

**MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA BARCAZA DE
DESVIO DE SÓLIDOS FLOTANTES EN EL RIO MAGDALENA UBICADO EN EL
MUELLE DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE
ECOPETROL S.A.**

**MARIA LUCIA SALAS CABEZAS
JOSÉ JAVIER AFANADOR HERNÁNDEZ**

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

2012

**MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA BARCAZA DE
DESVIO DE SÓLIDOS FLOTANTES EN EL RIO MAGDALENA UBICADO EN EL
MUELLE DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE
ECOPETROL S.A.**

**MARIA LUCIA SALAS CABEZAS
JOSÉ JAVIER AFANADOR HERNÁNDEZ**

**Monografía para optar por el título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**Director:
FABIÁN ANDRÉS FLÓREZ MORENO
Ingeniero Mecánico
Especialista en Alta Gerencia
Magister en Ingeniería Industrial**

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

2012

DEDICATORIA

*Al padre celestial
y a nuestra madre del cielo,
Porque sin su amor, nada es posible
A mis padres y a mi hermana,
Por ser mi apoyo incondicional en todo momento.*

María Lucía

AGRADECIMIENTOS

A ECOPETROL S.A, por el apoyo técnico y financiero ofrecido para el desarrollo de la monografía, al Director de proyecto, Ing. Fabián Andrés Flórez Moreno, por su colaboración y disposición permanente.

Al personal de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en especial al del Postgrado en Gerencia de Mantenimiento por su disposición y servicio permanente; a los profesores por su generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias con cada uno de nosotros.

A nuestros compañeros, por cada uno de los momentos compartidos y por la amistad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	18
1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE ECOPETROL S.A.	18
1.2 GERENCIA GENERAL REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA	20
1.3 ORGANIZACIÓN	22
1.4 MARCO ESTRATÉGICO	23
1.4.1 Misión	23
1.4.2 Visión	23
1.5 INFRAESTRUCTURA DEL NEGOCIO	23
1.6 SERVICIOS INDUSTRIALES	25
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	28
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
2.2 OBJETIVOS	29
2.2.1 Objetivo General	29
2.2.2 Objetivos Específicos	29
2.3 JUSTIFICACIÓN	30
3. MARCO TEÓRICO	31
3.1 MANTENIMIENTO	31
3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	32
3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	32
3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	33
3.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	36

3.5.1 Definición	36
4. CREACIÓN DE UN EQUIPO EN EL SISTEMA ELLIPSE	43
4.1 CONCEPTOS SOBRE EL REGISTRO DE EQUIPOS	43
4.2 CREACIÓN DEL EQUIPO - MSQ600	44
4.3 CREACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERAL DEL EQUIPO - MSQ600	47
4.4 NOMBRES COLOQUIALES	48
4.5 DESCRIPCIÓN AMPLIADA - MSO096	54
4.6 CLASIFICACIONES DE EQUIPOS	55
5. BARCAZA PARA EL DESVÍO DE ELEMENTOS SÓLIDOS FLOTANTES	57
5.1 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CRITICIDAD DE LA BARCAZA PARA EL DESVÍO DE ELEMENTOS SÓLIDOS FLOTANTES	58
5.1.1 Análisis de Criticidad	58
6. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	63
6.1 ANÁLISIS FUNCIONAL BARCAZA PARA SÓLIDOS FLOTANTES DEL RÍO MAGDALENA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA	63
6.2 SISTEMA DE FLOTACIÓN DE LA BARCAZA	64
6.3 SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL	65
6.4 SISTEMA DE UBICACIÓN DE LA BARCAZA	67
6.5 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA BARCAZA	68
6.6 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMECA)	68
6.7 CATEGORÍA DE MODOS DE FALLA SEGÚN CONSECUENCIAS	70
6.8 ANÁLISIS DE EFECTOS DE FALLA	71
6.9 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	78
6.10 GESTIÓN EN MANTENIMIENTO	80
6.10.1 Mantenimiento Actual	80
6.10.2 Propuesta de Mantenimiento basado en la Metodología RCM	92

CONCLUSIONES	97
BIBLIOGRAFIA	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama ECOPETROL	22
Figura 2. Sistema de Captación de Agua Río Magdalena y de Bombeo Flotante Bote Nuevo	26
Figura 3. Sistema de Captación de Agua Río Magdalena y de Bombeo Flotante Bote Nuevo	27
Figura 4. RCM-Proceso	37
Figura 5. Componentes de un Programa de RCM	39
Figura 6. Proceso RCM	40
Figura 7. Registro de Equipos en el Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A.	44
Figura 8. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Search For Equipment"	45
Figura 9. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Register"	46
Figura 10. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Enter Equipment Class"	46
Figura 11. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Register"	48
Figura 12. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Colloquial Names"	49
Figura 13. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Register"	50
Figura 14. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Plant Names and Codes"	51
Figura 15. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Nameplate Attributes"	52
Figura 16. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Register"	53
Figura 17. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Register"	54
Figura 18. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Extended Description"	55
Figura 19. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Equipment Extended Description"	56

Figura 20. Barcaza para desvío de sólidos flotantes ubicada sobre en Río Magdalena en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.	57
Figura 21. Sistema de Flotación de la Barcaza	65
Figura 22. Sistema de Desplazamiento Vertical	66
Figura 23. Plano Sistema de Ubicación de la Barcaza	67
Figura 24. Sistema de Aseguramiento de la Barcaza	68
Figura 25. Modelo Análisis de Causa Raíz	79
Figura 26. Equipos del Sistema Captación de Agua, ELLIPSE- ECOPETROL S.A.	81
Figura 27. Principales Actores de Mantenimiento Correctivo, Barcaza	92
Figura 28. Principales Actores de Mantenimiento Correctivo, Barcaza	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Hipótesis y Mecanismos de Evidencia	37
Tabla 2. Variables Consideradas para la Matriz de Criticidad	60
Tabla 3. Matriz de Criticidad, Barcaza	62
Tabla 4. Análisis Funcional	64
Tabla 5. Análisis Funcional	69
Tabla 6. Criticidad de Equipos por Fallas Ocultas	71
Tabla 7. Criticidad de Equipos por impacto en la seguridad	72
Tabla 8. Criticidad de Equipos por impacto al medio ambiente	72
Tabla 9. Criticidad de Equipos por impacto a la imagen corporativa	73
Tabla 10. Criticidad de Equipos por costo de reparación	73
Tabla 11. Criticidad de Equipos por efectos en los Clientes	74
Tabla 12. Resultado Análisis	75
Tabla 13. Jerarquización	75
Tabla 14. Resultado Jerarquización	76
Tabla 15. Ocurrencia	77
Tabla 16. Detección	77
Tabla 17. Resultado Análisis RPN	78
Tabla 18. Resultado Análisis Causa Raíz	80
Tabla 19. Propuesta de Mantenimiento para la Barcaza para el Desvío de elementos Sólidos Flotantes, Basado en RCM	94

GLOSARIO

CONFIABILIDAD: Es la probabilidad de que un activo (o conjunto de activos) desempeñe su función, libre de fallos y bajo determinadas condiciones, durante un periodo de tiempo también determinado. En definiciones más concisas podemos decir que, desde el punto de vista del mantenimiento confiabilidad es la medida de la seguridad y del riesgo.

FALLA: Pérdida de la función de un elemento o modo de falla.

FMEA: Análisis de modos y efectos de Falla. (Por sus siglas en inglés Failure Mode Effect Analysis)

HIDROCARBUROS: (Hydrocarbons). Grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Los hidrocarburos más simples son gaseosos a la temperatura ambiente, a medida que aumenta su peso molecular se vuelven líquidos y finalmente sólidos, sus tres estados físicos están representados por el gas natural, el petróleo crudo y el asfalto.

MODO DE FALLA: Elemento físico que puede presentar una falla o avería.

RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Por sus siglas en inglés Reliability Centered Maintenance).

RIESGO: Medida de la probabilidad por la consecuencia de una falla.

RESUMEN

TITULO: MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA BARCAZA DE DESVIO DE SÓLIDOS FLOTANTES EN EL RIO MAGDALENA UBICADO EN EL MUELLE DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE ECOPETROL S.A.*.

AUTORES: MARIA LUCIA SALAS CABEZAS,
JOSÉ JAVIER AFANADOR HERNÁNDEZ**

PALABRAS CLAVES: CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, RCM, CRITICIDAD, MODOS DE FALLA, EFECTOS DE FALLA.

DESCRIPCION O CONTENIDO: En la industria resulta muy importante definir una estrategia de mantenimiento para los activos de tal manera que sea posible garantizar la funcionalidad de los mismos en un entorno de completa seguridad para los trabajadores, las comunidades y el medio ambiente. Por otra parte, el diseño de un buen y adecuado plan de mantenimiento, permite minimizar los desperdicios económicos para la organización y mejorar los procesos en todas las operaciones.

De acuerdo con el propósito anterior, la metodología RCM, se convierte en una herramienta que permite identificar las fallas de un equipo que pueden poner en riesgo la seguridad de personas, activos y/o ambiente; RCM permite identificar los modos y efectos de las fallas y con base en ello centralizar las tareas en los puntos críticos, que merecen especial atención y de esa manera contribuir a la administración de la seguridad de los procesos.

El presente trabajo se constituye como una aplicación de la metodología RCM a la Barcaza para desvío de Sólidos Flotantes del Río Magdalena, ubicado en la Gerencia Refinería Barrancabermeja, propiedad de ECOPETROL S.A., y busca definir las tareas de mantenimiento para dicho activo de tal manera que se mitiguen las posibles consecuencias de las fallas del equipo y se optimicen los costos actuales de mantenimiento, lo que a su vez permite contribuir a garantizar una operación confiable.

* Monografía.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Fabián Andrés Flórez Moreno.

ABSTRACT

TITLE: MAINTENANCE MODEL BASED ON RCM FOR THE BOAT FOR FLOATING SOLIDS LOCATED IN BARRANCABERMEJA REFINERY MANAGEMENT OF ECOPETROL S.A.*

AUTHORS: MARIA LUCIA SALAS CABEZAS
JOSÉ JAVIER AFANADOR HERNÁNDEZ**

KEYWORDS: RELIABILITY, AVAILABILITY, RCM, CRITICALITY, FAILURE MODES, FAILURE EFFECTS.

DESCRIPTION OR CONTENT: In industry it is very important to define a strategy for the maintenance of such assets as possible to ensure their suitability for use in an environment of complete safety for workers, communities and the environment. Moreover, a good design and proper maintenance plan, to minimize the economic waste for the organization and improve processes in all operations.

According to the above purpose, the RCM methodology, it becomes a tool to identify failures of a team that can compromise the security of people, assets and / or environment; RCM to identify the modes and effects of faults and based on that centralize the tasks on the critical points that deserve special attention and thus contribute to the security management process.

The present work is an application of the RCM methodology for the Barge floating solids forwarding Magdalena River, located in the Barrancabermeja Refinery Management, owned by Ecopetrol SA, and seeks to define the maintenance tasks for the asset so that to mitigate the potential consequences of equipment failures and optimize current maintenance costs, which in turn can help to ensure reliable operation.

* Monograph.

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specializing. Directed: Fabián Andrés Flórez Moreno Mechanical Engineer

INTRODUCCION

La industria petroquímica en Colombia se constituye como una de las más importantes a nivel país. Se caracteriza por la gran diversidad de activos que maneja dentro de su estructura productiva, por lo tanto preservar la integridad de los mismos resulta muy importante por las consecuencias que cualquier tipo de falla podría traer consigo.

El objetivo de esta monografía es aplicar los conceptos adquiridos a cerca del mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM) y de las otras herramientas, de las cuales se obtuvo conocimiento durante el desarrollo del programa de postgrado para el desarrollo de una propuesta de mantenimiento para la Barcaza para desvío de Sólidos Flotantes que hace parte del sistema de captación de agua de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, propiedad de ECOPETROL S.A.

Se propone un plan de mantenimiento enfocado en tareas preventivas y predictivas, con base en la identificación de aquellas funciones que resultan críticas y más susceptibles a presentar fallas. De esa manera se pretende incrementar la disponibilidad del activo, la correcta operación de los procesos y optimizar los costos de mantenimiento.

En este documento se presenta una breve reseña de la historia de ECOPETROL S.A. el sistema de captación de agua de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, los tipos mantenimiento existentes, la metodología de RCM, la situación actual del mantenimiento de la Barcaza para desvío de Sólidos Flotantes y la propuesta para contribuir a la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento basado en RCM para dicho activo.

1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE ECOPETROL S.A.1

La reversión al Estado Colombiano de la concesión de Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la empresa colombiana de Petróleos, que había sido creada en 1948 mediante la ley 165 de ese año. La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira - Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 Kilómetros al nororiente de Bogotá.

