizada mente tareas rutinarias de mantenimiento, sustituciones cíclicas y/o reacondionamiento de los equipos.

Luego de analizar los modos de falla y las fallas más recurrentes de los sistemas críticos de los grupos de cucharas, se continuó estableciendo las consecuencias

de estas fallas y la selección de las tareas proactivas de acuerdo al diagrama de decisión.

A continuación se muestran las hojas de decisiones para cada sistema anteriormente analizado.

Tabla 17. Hoja de decisión y selección de tareas de mantenimiento, para sistema estructural del grupo de cucharas de equipos fijos.

SISTEMA ESTRUCTURAL													
COD. F. F.	COD. M. F.	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIA				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA	RECURSOS HORAS HOMBRES	
		H	S	E	O	S1	S2	S3					
						O1	O2	O3					
						N1	N2	N3					
1000	1001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Realizar medición de desgaste en labios de cuchara	Mensual	1	
	1002	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de golpes en labios de cuchara.	Cada 15 días	0,5	
	1003	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de torones de guaya.	Cada 15 días	0,25	
	1004	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de guayas.	Cada 15 días	0,25	
	1005	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de golpes o picaduras de guayas.	Cada 15 días	0,25	
	1006	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Realizar ensayo de tintas penetrantes para detectar grietas de grilletes.	Cada 3 meses	1,5	
	1007	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de golpes de grilletes.	Cada 15 días	0,25	
	1008	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Realizar ensayo de tintas penetrantes para detectar grietas de bujes.	Cada 3 meses	1	
	1009	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Realizar ensayo de tintas penetrantes para detectar grietas de pasadores.	Cada 3 meses	1,5	
	1010	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de golpes de pasadores.	Mensual	0,5	
	1011	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de partes y condiciones pasadores.	Mensual	0,5	
	1012	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de partes y condiciones de tornillería.	Mensual	0,5	
	1013	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Realizar medición de desgaste de hilos de tuercas.	Cada 3 meses	0,5	
	1014	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de partes y condiciones de tuercas.	Mensual	0,5	
	1015	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de cables.	Mensual	0,5	

Tabla 18. Hoja de decisión y selección de tareas de mantenimiento, para sistema eléctrico del grupo de cucharas de equipos fijos.

SISTEMA ELÉCTRICO												
COD. F.	COD. M. F.	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIA				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA	RECURSOS HORAS HOMBRES
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
2000	2001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar carga y estado de baterías de emisor.	Cada 7 días	0,5
	2002	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar carga y estado de baterías de receptor.	Cada 7 días	0,5
	2003	S	N	N	S	S			A condición	Verificar funcionamiento y estado de bobina de electroválvula.	Cada 15 días	1
	2004	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar funcionamiento y estado de electroválvula.	Cada 15 días	1
	2005	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar funcionamiento y realizar mantenimiento de control remoto.	Cada 15 días	1
	2006	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar antenas y estado de señal de control remoto.	Cada 15 días	1
	2007	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de golpes en control remoto y verificar funcionamiento.	Cada 15 días	0,5
	2008	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar controles de todas las cucharas.	Cada 15 días	0,25
	2009	S	N	N	S	S			A condición	Verificar funcionamiento y estado de acumulador	Mensual	0,5
	2010	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar visualmente estado y señal de cables.	Mensual	0,25
	2011	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar funcionamiento y realizar mantenimiento de conexiones de cables.	Mensual	0,5
	2012	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Realizar limpieza y mantenimiento a conectores.	Mensual	0,5
	2013	S	N	N	S	S			A condición	Verificar funcionamiento y estado de señal de antenas.	Mensual	0,5
	2014	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar antenas de todas las cucharas.	Mensual	0,25
	2015	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de golpes en antenas.	Mensual	0,25
	2016	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspección visual de racores en antenas.	Mensual	0,25

Tabla 19. Hoja de decisión y selección de tareas de mantenimiento, para sistema hidráulico del grupo de cucharas de equipos fijos.