Ecopetrol S.A. emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso de hidrocarburos de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron al estado y las incorporó a su operación.

En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956. En 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la Republica.

En septiembre de 1983 con el descubrimiento del Campo Caño Limón, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de barriles. Gracias a este campo, Ecopetrol S.A. inició una nueva era y en el año de 1986 Colombia volvió a ser un país exportador de petróleo.

¹ <http://iris/contenido.aspx?catID=971&conID=48798>

En los años noventa, Colombia prolongó su autosuficiencia petrolera, con el descubrimiento de los gigantes Cusiana, campo ubicado en el piedemonte llanero colombiano donde se explota el crudo que lleva su nombre; y Cupiagua, campo ubicado en el municipio de Aguazul, departamento del Casanare, en asocio con la British Petroleum Company.

En 2003 el gobierno colombiano reestructuró la Empresa Colombiana de Petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos.

Con la expedición del Decreto 1760 del 26 de Junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en Ecopetrol S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al Ministerio de Minas y Energía y regida por sus estatutos protocolizados en la Escritura Pública número 2931 del 7 de julio de 2003, otorgada en la Notaría Segunda del Circuito Notarial de Bogotá .D.C.

A partir de 2003, Ecopetrol S.A. inició una etapa en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial.

Con la transformación de la Empresa Colombiana de Petróleos en la nueva Ecopetrol S.A., la Compañía se liberó de las funciones de Estado como administrador del recurso petrolero y para realizar esta función fue creada La ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos).

Actualmente Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido en

la Ley 1118 de 2006, regida por los Estatutos Sociales que se encuentran contenidos de manera integral en la Escritura Pública No. 5314 del 14 de diciembre de 2007, otorgada en la Notaría Segunda del Círculo Notarial de Bogotá.

Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares de calidad cada vez más altos.

1.2 GERENCIA GENERAL REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA

Como parte de la estructura operacional, ECOPETROL cuenta con la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica que se ocupa de:

- Entregar los combustibles, materias primas y productos petroquímicos solicitados por la Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo.
- Programar y ejecutar las acciones necesarias para adecuar el negocio a los requerimientos y oportunidades del mercado y a la legislación ambiental
- Identificar e implementar las propuestas de mejoramiento y las mejores prácticas en el negocio de refinación y petroquímica.
- Programar las cargas y producciones de las refinerías y las entregas de productos de acuerdo con la disponibilidad de materias primas, demandas de productos y posiciones de mercado, propendiendo por maximizar la rentabilidad de las operaciones de la sociedad.

A la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica, pertenece la Gerencia General Refinería de Barrancabermeja (GRB), ubicada en el departamento de Santander. La GRB tiene como funciones básicas, las siguientes:

- Producir combustibles y derivados petroquímicos con criterios de rentabilidad y cumpliendo con los requerimientos ambientales y del mercado.
- Revisar, ajustar y ejecutar la programación de cargas y producciones a las unidades de proceso de acuerdo con los planes acordados con las áreas de planeación de la empresa.
- Manejar en forma eficiente y segura los inventarios de materia prima y productos para garantizar la operación de las plantas.
- Formular, orientar y desarrollar programas operativos para producir combustibles y derivados petroquímicos de acuerdo con los requerimientos de los mercados.
- Entregar productos competitivos en términos de Calidad y oportunidad.
- Desarrollar, comunicar, evaluar y asegurar las políticas de Calidad de Talento Humano, de Gerenciamiento de Activos, de Salud, Seguridad y Ambiente en todas las dependencias de la Refinería.
- Dirigir programas de interiorización de la visión, la misión, los principios y los valores de la Empresa.
- Asumir y desarrollar las funciones y responsabilidades específicas establecidas por el modelo normativo de seguridad informática en el rol de usuario informático y dueño de la información.
- Administrar la información y el conocimiento generado en el desarrollo de su gestión de acuerdo con las políticas corporativas.

La Refinería se extiende en un área de 254 hectáreas, en las que se distribuyen más de cincuenta modernas plantas y unidades de proceso, tratamiento, servicios y control ambiental. Entre ellas están cinco unidades Topping, cuatro unidades de ruptura catalítica, dos plantas de polietileno y plantas de alquilación, ácido sulfúrico, parafinas, aromáticos y plantas para el procesamiento de residuos.

Cuenta además con facilidades auxiliares que son equipos y procedimientos no directamente involucrados con la refinación pero que adelantan funciones vitales

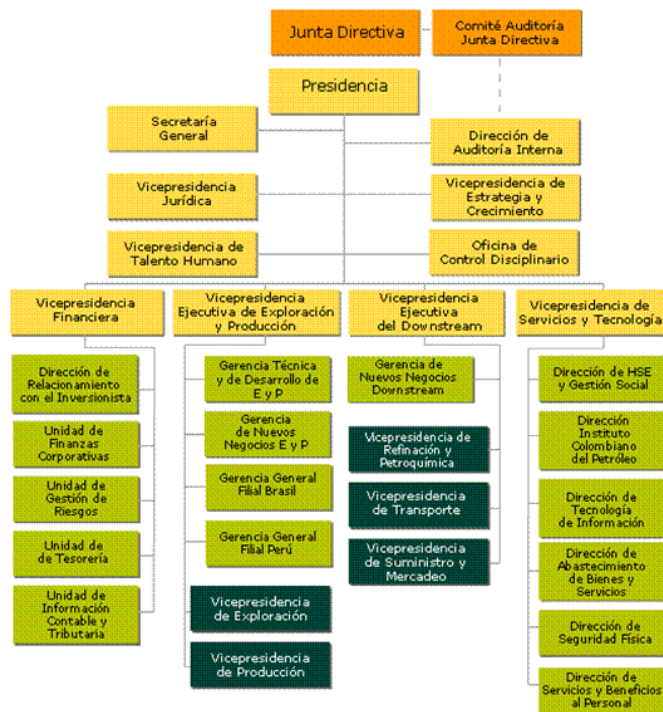
para su operación. Tal es el caso de las calderas, la planta de hidrógeno, los sistemas de enfriamiento, los sistemas de recuperación de azufre y los sistemas de tratamiento de residuos o de control de la contaminación.

La Gerencia General Refinería Barrancabermeja tiene la responsabilidad de generar el 75 por ciento de la gasolina, combustóleo, ACPM y demás combustibles que el país requiere, así como el 70 por ciento de los productos petroquímicos que circulan en el mercado nacional.

1.3 ORGANIZACIÓN

En la figura 1, se muestra el Organigrama de la Empresa ECOPETROL S.A.

Figura 1. Organigrama ECOPETROL



Fuente: www.ecopetrol.com.co

1.4 MARCO ESTRATÉGICO

1.4.1 Misión

Descubrimos fuentes de energía y las convertimos en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando el cuidado del medio ambiente, la seguridad de los procesos e integridad de las personas, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.

1.4.2 Visión

Al 2015 Ecopetrol será una empresa global de energía y petroquímica, con énfasis en petróleo, gas y combustible alternativo; reconocido por ser competitiva; con talento humano de clase mundial y socialmente responsable.

1.5 INFRAESTRUCTURA DEL NEGOCIO

Ecopetrol S.A. es dueña absoluta o se tiene la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país, se posee el mayor conocimiento geológico de las diferentes cuencas, se cuenta con una respetada política de buen vecino dentro de las comunidades donde se realizan actividades de exploración y producción de hidrocarburos, somos reconocidos por la gestión ambiental, y tanto en el Upstream (Actividades relativas a la exploración, producción y entrega a una terminal de exportación de petróleo crudo) como en el Downstream (Comprende el transporte de aceite crudo, el abastecimiento y la comercialización, la refinación, la distribución y el mercadeo de los productos

derivados del petróleo.),se han establecido negocios con las más importantes petroleras del mundo.

Se cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el Centro, el Sur, el Oriente y el Norte de Colombia; dos refinerías; puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas; y una red de transporte de 8.500 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

Se tiene a disposición de nuestros socios el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), considerado el más completo centro de investigación y laboratorio científico de su género en el país, donde reposa el acervo geológico de un siglo de historia petrolera de Colombia.

Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares de calidad cada vez más altos.

Las Refinerías de Barrancabermeja y Cartagena suplen la producción nacional de combustibles que permite atender la demanda del país y la salida de productos de exportación.

En Colombia operan, adicionalmente, dos pequeñas refinerías en Orito y Apiay (6.000 barriles cada una), que producen combustibles para uso local.

1.6 SERVICIOS INDUSTRIALES

En la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A. los departamentos operativos de Servicios Industriales Refinería y Servicios Industriales Balance se encargan de generar los diferentes servicios industriales necesarios para cubrir las necesidades en los diferentes procesos que se llevan a cabo en la refinería:

- Aire Comprimido
- Generación de Energía
- Generación de Vapor
- Tratamiento de Aguas.

En lo que respecta al tratamiento de agua, en estos departamentos se tiene un sistema de captación de agua del río Magdalena por medio de dos Casa Bombas flotantes:

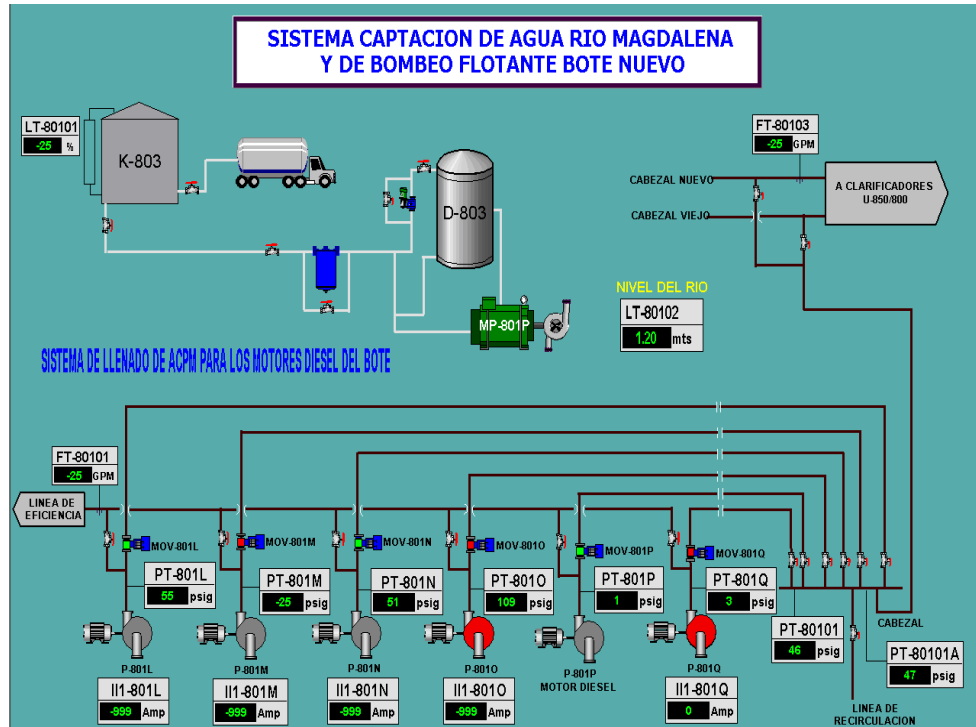
BOTE NUEVO (Nomenclatura registrada en el CMMS Ellipse a la casa de bombas flotante para el sistema de captación de agua del río Magdalena para el área de la Refinería contiene 6 unidades de bombeo, las SP801 L / M / N / O / P / Q)

BOTEUB (Nomenclatura registrada en el CMMS Ellipse a la casa bombas flotante para el sistema de captación de agua del río Magdalena para el área de la unidad de balance contiene 5 unidades de bombeo, las SP2904 A / B / C / D / E).

Al lado sur de estas casa bombas se encuentra ubicada una Barcaza que es utilizada como sistema de protección para que desvíe todos los sólidos flotantes que pueden golpear y averiar el casco de los botes, atentando la integridad de las casa bombas y de las unidades de bombeo por un posible hundimiento, afectando la operación de la refinería por suministro de agua.

El sistema de recolección de agua se muestra en la figura 2, a continuación:

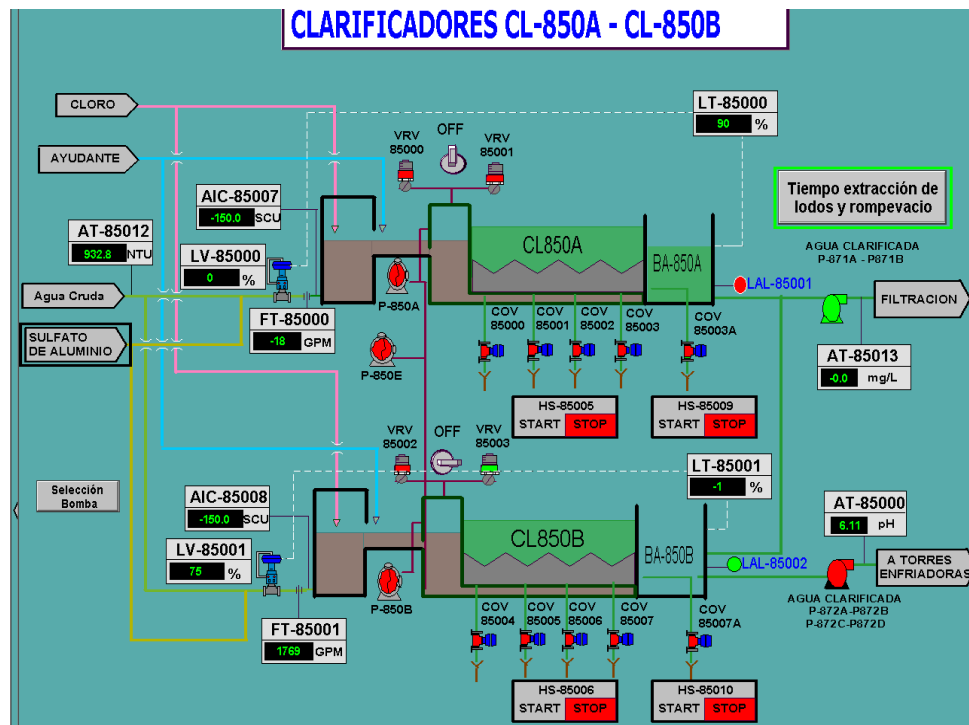
Figura 2. Sistema de Captación de Agua Río Magdalena y de Bombeo Flotante Bote Nuevo



Fuente: Manual de entrenamiento Unidad de Servicios Industriales Refinería Barrancabermeja versión 2009

El Sistema de Captación de Agua Río Magdalena y de Bombeo Flotante Bote Nuevo, se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Sistema de Captación de Agua Río Magdalena y de Bombeo Flotante Bote Nuevo



Fuente: Manual de entrenamiento Unidad de Servicios Industriales Refinería Barrancabermeja version 2009

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Barcaza para el desvío de elementos sólidos flotantes ubicada sobre en Río Magdalena en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A., no es considerado un equipo crítico, posiblemente porque no se le ha dado la importancia que requiere; no existe ningún estudio que demuestre la criticidad del equipo a pesar de que es considerado como un activo de la refinería al cual se le realiza mantenimiento, con unos costos considerables.

Por otra parte, al activo físico objeto de esta monografía se le conoce por un nombre común más parecido a un sobrenombre (BOTALON), que no aparece registrado en el sistema de información de mantenimiento de la Gerencia Refinería Barrancabermeja CMMS ELLIPSE; durante los 18 años de la historia de mantenimiento en la refinería de Barrancabermeja los costos de mantenimiento de dicho equipo, han sido cargados al BOTEREF (Nomenclatura registrada en el CMMS Ellipse a la casa de bombas flotante para el sistema de captación de agua del Río Magdalena para el área de la Refinería que dejó funcionar desde el 2004) y al BOTE NUEVO (Nomenclatura registrada en el CMMS Ellipse a la casa de bombas flotante para el sistema de captación de agua del Río Magdalena para el área de la Refinería que reemplazó a BOTEREF desde el 2004) no permitiendo llevar una trazabilidad del equipo.

De lo anterior se tiene que, el activo opera sin conocimiento alguno de la criticidad que representa, y por lo tanto, en caso de falla siempre se recupera la funcionalidad del activo mediante la declaración de una orden de trabajo de emergencia por el impacto negativo en el sistema de captación de agua del Río

Magdalena de tal manera que se pueda garantizar el suministro de este elemento vital para la operación de los diferentes procesos de las plantas de la refinería.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo General

Plantear un modelo de estrategia de mantenimiento basada en la filosofía RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el sistema mecánico de la Barcaza para el desvío de sólidos flotantes ubicada sobre en Río Magdalena en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A, como estrategia para mantener la funcionalidad del activo.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar diagnóstico del estado actual de las condiciones del mantenimiento que se presta en la Barcaza para el desvío de elementos sólidos flotantes ubicada sobre en Río Magdalena en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.
- Identificar y describir las funciones del sistema del que hace parte la barcaza de desvío de elementos sólidos flotantes, los requerimientos de operación y las posibles formas de fallar del equipo.
- Realizar un análisis de criticidad de la barcaza de desvío de elementos sólidos flotantes e identificar las partes o sistemas más críticos.
- Realizar el análisis de Modo y Efecto de Falla de la barcaza de desvío de elementos sólidos flotantes.
- Elaborar la propuesta de plan de mantenimiento para el sistema mecánico de la barcaza, adecuada con base en diagrama lógico de decisiones.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación pretende contribuir a la construcción e implementación de los planes de mantenimiento que permita minimizar y controlar los riesgos que implican una posible falla en la Barcaza para el desvío de elementos sólidos flotantes ubicada sobre en Río Magdalena en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.

Una exitosa administración del mantenimiento en el activo de interés permitirá elegir mediante el pleno conocimiento las tareas de mantenimiento adecuadas sin incurrir en gastos innecesarios, lo que incluye conocer la dinámica que implica la implementación del plan, y, mantener la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

Con el presente trabajo se busca brindarle a las partes, tanto administración como operaciones una herramienta útil que involucre dicho conocimiento al momento de definir las tareas de mantenimiento a realizar, de manera que se mejore lo existente manteniendo la funcionalidad del equipo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MANTENIMIENTO

Se entiende por *Mantenimiento* el conjunto de acciones, operaciones y actitudes tendientes a poner o restablecer un bien a un estado específico que le permitan asegurar un servicio determinado.²

La gestión del mantenimiento está compuesta por todas las actividades orientadas a establecer, organizar y dirigir los recursos destinados al mantenimiento, con el propósito de lograr la máxima disponibilidad de los activos con suficiente juicio económico.

Mantener bien es ejercer un estricto control sobre los siguientes factores:

- Reparaciones de emergencia, minimizarlas.
- Tiempo muerto en producción imputable a Mantenimiento, minimizarlo.
- Reparaciones y modificaciones de Equipo, optimizarlas.
- Desperdicio de materiales de Producción imputable a mantenimiento, minimizarlos.
- Materiales Empleados en las reparaciones y modificaciones, optimizarlos.
- La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento, optimizarlos.
- La depreciación del equipo y edificios, retardarla incrementando su vida.²

² GONZALEZ B. Carlos Ramón. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2010. Mantenimiento Preventivo, Pág.15.

3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento consiste en llevar el activo hasta el punto en el cual ya no presta la función para la que fue diseñado. Dicho activo puede repararse y reutilizarse cuantas veces sea necesario, siempre después de presentada una falla.

El mantenimiento correctivo generalmente es empleado para solucionar fallas detectadas, que requieran de una solución inmediata o proyectada.

El mantenimiento correctivo por lo general se aplica en:

- Sistemas que se consideran complejos, por ejemplo componentes electrónicos o en equipos donde difícilmente pueden prevenirse fallas; en procesos que consienten ser interrumpidos en cualquier momento sin poner en riesgo la seguridad.
- Activos Antiguos en funcionamiento. En dichos casos pueden presentarse fallas de forma imprevista, y generalmente en el instante menos oportuno, precisamente porque el equipo es demandado debido a la necesidad.

Este tipo de mantenimiento es el más común y conocido por los encargados, jefes e ingenieros de mantenimiento. Por lo general obliga a un riguroso conocimiento del equipo y las partes susceptibles a falla a un diagnóstico acertado y rápido de las causas.³

3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es aquel tipo de Mantenimiento que se aplica de forma planeada teniendo como base inspecciones preliminares de acuerdo con la naturaleza del equipo. El

³ GONZALEZ B. Carlos Ramón. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2010. Mantenimiento Preventivo, Pág.22.

Mantenimiento Preventivo consiste en la inspección periódica y armónicamente coordinada, de los elementos, equipos y procesos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra.⁴

3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este tipo de mantenimiento se constituye como una técnica que permite de alguna manera predecir la falla que podría presentarse en un componente de un equipo, de tal manera que ese componente sea reemplazado a tiempo, precisamente antes de que se presente la falla. De esa manera, el tiempo de inactividad del equipo se hace mínimo y al mismo tiempo se maximiza la vida útil.

La práctica de este mantenimiento requiere la medición de algunos parámetros que de alguna manera se relacionen con el ciclo de vida del equipo. La aplicación del mantenimiento predictivo radica en determinar, en primer lugar, una traza histórica de la relación que existe entre la o las variables seleccionadas y la vida del equipo.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.

⁴ GONZALEZ B. Carlos Ramón. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2010. Mantenimiento Preventivo, Pág.16.

- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.⁵

Al referirse al activo en cuestión, *Barcaza para separación de Sólidos*, algunas de las técnicas que pueden ser aplicadas en cuanto predecir posibles fallas son:

- Inspección Visual Micro-Macro
- Análisis Físicoquímico del Fluido en Contacto
- Caracterización de Productos de Corrosión
- Inspección por Ultrasonido

Inspección Visual: Se realiza la inspección visual micro-macro de la superficie interior y exterior de la barcaza, y del sistema de recubrimiento, con el fin de evidenciar la presencia de productos de corrosión, deterioros y/o fallas superficiales asociadas a diferentes mecanismos de daño. Si fuere necesario, se realiza la preparación mecánica de la pieza, limpieza química de la zona de a inspeccionar, y medición de deterioros por micrometría.

Análisis Físicoquímico del Fluido en Contacto: Para determinar la agresividad corrosiva del medio en contacto con la barcaza, se realiza la caracterización

⁵ http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm

fisicoquímica del agua que se halla en contacto con la superficie externa. Las muestras son recolectadas in situ.

La caracterización fisicoquímica del agua incluye la determinación de pH, conductividad, alcalinidad, contenido de sólidos, sulfatos, cloruros, dureza cálcica y hierro total.

Caracterización de Productos de Corrosión: Se lleva a cabo la caracterización fisicoquímica de los productos de corrosión que pueden encontrarse adheridos a la superficie externa e interna de la barcaza, con el fin de identificar cualitativamente la presencia de parámetros corrosivos, tales como iones sulfuros, carbonatos, cloruros, entre otros. Dicha caracterización puede llevarse a cabo por medio de las técnicas de Fluorescencia de Rayos X, Difracción de Rayos X, entre otras.

Inspección por Ultrasonido: Se realiza la inspección por medio de la técnica de ultrasonido, SCAN A, B, C ó Phase Array. Por una parte se realiza la detección de discontinuidades y por otra, la medición de espesores de chapa metálica, a fin de establecer los valores mínimos y posteriormente realizar la valoración mecánica del equipo.

Esta técnica, dentro de los ensayos No Destructivos, en la cual una onda sónica de alta frecuencia se introduce en el interior de un material para hallar defectos superficiales, subsuperficiales e internas El haz ultrasónico incide en el material y de hallar algún defecto, se refleja y de esa manera indica la presencia de una discontinuidad, pues dichas discontinuidades actúan como una interfase metal-gas, que interfiere en el curso normal de la onda.

3.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

En 1974, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos le asignó a la empresa United Airlines prepara un informe sobre los procesos usados por la industria de la aviación civil para elaborar programas de mantenimiento para los aviones, este informe fue realizado por F. Stanley Nowlan, Director de Análisis de Mantenimiento de United Airlines y Howard F. Heap, Gerente de Planeación del Programa de Mantenimiento de United Airlines, el documento fue publicado en 1978 y fue titulado Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés Releability Centered Maintenance.⁶

Como resultado de la demanda internacional por una norma que estableciera unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de modos de falla pueda ser llamado RCM, surgió en 1999, la norma SAE JA1011 y en el año 2002, la norma SAE JAE 1012. No intentan ser un manual, ni una guía de procedimientos, sino que simplemente establecen, como se ha dicho, unos criterios, que debe satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM.⁷

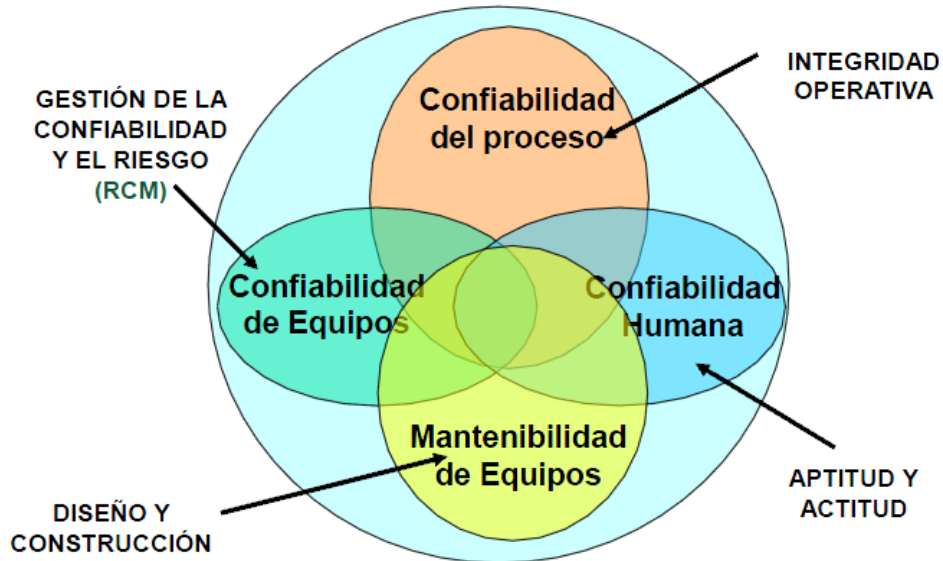
3.5.1 Definición

En primer lugar se formula qué es confiabilidad operacional, y para ello se muestra el esquema de la figura 4:

⁶ MOUBRAY, JHON. Reliability Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc, 1997. P 318.