SISTEMA HIDRÁULICO												
COD. F. F.	COD. M. F.	EVALUACIÓN DE CONSECUENCIA				H1	H2	H3	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA (HORAS)	RECURSOS HORAS HOMBRES
		H	S	E	O	S1	S2	S3				
						O1	O2	O3				
						N1	N2	N3				
3000	3001	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Verificar si hay aire en sistema y purgar el aire, si hay aire tomar muestras de aceite.	Cada 15 días	1,5
	3002	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar visualmente fugas en todo el sistema.	Cada 15 días	0,5
	3003	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar visualmente estado de mangueras, para cambio.	Cada 3 meses	0,5
	3004	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar visualmente estado de mangueras, para cambio.	Cada 3 meses	0,5
	3005	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar si hay fugas y verificar el debido de torque de las conexiones del sistema.	Cada 3 meses	0,5
	3006	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar visualmente estado de vastago y sellos de cilindros.	Cada 6 meses	0,5
	3007	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar si hay fugas y verificar el debido de torque de las conexiones del sistema.	Cada 6 meses	0,5
	3008	S	N	N	S	S			A condición	Inspeccionar si hay fugas externas, verificar presiones en electroválvula para realizar resellado.	Cada 6 meses	0,5
	3009	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar visualmente fugas y realizar ensayo de tintas penetrantes para evitar grietas estructurales.	Cada 6 meses	2
	3010	S	N	N	S	N	N	S	Preventivo	Inspeccionar visualmente tapas y accesorios del sistema.	Cada 6 meses	0,25

8. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Luego de realizar el análisis de todos los modos de fallas que presentan el grupo de cucharas de equipos fijos, se logra apreciar que oportunidades de mejoras se deben realizar para estandarizar las tareas, ejecutando mediciones de desgaste, ensayos no destructivos, planes de acción en el sistema más crítico para minimizar fallas más recurrentes, mejoras en la lista de chequeo enfocándolo con respecto al histórico de las ordenes de mantenimiento y la criticidad de cada uno de los sistemas de este equipo.

Esto nos permitió observar que no se tenía claridad sobre qué era lo que más impactaba a estos equipos y la criticidad de las fallas en cada uno de sus sistemas. De esta manera poder trabajar focalizadamente en las acciones de mantenimiento, al tener estos puntos mucho más claros, nos da la posibilidad de realizar las implementaciones necesarias para poder obtener la capacidad operativa deseada en estos equipos, lo que generaría un aumento en su disponibilidad y confiabilidad, para satisfacción del área de producción y de la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, debido a que impactará en los resultados de la empresa a nivel económico por que la capacidad de carga y descarga aumentaría.