⁷ NIETO GONZÁLEZ, Hernando. Monografía, Modelo de Optimización para el Mantenimiento Proactivo de los Equipos Críticos de un Tren de Laminación en Frío basado en RCM.

Figura 4. RCM-Proceso



Fuente: ORTIZ, Daniel. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2012. Memorias Clase RCM.

El RCM hace parte de la tercera generación del Mantenimiento como puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 1. Hipótesis y Mecanismos de Evidencia

PRIMERA GENERACIÓN	SEGUNDA GENERACIÓN	TERCERA GENERACIÓN	CUARTA GENERACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Corrección momentánea o definitiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de producción y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionado con el mundo
<ul style="list-style-type: none"> • Correctivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Preventivo • Predictivo • Modificativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Productivo Total • Centrado en Confiabilidad • Combinado • Reactivo • Orientado a Resultados • Clase Mundial • Proactivo 	Centrado: <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades y Competencias • Cliente y el servicio • Eliminación de defectos • Gestión de Activos o Terotecnológico

Fuente: ORTIZ, Daniel. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2012. Memorias Clase RCM.

De acuerdo con la norma SAE JA1011, la definición de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM, es la siguiente:

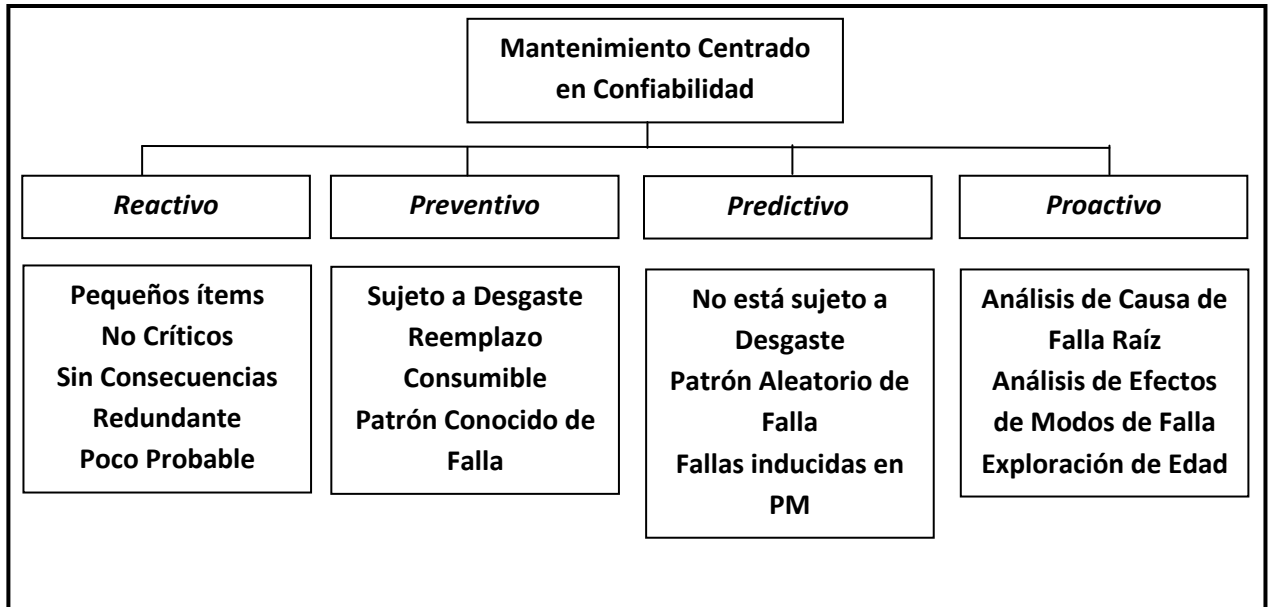
RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional.⁸

Por otra parte, se puede decir que RCM es una filosofía aplicada con el propósito de determinar lo que debe hacerse para asegurar que un activo desempeñe las funciones para las que ha sido diseñado y. que ha venido desarrollando, teniendo como base los modos de falla que podría llegar a presentar y las consecuencias que ello podrían traer consigo.

Al aplicar RCM se pretende determinar las mínimas tareas de mantenimiento requeridas para cumplir con la funcionalidad de los equipos. La NASA menciona los componentes principales del RCM, estos se muestran a continuación en la Figura 5.

⁸ SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999.

Figura 5. Componentes de un Programa de RCM



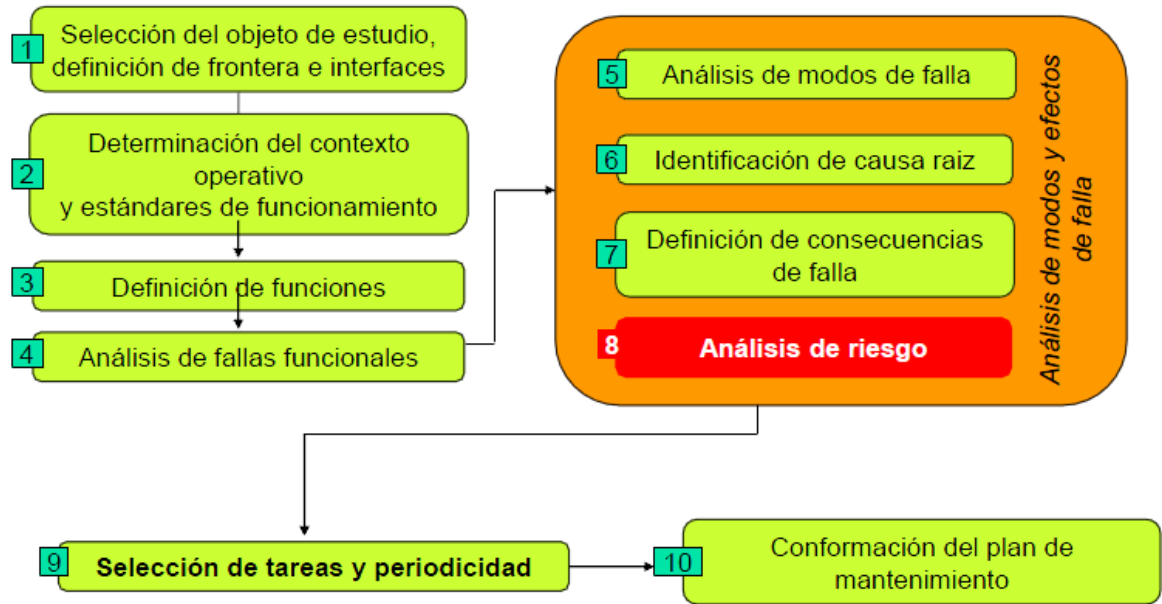
Fuente: NASA, Reability Centered Maintenance Guide of Facilities and Collateral Equipment

El RCM requiere dar respuesta a siete preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla? *Efectos*
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea adecuada para que evite que la falla se presente?

Con base en las respuestas que solventen las dudas planteadas, se plantea el siguiente proceso, mostrado en la Figura 6, que constituye el RCM:

Figura 6. Proceso RCM



Fuente: ORTIZ, Daniel. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2012. Memorias Clase RCM.

De esa manera, los pasos para el desarrollo de un proyecto de RCM son los siguientes:

- 1) Selección de objetos para el estudio, definición de fronteras e interfaces
Durante esta etapa son definidos los equipos incluidos en el RCM. Es decir cuántos y cuáles equipos serán incluidos y cuáles no.
- 2) Determinación del Contexto operativo y estándares de funcionamiento
Esta etapa consiste en la identificación de lo que el usuario considera son las funciones de cada equipo dentro del contexto operativo donde se halla y en qué momento se considera que el equipo pierde su funcionalidad.

3) Definición de Funciones

Las funciones son los parámetros de funcionamiento y contexto operacional. Se deben definir las funciones básicas para cada equipo seleccionado como parte del RCM, es decir qué debe hacer el equipo y asegurar dicha funcionalidad.

4) Análisis de fallas funcionales

Las fallas funcionales son aquellas que se presentan cuando el activo no cumple con las funciones que el usuario ha designado y considera como aceptables. Puede formularse el siguiente interrogante: ¿cómo está fallando el equipo para no satisfacer sus funciones?

5) Análisis de modos de falla

Consiste en identificar las posibles causas que están dando origen a que el equipo presente falla funcional. Los modos de falla generalmente se agrupan de la siguiente manera:

- Cuando la capacidad se encuentra por debajo de la funcionalidad esperada.
- Cuando el funcionamiento se incrementa sobre la capacidad inicial.
- Cuando desde el principio el activo no es capaz de llevar a cabo sus funciones.

6) Identificación de Causa Raíz

El objetivo de esta etapa es identificar la causal principal por la cual se presenta determinado modo de falla en un equipo

7) Definición de Consecuencias de Falla

En este paso se determina ¿qué tan importante es que no se presente la falla?, de esa manera se identifica cuáles de las fallas afectan en mayor proporción a la organización y también cuáles no, todo esto con base en las consecuencias identificadas.

8) Análisis de riesgo

Durante esta etapa, se determina qué sucede si se presenta la falla funcional. Al responder la pregunta, deberá tenerse la siguiente información: las evidencias de que se produjo la falla, porque dicha falla representa una amenaza para la seguridad, el medio ambiente, el negocio, etc; cómo se debe actuar para hacer frente a la falla.

9) Selección de tareas y periodicidad

Aquí se formulan las respuestas a la pregunta ¿qué debe hacerse para evitar que la falla se presente? El pleno conocimiento de los modos y efectos de las fallas permiten la determinación del tipo de tareas necesarias para evitar que vuelvan a presentarse, preventivas, predictivas, proactivas, correctivas, etc. Lo anterior se realiza a partir de un árbol de decisiones.

10) Conformación del Plan de Mantenimiento

A partir de la selección de tareas, estas consolidan en un programa que a su vez conformar el plan de mantenimiento adecuado para cada equipo. Se incluye los tiempos de ejecución, los recursos, etc.

4. CREACIÓN DE UN EQUIPO EN EL SISTEMA ELLIPSE

El módulo de mantenimiento ELLIPSE es un sofisticado Sistema Computarizado de Administración de Mantenimiento (CMMS por sus siglas en inglés) que puede ser empleado para apoyar el proceso de planeamiento y programación. ELLIPSE es principalmente un sistema basado en tablas y como tal existe mucha información que necesita ser recopilada de manera que pueda ser ingresada para cumplir con las prácticas y procedimientos de la Empresa. Esta sección se ocupa de ver cómo instalar el sistema ELLIPSE así como el uso de las tablas relacionadas⁹.

4.1 CONCEPTOS SOBRE EL REGISTRO DE EQUIPOS

El sistema ELLIPSE está relacionado en su mayor parte con la operación, mantenimiento y costos de equipos.

Por lo tanto, una correcta identificación del equipo es VITAL para la operación de la organización y la creación de un registro de equipos es un paso clave para la implementación de ELLIPSE.

En ELLIPSE, el registro de equipos es un catálogo de equipos que ha sido estructurado de manera muy similar a los catálogos de tiendas y cuenta con herramientas sencillas de búsqueda.

⁹ Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 5

El registro de equipos es primordial para toda operación y mantenimiento como se indica a continuación, en la Figura 7 ¹⁰.

Figura 7. Registro de Equipos en el Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A.



Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 6

4.2 CREACIÓN DEL EQUIPO - MSQ60011

En ELLIPSE, la información de equipos estáticos se encuentra disponible en el registro del equipo y es mantenida por el MSQ600. El principal agrupamiento de los equipos es 'clase de equipo' y la clase debe ingresarse al crear el equipo. De esta manera, la estructura del número de fabricación puede ser seleccionada y mostrada en pantalla, lista para el proceso de creación.

Al momento de crear el equipo, el 'código de nombre' puede ser ingresado para que sus valores predeterminados se completen en las pantallas adecuadas.

¹⁰ Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 6

¹¹ Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 16

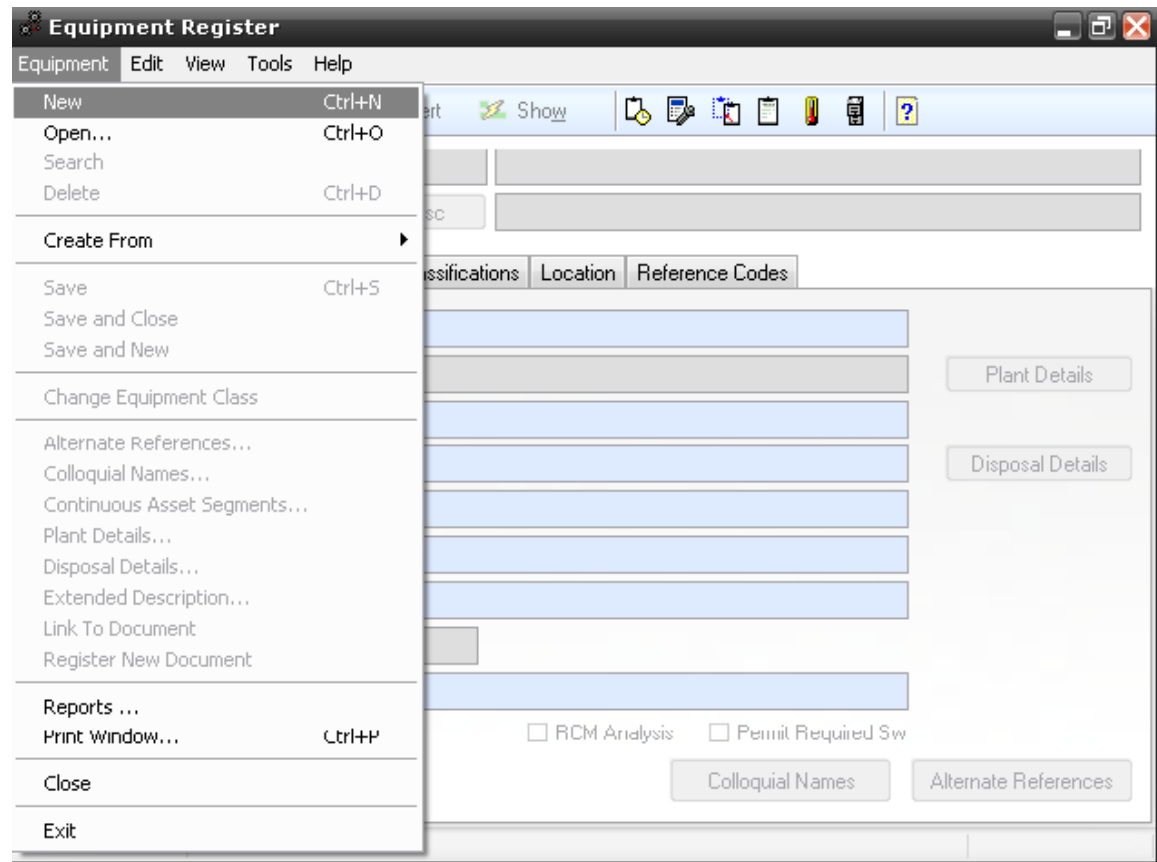
En el menú "Equipment" se selecciona la opción "New", Figuras 8 y 9.

Figura 8. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; "Search For Equipment"

Equipment	Equipment Description	Status	Equip. Location	Plant
1				

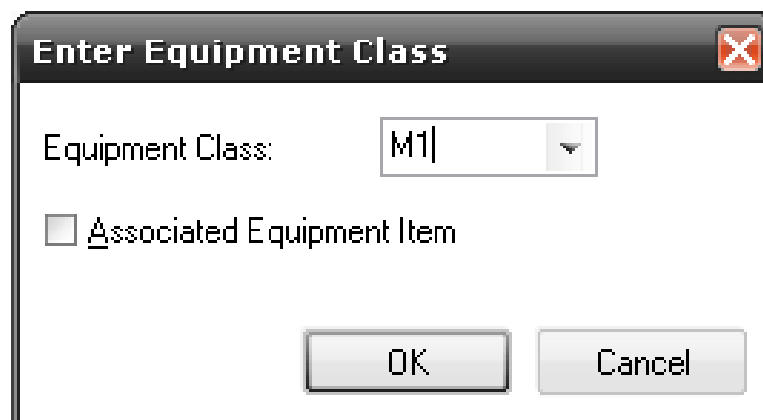
Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 16

Figura 9. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Register”



Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 17

Figura 10. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Enter Equipment Class”



Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 17

4.3 CREACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERAL DEL EQUIPO - MSQ600

La primera pantalla del registro del equipo contiene la información general del equipo. Cuando se utiliza un Código de Nombre, el patrón del Nombre es copiado desde el archivo Código de Nombre.

Para cada clase de equipo diferente habrá una estructura del número de fabricación instalada en ELLIPSE. La estructura del número de fabricación indicado más abajo es para la clase de equipo 'ZO'.

Se proporciona información para el Estado del Equipo, Indicador de bandera de Costos, Lugar, Distrito del Propietario, Indicador de Bandera Activo, Información Continua del Activo, Unidad Productiva, EGI, Información Contable, Información de Garantías, etc.

Se deberá ingresar el Centro de Costos correspondiente al momento de la creación de cada pieza del Equipo. Las Órdenes de Trabajo se crean para una pieza del Equipo y por lo tanto los costos se acumulan para el Centro de Costos ingresado según el registro del Equipo. Asimismo, la bandera de Costos deberá colocarse para permitir el costeo y la bandera Activo (Activo) deberá estar colocada en "Y".

La información sobre Garantías se mantiene por fecha y estadística; por ejemplo, 1 Año o 20,000 Millas, Figura 11.

Figura 11. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Register”

The screenshot shows the 'Equipment Register' application window. The title bar reads 'Equipment Register'. The menu bar includes 'Equipment', 'Edit', 'View', 'Tools', and 'Help'. The toolbar contains icons for Save, Search, Revert, Show, and other functions. The main form displays the following data:

Equipment Number:	ELISZ00240	POZO PRODUCTOR LISAMA 240
Extended Desc	SUPERINTENDENCIA DE MARES GRM VPR	
General Gen (Misc) Costing Tracing Classifications Location Reference Codes		
Name Code:		
Plant Number:	LIS240ZD 340BPD 34N-23E	Plant Details
Type:		
Class:	ZD POZO PRODUCTOR DE CR	Disposal Details
Status:	OP OPERANDO OK	
Equip. Location:	LIS Not Found	Nameplate
Owner District:	GCD PRD6330 - GCD -GERENCIA PROD MAGDALENA M	
Equip Grp Id:		
<input checked="" type="checkbox"/> Active <input type="checkbox"/> RCM Analysis <input type="checkbox"/> Permit Required Sw		
Colloquial Names		Alternate References

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 18

4.4 NOMBRES COLOQUIALES

La pantalla de nombres coloquiales se emplea para ingresar los NOMBRES COMUNES con los cuales se conocen estos equipos. Los nombres coloquiales pueden ingresarse en base a los 'códigos de nombre' y dichos nombres coloquiales serán mostrados en esta pantalla protegidos y precedidos por '*'. Los nombres coloquiales para los equipos pueden añadirse o modificarse en esta pantalla y deberán seleccionarse para ser más específicos en cuanto a una pieza particular del equipo en vez de para un tipo de equipo como es el caso de los nombres coloquiales de tipo 'Código de Nombre'.

Una de las principales ventajas de los nombres coloquiales es que permiten encontrar equipos por los nombres con los cuales el personal de producción y mantenimiento están más familiarizados. Los nombres coloquiales pueden ingresarse en el campo de referencia del equipo en cualquiera de las pantallas donde se necesite revisar o seleccionar un equipo. Para realizar la búsqueda con comodines, ingrese parte de un nombre coloquial seguido de '*’.

Si hay más de una pieza del equipo que tenga el mismo nombre coloquial, la búsqueda coloquial generará una lista de equipos con el mismo nombre coloquial de la cual escoger, Figura 12.

Figura 12. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Colloquial Names”

Equipment Colloquial Names		
Equipment Number:	Equipment Description:	
ELISZ00240	POZO PRODUCTOR LISAMA240	
Name Code and Name Code Colloquials:		
Equipment Colloquials:		
LISAMA 240	LIS240	LISAMA240
LIS-240	POZOS LISAMA	

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 19

En la Figura 13 se muestra la ventana correspondiente al Registro de Equipos y en la Figura 14, como se observa la ventana “Equipment Plant Names and Codes”.

Figura 13. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Register”

Equipment Register

Equipment Edit View Tools Help

Save Search Close Revert Show

Equipment Number: ELISZ00240 POZO PRODUCTOR LISAMA 240

Extended Desc SUPERINTENDENCIA DE MARES GRM VPR

General Gen (Misc) Costing Tracing Classifications Location Reference Codes

Custodian:

Input By: E0114583 RINCON DUARTE,RICHARD

Operator Id:

Shutdown Eq:

Productive Unit: ELISEXTRAC SISTEMA DE EXTRACCION LISAMA

Warranty: Date: Type: Value:

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 19

Figura 14. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Plant Names and Codes”

Equipment Plant Names and Codes

Equipment Number: ELISZ00240 Equipment Description: POZO PRODUCTOR LISAMA 240

Equip Class: ZO POZO PRODUCTOR DE CR

Name Code: [New Details](#)

Plant Names	Plant Codes	Descriptions	Size	Mand	Valid
POZO	LIS240ZO		10	N	N
ECP	340BPD		10	N	N
LOCALIZAC.	34N-23E		10	N	N

[OK](#) [Cancel](#)

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 20

Figura 15. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Nameplate Attributes”

	Seq No	Mandatory	Attribute Name	Attribute Description	Attribute Value	Descri
35	0035	NO	PERFSUP	PERFORACION SUPERIOR (...)	0	
36	0036	NO	POLISHROD(D)	DIAMETRO POLISHROD (IN)	0.00	
37	0037	NO	POLISHROD(L)	LONGITUD POLISHROD (FT)	0	
38	0038	NO	PONYS(L)	LONGITUD PONYS (FT)	0	
39	0039	NO	SQUEEZE	CEMENTACION REMEDIAL (...)		
40	0040	NO	TUBING	DIAMETRO TUBING (IN)		
41	0041	NO	TUBING(EA)	CANTIDAD DE TUBOS	0	
42	0042	NO	TUBING(L)	LONGITUD TUBERIA (FT)	0	
43	0043	NO	TVD	PROF TOTAL VERTICAL (FT)	0	
44	0044	NO	VARILL(LTRI)	LONG VARILL TRAMO INFE...	0	
45	0045	NO	VARILL(LTRM)	LONG VARILL TRAMO MEDI...	0	
46	0046	NO	VARILL(LTRS)	LONG VARILL TRAMO SUPE...	0	
47	0047	NO	VARILLA(TRI)	CANTIDAD DE VARILLAS TR...	0	
48	0048	NO	VARILLA(TRM)	CANTIDAD DE VARILLAS TR...	0	
49	0049	NO	VARILLA(TRS)	CANTIDAD DE VARILLAS TR...	0	
50	0050	NO	BOMBSUBTIPO	TIPO BOMBA SUBSUELO		
51	0051	NO	SPM	GOLPES POR MINUTO POZ...	0	
52	0052	YES	FECHACT	FECHA ULTIMA ACTUALIZA...	09/09/2010	

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 21

Figura 16. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Register”

The screenshot displays the 'Equipment Register' application window. At the top, there is a menu bar with 'Equipment', 'Edit', 'View', 'Tools', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with icons for Save, Search, Cancel, Revert, Show, and other functions. The main data entry area contains the following fields:

- Equipment Number:** ELISZ00240
- Location:** POZO PRODUCTOR LISAMA240
- Extended Desc:** SUPERINTENDENCIA DE MARES GRM VPR

Below these fields are several tabs: 'General', 'Gen (Misc)', 'Costing', 'Tracing', 'Classifications', 'Location', and 'Reference Codes'. The 'Costing' tab is currently selected, showing the following information:

- Acct Code:** MPR1789
- Exp Elem:** (empty field)
- Costing:** Allowed (dropdown menu)
- IVA Code:** 14

At the bottom, there is a section for 'Continuous Asset Segments' with columns for 'Range Start', 'End', 'Length', and 'Unit of Measure'. A 'View Segments' button is located at the bottom right of this section.