LISTA DE CHEQUEO CUCHARAS

				
EQUIPO:			FECHA:	
ORDEN DE MANTENIMIENTO:			TECNICO(S):	
MANTENIMIENTO MENSUAL CUCHARA ELECTROHIDRAULICAS SMAG				
SISTEMA ESTRUCTURAL				
OPERACIONES	ESTADO			OBSERVACIONES
	BUENO	MALO	N/A	
Realizar Limpieza y/o Lavado de Cuchara				
Inspeccion estado de guaya y torones				
Engrase de la guaya				
Inspeccion de Bujes de Poleas y Brazos				
Lubricacion de Bujes de Poleas y Brazos				
Inspección visual de cables.				
Inspeccionar estado de Grilletes				
Inspección del estado de los Labios de cierre				
inspección visual Pasadores y pines de Seguridad				
Inspección visual de la estructura de la cuchara				
Revisar estado de los Spill Plates				
Revisar estado de la Tornilleria de Platinas				
Revisar estado de tuercas				
SISTEMA HIDRÁULICO				
Inspeccionar visualmente fugas en todo el sistema				
Inspeccionar visualmente tapas y accesorios del sistema				
Revisar Fugas de Aceites por los Cilindros				
Revisar Fugas de Aceites por las mangueras hidráulico				
Inpeccion /Nivelación de aceite hidráulico				
Inspeccionar funcionamiento de la Electroválvula				
SISTEMA ELÉCTRICO				
Verificar carga y estado de baterías de emisor				
Verificar carga y estado de baterías de receptor				
Verificar funcionamiento y estado de bobina de electroválvula				
Inspección visual de golpes en control remoto y verificar funcionamiento				
Verificar antenas y estado de señal de control remoto				
Verificar funcionamiento y estado de acumulador				
Inspeccionar visualmente estado y señal de cables				
Verificar funcionamiento y estado de señal de antenas				
Inspección visual de golpes en antenas				
Inspección visual de racores en antenas				
Revisar Estado de las conexiones Electricas				
Realizar Limpieza a Gabinete de Conexiones				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (QUINCENAL)				
Verificar funcionamiento y realizar mantenimiento de control remoto				
Verificar funcionamiento y realizar mantenimiento de antenas				
Verificar si hay aire mínimo en el sistema hyco. y purgar sistema				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MENSUAL)				
Cambio de Guayas				
Realizar medición de desgaste en labios de cuchara				
Verificar funcionamiento y realizar mantenimiento de conexiones de cables				
Realizar limpieza y mantenimiento a conectores				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (TRIMESTRAL)				
Realizar ensayo de tintas penetrantes para detectar grietas de grilletes				
Realizar ensayo de tintas penetrantes para detectar grietas de bujes				
Realizar ensayo de tintas penetrantes para detectar grietas de pasadores				
Realizar medición de desgaste de hilos de tuercas				
Verificar fuga y el debido de torque de las conexiones del sistema				
Cambio de mangueras reportadas cristalizadas y en mal estado				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (SEMESTRAL)				
Cambio de Aceite Hidraulico				
Realizar ensayo de tintas penetrantes en tk hyco. Para evitar fugas por grieta				
Revisar estado de Acumuladores (Para cambio de Bateria)				
BACKLOG				
FIRMA TÉCNICO(S)			FIRMA ANALISTA QUIEN RECIBE:	

8.1 PLANES DE ACCIÓN

Los planes de acción nos permiten desarrollar oportunidades de mejoras, basados en los reportes de fallas y la recurrencia de estas en el sistema, que para el caso del grupo de cucharas es el sistema estructural.

8.1.1 Plan de acción sistema estructural. Las fallas más recurrentes y los planes de acción propuestos fueron los siguientes:

Tabla 20. Propuestas de Plan de Acción Sistema Estructural.

PROPUESTAS DE PLAN DE ACCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL	
Falla recurrente	Propuestas
Cuchara golpeada	Analizar posibilidad de estructuralmente colocar protectores de elastómeros termoplásticos (Cauchos), para minimizar golpes.
	Láminas de aceros de refuerzo y/o antidesgaste, para minimizar golpes.
Guayas deterioradas	Dentro del plan de mantenimiento incluir paradas planeadas para remover corrosión y aplicar pinturas base anticorrosiva y capa de pintura con medición de espesor, para evitar deterioro.
	Protectores de elastómeros para evitar deterioro y aumentar la resistencia de golpes, de acuerdo a costos y capacidad de presupuesto.
Grilletes deteriorados	Dentro del plan de mantenimiento incluir paradas planeadas para remover corrosión y aplicar pinturas base anticorrosiva y capa de pintura con medición de espesor, para evitar deterioro.
	Protectores de elastómeros para evitar deterioro y aumentar la resistencia de golpes.

Las propuestas podrán ser tenidas en cuenta por el área de mantenimiento de acuerdo a los costos y el presupuesto a disposición.

9. CONCLUSIONES

El resultado de la aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la Sociedad Portuaria Regional Barranquilla, permite que el área de mantenimiento de equipos fijos con referencia al grupo de las cucharas pueda obtener mejoras y aumento en la disponibilidad y confiabilidad, consiguiendo una operación efectiva en estos equipos, lo que se refleja en la disminución de paradas no programadas, aumento de tareas proactivas, optimización de los recursos, insumos y horas hombres, debido a que se da prioridad basado en el análisis de los históricos de mantenimiento y el análisis de criticidad. Lo que aumenta la credibilidad del área y de los equipos.