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 21

Figura 17. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Register”

Equipment Register

Equipment Edit View Tools Help

Save Find Revert Show

Equipment Number: ELISZ00240 POZO PRODUCTOR LISAMA240

Extended Desc SUPERINTENDENCIA DE MARES GRM VPR

General Gen (Misc) Costing **Tracing** Classifications Location Reference Codes

Comp Code: []

Mnemonic: []

Stock Code: []

Serial No: []

Part No: []

Document No: []

Orig Doc: []

Purchase Ord: [] Purchase Price: []

Purchase Date: []

Traceable

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 22

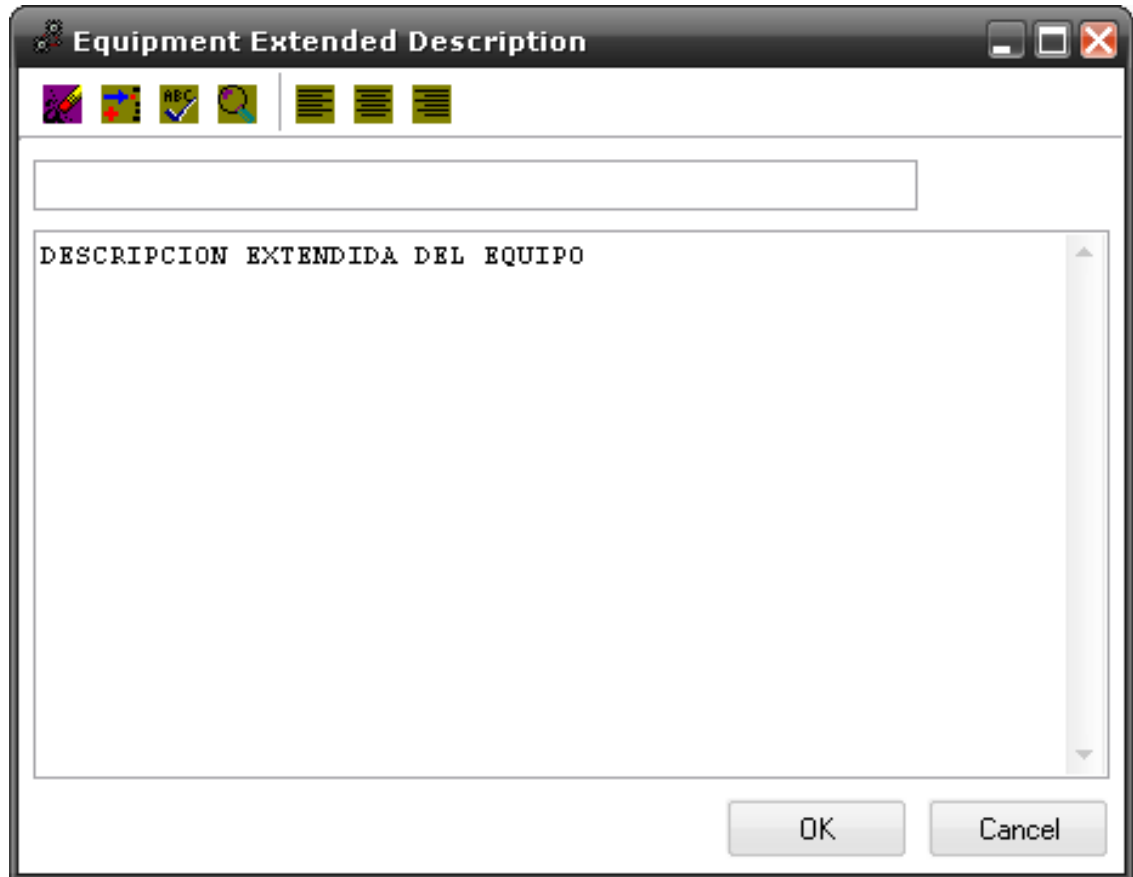
4.5 DESCRIPCIÓN AMPLIADA - MSO096

La pantalla ampliada de texto se utiliza para ingresar los detalles adicionales de equipos que es necesario se mantengan en ELLIPSE pero que no se requieren para la búsqueda o identificación del equipo; por ejemplo, especificaciones detalladas.

Nota: Los detalles son completados con anterioridad desde Nombre del Ítem.

Nota: Luego de escribir el texto, asegúrese de presionar OK para guardar el texto y salir. Si sale antes de presionar OK, las añadiduras o cambios al texto no se guardarán, Figura 18.

Figura 18. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Extended Description”



Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 23

4.6 CLASIFICACIONES DE EQUIPOS

Hay 20 códigos de clasificación de equipo definidos por el usuario (Archivos de Tabla E0 – E19) en el registro de equipos que pueden ser utilizados para definir las distintas características del equipo en forma de código. Esto es muy útil para

filtrar información durante las búsquedas y para los informes de rutina definidos por el usuario, Figura 19.

Figura 19. Sistema ELLIPSE-ECOPETROL S.A; “Equipment Extended Description”

The screenshot shows the 'Equipment Register' application window. At the top, there is a menu bar (Equipment, Edit, View, Tools, Help) and a toolbar with icons for Save, Search, Revert, Show, and other functions. Below the toolbar, there are input fields for 'Equipment Number' (ELIS200240), 'Location' (POZO PRODUCTOR LISAMA240), and 'Extended Desc' (SUPERINTENDENCIA DE MARES GRM VPR). A set of tabs is visible, with 'Classifications' selected. The main area contains a grid of classification fields:

GRP. PLANTAS/NEGOCIO	PR	PRODUCCION	PLANTAS/AREA	FP	FACILIDADES DE PRODUCCIO
SISTEMAS	ET	EXTRACCION	SUBSISTEMAS	08	LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL
PRODUCTO PROC/TRANSP	CR	CRUDO VIT	EQUIPMENT CLASSIFICATION		
EQUIPMENT CLASSIFICATION 6			EQUIPMENT CLASSIFICATION LI		SMA; CAMPO LISAMA
TIPO DE UNIDAD			POLITICAS DE MANTENIMIENT		
ESPECIALIDAD DEL COMPONENTE			FAMILIA DE COMPONENTES		
GRUPO DE COMPONENTES			TIPO DE COMPONENTES		
CLASE DE COMPONENTES			MODEL 5		
MODEL 6			DIFICULTAD DE MANTENIMIE		
IMPACTO DE COSTOS DE MANT			CRITICIDAD DEL COMPONENTE	CRITICO	

Fuente: Manual del Usuario, registro de equipos, CMMS ELLIPSE 6.3.3 VERSION 2010 Pag. 24

5. BARCAZA PARA EL DESVÍO DE ELEMENTOS SÓLIDOS FLOTANTES

Es una unidad fluvial metálica sin propulsión propia y no motriz que se encuentra flotando con un cierto grado de ubicación con respecto al desplazamiento de las corrientes ribereñas, anclada a un punto fijo del muelle, en donde por medio de un sistema de rodamientos realiza un movimiento vertical de acuerdo a la variación de nivel de altura del agua y se emplea para el desvío de los sólidos flotantes que son arrastrados por el caudal del río y que pueden comprometer la integridad de las casa de las bombas flotantes del sistema de captación de agua de la refinería, ubicadas al norte de la barcaza.

La Barcaza se observa en la Figura 20.

Figura 20. Barcaza para desvío de sólidos flotantes ubicada sobre en Río Magdalena en la Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.



Fuente: Los Autores

5.1 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CRITICIDAD DE LA BARCAZA PARA EL DESVÍO DE ELEMENTOS SÓLIDOS FLOTANTES

5.1.1 Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad es una técnica por medio de la cual, se busca establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y/o equipos, de tal manera que se cree una distribución que proporcione la toma de decisiones acertadas y efectivas, y así centralizar los esfuerzos y los recursos en equipos, sistemas o procesos donde resulte prioritario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad.

Para elevar la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y/o componentes, deben ser relacionados cuatro aspectos esenciales: confiabilidad del diseño, confiabilidad del proceso, confiabilidad humana y confiabilidad del mantenimiento. La realidad, generalmente arroja que difícilmente se disponen de recursos para solventar las necesidades que implican los aspectos mencionados, es ahí cuando el análisis de criticidad cobra valor y halla su máxima aplicabilidad.

El análisis de criticidad dado que genera una lista jerarquizada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del componente o sistema de interés, diferenciando tres categorías: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Cuando se identifican los grupos de acuerdo con la categoría, se diseña una estrategia que permita realizar planes con el propósito de mejorar la confiabilidad operacional, iniciando las actividades en los elementos que hagan parte de la zona de alta criticidad.

Para realizar un análisis de criticidad, se tienen en cuenta aspectos relacionados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento,

tiempos entre fallas y tiempos de reparación primordialmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.¹²

Para definir la criticidad desde el punto de vista matemático, se tiene:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes¹³:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

MATRIZ DE CRITICIDAD

Riesgos = Frecuencia x Consecuencias

12//confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/

13 //confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/

Frecuencia = N° de fallas en un tiempo determinado

Consecuencia = [(Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo de mantenimiento + Impacto SAH]

Criticidad total = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Consecuencia = [(Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo de mantenimiento + Impacto SAH].

Tabla 2. Variables Consideradas para la Matriz de Criticidad

Frecuencia de fallas	Costo de Mantenimiento
<p><u>Pobre, Mayor a 2 fallas/año</u> 4 Promedio, 1-2 fallas/año.....3 Buena, 0.5-1 fallas/año.....2 Excelente, Menos de 0.5 fallas/año.....1</p>	<p><u>Mayor-Igual a 20000 dólares.....2</u> Inferior a 20000 dólares.....1</p>
Impacto Operacional	Impacto en Seguridad, Ambiente, Higiene (SAH)
<p>Pérdida de todo despacho.....10 <u>Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.....7</u> Impacta en niveles de inventario o calidad....4 No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción.....1</p>	<p><u>Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización.....8</u> Afecta el ambiente/Instalaciones.....7 Afecta las instalaciones causando daños severos.....5 Provoca daños menores Ambiente/Seguridad.....</p>

Frecuencia de fallas	Costo de Mantenimiento
3 No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente.....1
Flexibilidad Operacional	
<u>No existe opción de producción y no hay función de repuesto.....4</u>	
Hay opción de repuesto compartido/almacén.....	2
Función de repuesto disponible.....	1

Frecuencia de fallas:

Se está presentando 3 veces por año, daño en los rodamientos de los carros = **4**.

Impacto Operacional:

Al fallar la barcaza se presenta taponamiento en los filtros de succión de las unidades de bombeo del sistema de captación de las casabombas flotantes = **7**.

Flexibilidad Operacional

Actualmente no existe una barcaza de repuesto, cuando se repara la barcaza se utiliza los servicios de un planchón que no cumple 100% su función; aumentando los costos de mantenimiento por el alquiler del mismo = **4**.

Costo de Mantenimiento:

\$147.898.553 = 2

Fuente: CMMS ELLIPSE aplicación MSQ620 OT- 361929

Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):

Afecta la seguridad de las personas porque se pone en riesgo a las mismas al requerirse mayor recurso de mantenimiento para realizar labores de limpieza en

las casabombas flotantes por acumulación de elementos sólidos flotantes que pueden ser succionados por las unidades de bombeo del sistema de captación = **8**

Criticidad total = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Consecuencia = [(Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo de mantenimiento + Impacto SAH]

Primera consulta = $4 \times [(7 \times 4) + 1 + 8] = 4 \times 37$

Tabla 3. Matriz de Criticidad, Barcaza

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C - BARCAZA	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

6. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

De acuerdo con la metodología planteada para RCM, se debe hallar respuesta a los interrogantes:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla? *Efectos*
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea adecuada para que evite que la falla se presente?

6.1 ANÁLISIS FUNCIONAL BARCAZA PARA SÓLIDOS FLOTANTES DEL RÍO MAGDALENA, GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA

Las funciones principales de la Barcaza, con su respectiva falla funcional, son:

- **Función:** *Desviar los elementos sólidos flotantes que vienen flotando río abajo, y que pueden chocar con la casa de bombas flotante comprometiendo su integridad.*
- **Falla Funcional:** *Incapaz de Desviar los sólidos que vienen flotando río abajo y que pueden chocar con la casa de bombas flotante.*

Las demás funciones son consideradas secundarias, sin embargo, no por eso son menos importantes. A continuación se describen dichas funciones con su respectiva falla funcional.

- **Función:** Flotar sobre el río Magdalena.
- **Falla Funcional:** Incapaz de flotar sobre el Río Magdalena.

El análisis funcional se resume en la Tabla 4:

Tabla 4. Análisis Funcional

<i>Funciones</i>		<i>Falla Funcional</i>	
1	Desviar los elementos sólidos flotantes que vienen flotando río abajo, y que pueden chocar con la casa de bombas flotante comprometiendo su integridad.	1	Incapaz de desviar los elementos sólidos flotantes que vienen flotando río abajo.
2	Flotar sobre el río Magdalena.	2	Incapaz de flotar sobre el Río Magdalena.

Fuente: Los Autores

Los sistemas funcionales de la barcaza, se describen a continuación.

6.2 SISTEMA DE FLOTACIÓN DE LA BARCAZA

Sistema comprendido por el cuerpo de la barcaza propiamente dicha. Este sistema está conformado por lámina metálica en acero carbón unidas por soldadura de arco eléctrico, boquillas que facilitan la realización de pruebas neumáticas para revisión de fugas y sus respectivos tapones roscados en los extremos de las boquillas.

La Figura 21 muestra el Sistema de Flotación de la Barcaza.

Figura 21. Sistema de Flotación de la Barcaza



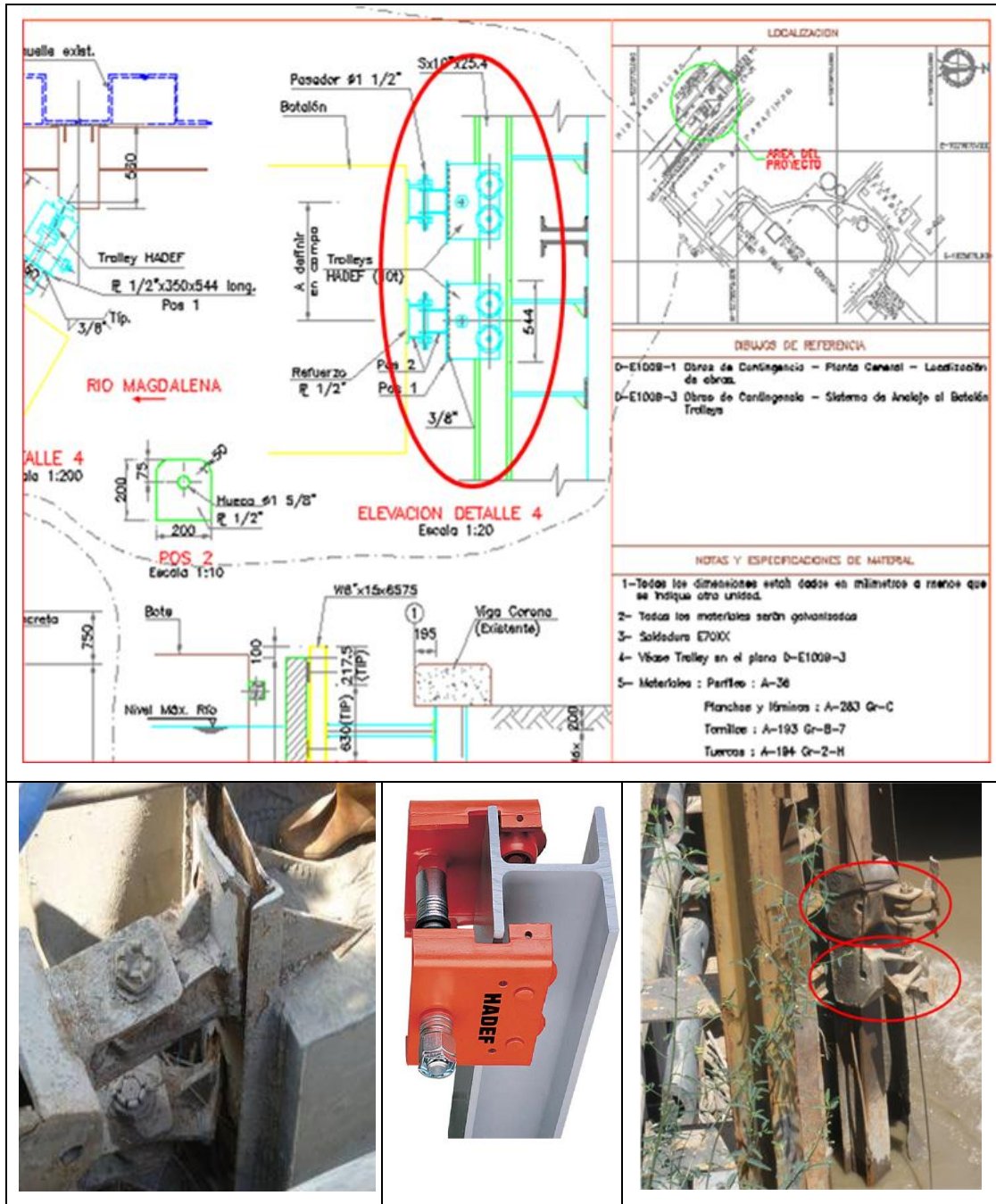
Fuente: Los Autores

6.3 SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL

Sistema comprendido por un punto fijo ubicado en el muelle y los rodamientos que se desplazan sobre este; permitiéndole a la barcaza realizar el movimiento vertical de acuerdo al nivel del río de forma segura. Este sistema lo conforma un perfil metálico instalado en forma vertical y dos carros con sistemas de rodamientos que le permiten el movimiento (Figura 3); los cuales están instalados de manera fija a la barcaza por medio de un sistema de anclaje y de manera móvil en el perfil metálico.

La Figura 22 muestra el Sistema de Desplazamiento Vertical de la Barcaza.

Figura 22. Sistema de Desplazamiento Vertical



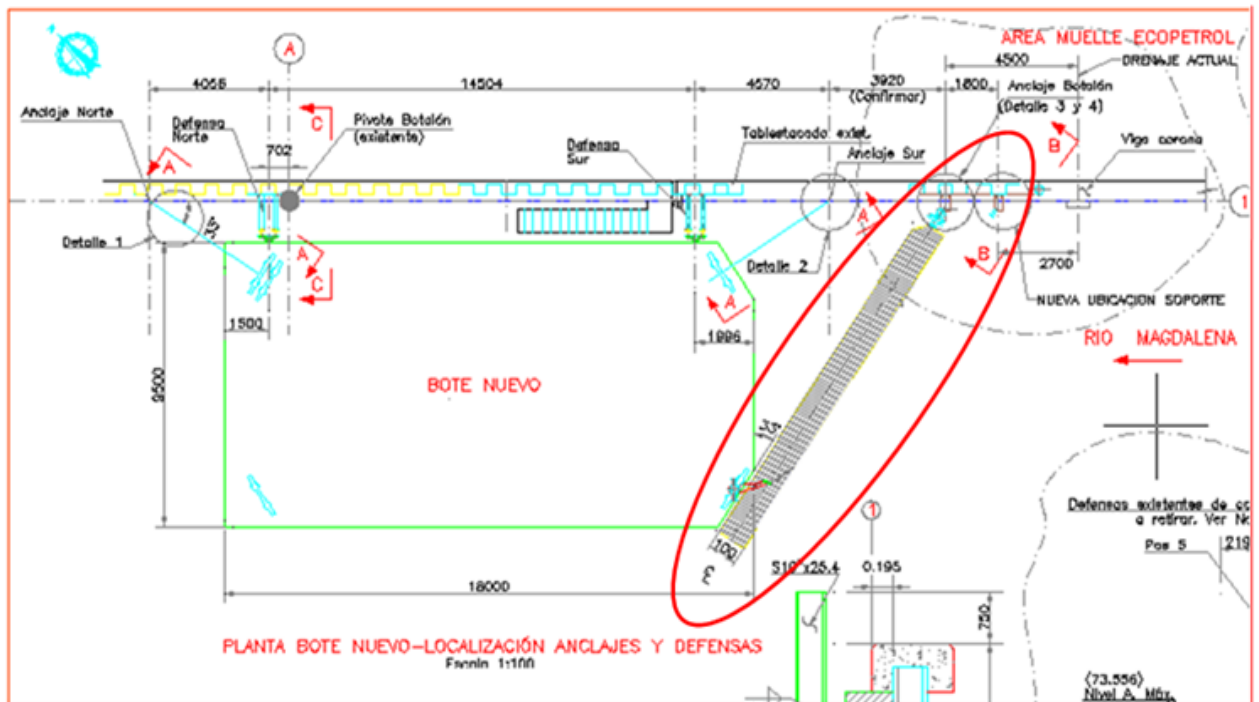
Fuente: Los Autores

6.4 SISTEMA DE UBICACIÓN DE LA BARCAZA

Sistema comprendido por un punto fijo ubicado entre la barcaza y el muelle que le permite tener cierto un grado de ubicación (33°) con respecto a la corriente del río para permitir fácilmente el desvío de los sólidos flotantes. Este sistema está conformado por cables de acero, pernos para sujeción de cables de acero y los puntos de anclaje.

La Figura 23 muestra un Plano del Sistema de Recolección de Agua, donde se señala el Sistema de Ubicación de la Barcaza.

Figura 23. Plano Sistema de Ubicación de la Barcaza



Fuente: Planoteca archivo técnico Refinería Ecopetrol Barrancabermeja

6.5 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA BARCAZA

Sistema comprendido por un punto fijo (diferente a los dos anteriores) entre la barcaza y el muelle que le permite tener asegurada la barcaza en caso de fallar los sistemas anteriores; y prevenir que la barcaza colisione con alguna de las casa bombas de captación y/o se desplace río abajo generando una tragedia al impactar con cualquier tipo de embarcación que se movilice por el río ocasionando pérdidas humanas, de navegabilidad o de medio ambiente. Este sistema está conformado por cables de acero, pernos para sujeción de cables de acero y los puntos de anclaje.

La Figura 24 muestra el Sistema de Aseguramiento de la Barcaza.

Figura 24. Sistema de Aseguramiento de la Barcaza



Fuente: Los Autores

6.6 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMECA)

Los modos de falla se identifican para cada falla funcional, para ello se aplica la metodología FMECA, cuya función principal es organizar las tareas de

mantenimiento correctivas y/o proactivas que van a ser programadas y posteriormente desarrolladas.

FMECA parte del hecho de que se conocen las fallas, y las etapas del desarrollo del procedimiento FMECA, se muestran a continuación¹⁴:

- Describir las funciones primarias y secundarias de los equipos.
- Establecer todas las fallas funcionales reales y potenciales conocidas.
- Los modos de fallas
- Evaluar las consecuencias y los efectos de cada modo de falla con su falla y función.
- Medir el RPN mediante evaluación de la severidad la probabilidad de ocurrencia y la posibilidad de detección.
- Establecer las acciones correctivas o planeadas proactivas.
- Realizar las tareas.
- Medir nuevamente el RPN y replantear las acciones.

Para cada falla funcional, se identifican los modos de falla mostrados en la Tabla 5, a continuación:

Tabla 5. Análisis Funcional

<i>Análisis Modos de Falla</i>			
<i>Falla Funcional</i>		<i>Modo de Falla</i>	
1	Incapaz de Desviar los sólidos grandes (troncos de madera) que vienen flotando río abajo y sólidos pequeños que pueden ser succionados por las bombas del	1.1	Rotura de los cables metálicos o guayas
		1.2	Pérdida de los grados de ubicación de la barcaza
		1.3	Desviación en su verticalidad

¹⁴ MORA, Alberto. Mantenimiento para Empresas Industriales.

<i>Análisis Modos de Falla</i>			
<i>Falla Funcional</i>		<i>Modo de Falla</i>	
	sistema de captación		original de la viga guía
		1.6	Bloqueo de los rodamientos
2	Incapaz de flotar sobre el Río Magdalena.	2.1	Filtración de Agua a la Barcaza por rotura de la lámina de la barcaza
		2.2	Filtración de agua por defectos en la soldadura aplicada en las uniones de las láminas

Fuente: Los Autores

6.7 CATEGORÍA DE MODOS DE FALLA SEGÚN CONSECUENCIAS

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas, es así como cada modo de falla identificado en el análisis de RCM debe ser clasificado en una de las siguientes categorías¹⁵:

- Fallas Ocultas (FO): Son aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla.
- Seguridad Física (SF): Aquellas que ponen en riesgo a personas (accidentes e incidentes ocurridos durante el proceso).
- Afectando al Medio Ambiente (MA): Contaminación por medio de gases, grasas, lubricantes, etc).
- Imagen Corporativa (IC): Pérdida de credibilidad ante clientes.
- Costo de Operación (OR): Incremento por Mantenimientos Correctivo.

¹⁵ DIAZ ORDUZ, Javier. Diseño de un Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM para el Generador de Soldadura Impulsado a Motor Miller 302. Universidad Industrial de Santander, Monografía, 2010.