Con la revisión y el análisis estadístico del histórico de datos de las órdenes de mantenimiento, se logró observar que se pueden estandarizar los conceptos, para la identificación y reporte de fallas de la parte operativa. Se obtuvo información muy relevante con respecto a los sistemas de las cucharas, mostrándose el sistema estructural como el de más falla recurrente, lo que nos permitió desarrollar un análisis puntual de sus fallas y de los sistemas que le seguían en recurrencia, como lo era el sistema eléctrico e hidráulico. De esta forma se estableció la criticidad de las fallas en cada uno de los sistemas y con base a esto poder desarrollar la implementación de las mejoras correspondientes en el plan de mantenimiento.

Las mejoras desarrolladas fueron realizadas de acuerdo a los sistemas críticos, teniendo en cuenta síntomas, causas, modos de fallas, frecuencias de fallas, se realizó el diagrama de decisión, se hizo revisión de los planes de mantenimiento y de su frecuencia, se agregaron tareas y/o actividades en mejoras de la lista de chequeo.

Como valor agregado se sugieren posibles planes de acción para contrarrestar las fallas más recurrentes, para ser analizadas en términos de viabilidad y costos, de acuerdo a presupuesto del área de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR LEÓN, Mauricio. Principios de Mantenimiento, Memorias especialización gerencia de mantenimiento. Bucaramanga; UIS Pág. 1.
- ALDO GAROFOLI, JORGE GAROFOLI. Elevadores a cangilones de descarga centrífuga. pérdidas ocasionadas por problemas de diseño. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 18, N. ° 2, pp. 55-67, 2014.
- BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga; UIS Pág. 23.
- BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga; UIS Pág. 1.
- DÍAZ DELGADO, Deuel. Diseño de las cadenas de tracción del transportador de rastrillos para el acarreo de mineral laterítico reducido. Instituto Superior Minero Metalúrgico “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. República de Cuba. Tesis pregrado. Pág. 5: 9.
- H. PAUL BARRINGER, de Barringer & Associates. DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y CAPACIDAD. Pág. 5
- HUERTA MENDOZA R. El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Septiembre 2000.
- H. PAUL BARRINGER, de Barringer & Associates. DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y CAPACIDAD. Pág. 2:3
- IDENTIFICACION PESAJE Y CONTROL. Especialistas en Básculas, Balanzas, Sistemas de pesaje e Identificación. México D.F. 5 de abril de 2019. Disponible en: <http://www.ipc.com.mx/pi-basculas-paso-y-bacheo.html>
- JACOME, Viviana- PIÑERES, Jesus, Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para cargadores 938 h caterpillar de la sociedad portuaria regional de

barranquilla; Proyecto de Grado de especialización de gerencia de mantenimiento, UIS. 2017 Pág. 44.

JARAMILLO, Jorge E. & CIA. Integradores de soluciones industriales PESAPACK. Manizales, Colombia. 5 de abril de 2019. Disponible en: <http://jjycia.com/PESAPACK>

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

PINO REYNA, Jeibel. Simulación de la descarga del elevador de cangilones del sistema de transportación de azúcar refino del ingenio “Chiquitico Fabregat”. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas Facultad de Ingeniería Mecánica. Santa Clara. Pág. 5:13.

PÉREZ J. Carlos Mario, MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM), Por John Moubray, traducido y adaptado. Pág. 1:3

PUERTO DE BARRANQUILLA SOCIEDAD PORTUARIA, Datos del Movimiento de Carga en el terminal, Datos en línea, disponible en: <http://www.puertodebarranquilla.com/index.php/movimiento-de-carga/>

RODRIGO A. GÓMEZ M.1 & CORREA Alexander A. Análisis de implementación de sistemas de bandas transportadoras en patios de almacenamiento en empresas de minería de carbón con simulación discreta y diseño de experimentos. Medellín; Universidad Nacional de Colombia. pág. 61.

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

SILVA, Pedro Eliseo. Mantenimiento en 3D, Mantenimiento en Latinoamérica Volumen 3, la revista para la gestión de activos. Junio 2011