- Efectos en los Clientes (OC): Pérdida económica de clientes por entregas tardías o de productos en mal estado.

6.8 ANÁLISIS DE EFECTOS DE FALLA

Una vez han sido identificados los modos de falla que pueden causar la pérdida de la función en la barcaza, fue necesario identificar cuáles son los efectos que provoca la ocurrencia de este modo de falla, si se presentan efectos hacia las personas, el medio ambiente y/o la producción¹⁶.

Con los efectos identificados, se evaluó las consecuencias de los mismos. Los efectos dan una referencia del comportamiento de la falla y de la forma en la que esta se manifiesta.

Una vez sean determinados los efectos, se evaluaron las consecuencias de los mismos, para ello se tendrá como base las matrices mostradas a continuación, en la Tablas 6, 7, 8, 9, 10 y 11:

Tabla 6. Criticidad de Equipos por Fallas Ocultas

FALLAS OCULTAS (FO)	VALOR
No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores	0
Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores.	1
En condiciones normales, la falla siempre será oculta y generará fallas múltiples posteriores	2

¹⁶ DIAZ ORDUZ, Javier. Diseño de un Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM para el Generador de Soldadura Impulsado a Motor Miller 302. Universidad Industrial de Santander, Monografía, 2010.

FALLAS OCULTAS (FO)	VALOR
Existe una baja posibilidad de que la falla si sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
La falla siempre es oculta y ocasionará fallas múltiples graves en el sistema	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Tabla 7. Criticidad de Equipos por impacto en la seguridad

SEGURIDAD FISICA (SF)	VALOR
No afecta	0
Afecta a una persona y es posible que puede generar incapacidad de tipo temporal	1
Afecta de 2 a 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal	2
Afecta a más de 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal o permanente	3
Genera incapacidad permanente a una o más personas	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Tabla 8. Criticidad de Equipos por impacto al medio ambiente

IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE (MA)	VALOR
No hay contaminación	0
Contaminación leve y controlable con limpieza, afecta de manera leve y reversible a corto plazo menos de 6 meses, no afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema	1
Contaminación grave controlable, afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 años.	2
Contaminación grave no controlable, afecta los recursos	3

IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE (MA)	VALOR
sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 años.	
Contaminación grave no controlable, afecta los recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en más de 3 años o es irreversible.	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Tabla 9. Criticidad de Equipos por impacto a la imagen corporativa

IMAGEN CORPORATIVA (IC)	VALOR
No es relevante	0
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1000 dólares	2
Conocimiento nacional, afecta la credibilidad de clientes, pero se maneja con argumentos, inversión entre 1000 y 10000 dólares	3
Conocimiento Internacional, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos, inversión mayor a 10000 dólares	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Tabla 10. Criticidad de Equipos por costo de reparación

COSTO DE REPARACIÓN (OR)	VALOR
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5000 dólares	2
Entre 5001 y 50000 dólares	3
Mayor de 50001 dólares	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Tabla 11. Criticidad de Equipos por efectos en los Clientes

EFFECTOS EN LOS CLIENTES (OC)	VALOR
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5000 dólares	2
Entre 5001 y 50000 dólares	3
Mayor de 50001 dólares	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Para clasificar la criticidad se aplica la siguiente ecuación:

$$C = (FO * KFO) + (SF * KSF) + (MA * KMA) + (IC * KIC) + (OR * KOR) + (OC * KOC)$$

Los coeficientes de los factores son constantes, su suma es de 1 o del 100%, de la siguiente manera:

$$KFO = 0.05 = 5\%$$

$$KSF = 0.20 = 20\%$$

$$KMA = 0.10 = 10\%$$

$$KIC = 0.30 = 30\%$$

$$KOR = 0.30 = 30\%$$

$$KOC = 0.05 = 5\%$$

Los resultados de los análisis realizados se muestran en la Tabla 12, a continuación:

Tabla 12. Resultado Análisis

MODO DE FALLA	FO	SF	MA	IC	OR	OC	TOTAL
Rotura de los cables metálicos o guayas	2	1	1	2	2	3	1,75
Pérdida de los grados de ubicación de la barcaza	2	1	0	2	2	3	1,65
Desviación en su verticalidad original de la viga guía	2	1	0	2	2	3	1,65
Bloqueo de los rodamientos	1	1	0	2	2	3	1,60
Filtración de Agua a la Barcaza por rotura de la lámina de la barcaza	4	2	2	2	4	3	2,80
Filtración de agua por defectos en la soldadura aplicada en las uniones de las láminas	2	1	0	2	3	3	1,95

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Ahora se realiza la valoración de los resultados obtenidos, de la siguiente manera, Ver Tabla 13:

Tabla 13. Jerarquización

CATEGORÍA	RANGO
Crítico	2.5 ≥ 4
Semi-Crítico	1 < 2.5
No Crítico	0 ≥ 1

Fuente: Autores

Se realiza la jerarquización del Riesgo con el fin de identificar aquellos modos de falla que representan mayor impacto en la seguridad de la barcaza. En este particular caso el mayor valor correspondería a cuatro (4) si todos los aspectos hubiesen obtenido la mayor puntuación y a cero (0) si hubiese sucedido lo

contrario. Los resultados de la jerarquización se muestran a continuación, en la Tabla 14:

Tabla 14. Resultado Jerarquización

MODO DE FALLA	TOTAL
Filtración de Agua a la Barcaza por rotura de la lámina de la barcaza	2,8
Filtración de agua por defectos en la soldadura aplicada en las uniones de las láminas	1.95
Rotura de los cables metálicos o guayas	1.75
Pérdida de los grados de ubicación de la barcaza	1.65
Desviación en su verticalidad original de la viga guía	1.65
Bloqueo de los rodamientos	1.60

Fuente: Autores

Índice de Riesgo o Número de Prioridad de Riesgo

El índice de Riesgo es el resultado de la multiplicación de la frecuencia por la gravedad de la falla.

La matriz de ocurrencia se muestra en la Tabla 15 y la Detección en la Tabla 16.

Tabla 15. Ocurrencia

OCURRENCIA	VALOR
De 0 a 3 fallas por año	1
De >3 a 6 fallas por año	2
De >6 fallas por año	3
De >9 fallas por año	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Tabla 16. Detección

DETECCIÓN	VALOR
Seguro-Siempre se detectará causas potenciales, mecanismos y modos de falla subsecuentes	1
Media-Mediana probabilidad para detectar causas potenciales, mecanismos y modos de falla subsecuentes	2
Baja- probabilidad para detectar causas potenciales, mecanismos y modos de falla subsecuentes	3
Baja-No se puede detectar una causa potencial, mecanismos y modos de falla subsecuentes	4

Fuente: Mantenimiento para Empresas Industriales, Alberto Mora

Se tiene la ecuación:

$$RPN = Severidad * Posibilidad de Ocurrencia * Probabilidad de Detección$$
$$= S * O * DI$$

De acuerdo con lo anterior, se tiene:

Tabla 17. Resultado Análisis RPN

MODO DE FALLA	Severidad	Ocurrencia	Detección	TOTAL
Rotura de los cables metálicos o guayas	1,75	1	2	3,5
Pérdida de los grados de ubicación de la barcaza	1,65	1	2	3,3
Desviación en su verticalidad original de la viga guía	1,65	1	2	3,3
Bloqueo de los rodamientos	1,6	1	2	3,2
Filtración de Agua a la Barcaza por rotura de la lámina de la barcaza	2,8	1	2	5,6
Filtración de agua por defectos en la soldadura aplicada en las uniones de las láminas	1,95	1	2	3,9

Fuente: Autores

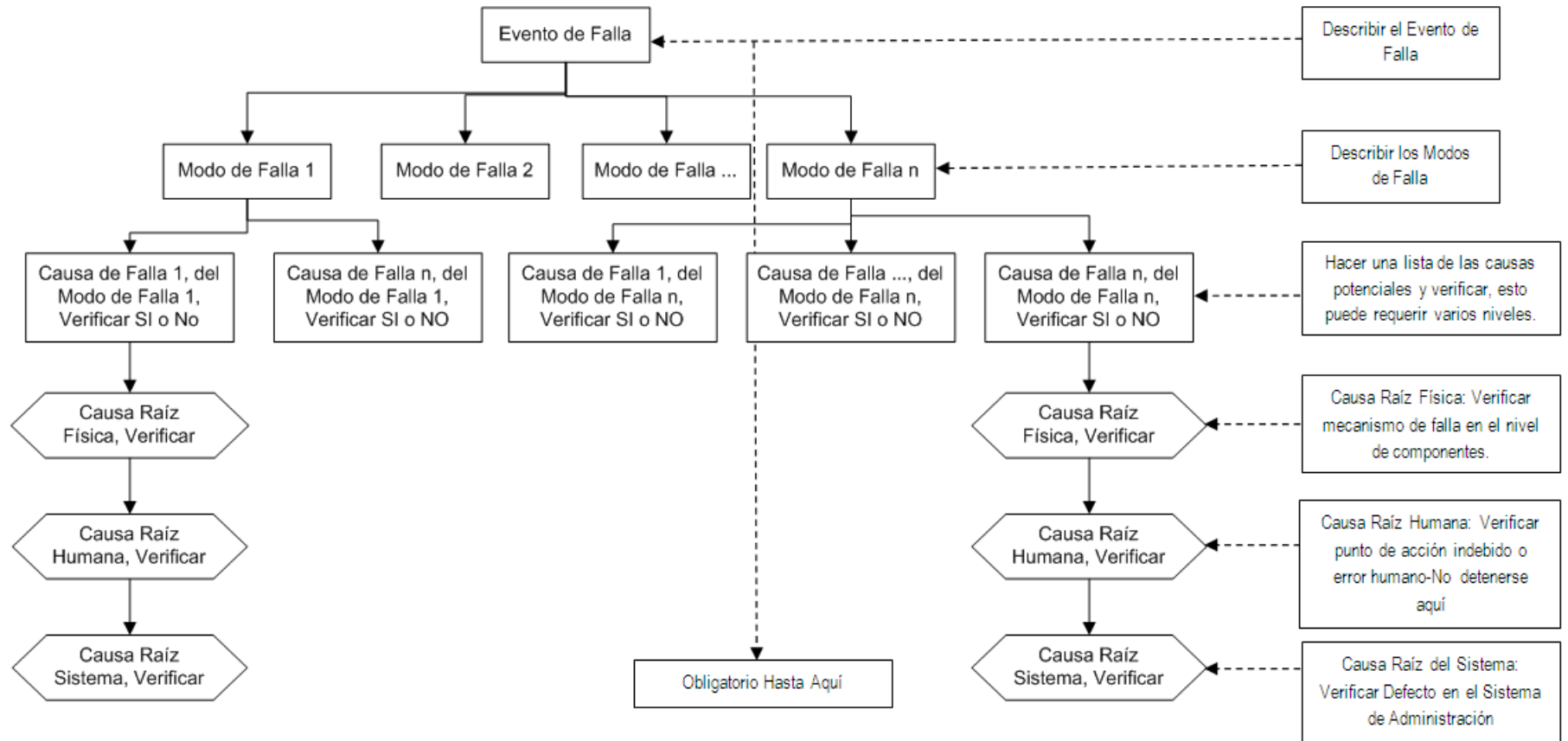
6.9 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

El objetivo de realizar un Análisis de Causa Raíz es identificar la secuencia de eventos que conducen a las fallas y a partir de esto, formular un plan que permita prevenir su recurrencia en el futuro.

El análisis de Causa Raíz (RCA) puede ser manejado como herramienta para mejorar la Confiabilidad, en el momento de desarrollar una estrategia de Mantenimiento.

Con el RCA se pueden llegar a deducir hasta tres niveles de causa raíz, Figura 25.

Figura 25. Modelo Análisis de Causa Raíz



Fuente: Los Autores

Una vez realizado el ejercicio para cada modo de falla identificado, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 18, a continuación:

Tabla 18. Resultado Análisis Causa Raíz

MODO DE FALLA	CAUSA RAÍZ
Rotura de los cables metálicos o guayas	Corrosión Externa debido al ambiente
Pérdida de los grados de ubicación de la barcaza	Deficiencias en el Montaje de la Barcaza
Desviación en su verticalidad original de la viga guía	Deficiencias en el Montaje de la Barcaza
Bloqueo de los rodamientos	Daños por Terceros
Filtración de agua por defectos en la soldadura aplicada en las uniones de las láminas	Deficiencias en el proceso de soldadura
Filtración de Agua a la Barcaza por rotura de la lámina de la barcaza	Daños por Terceros, Corrosión Externa o Interna debido al ambiente

Fuente: Autores

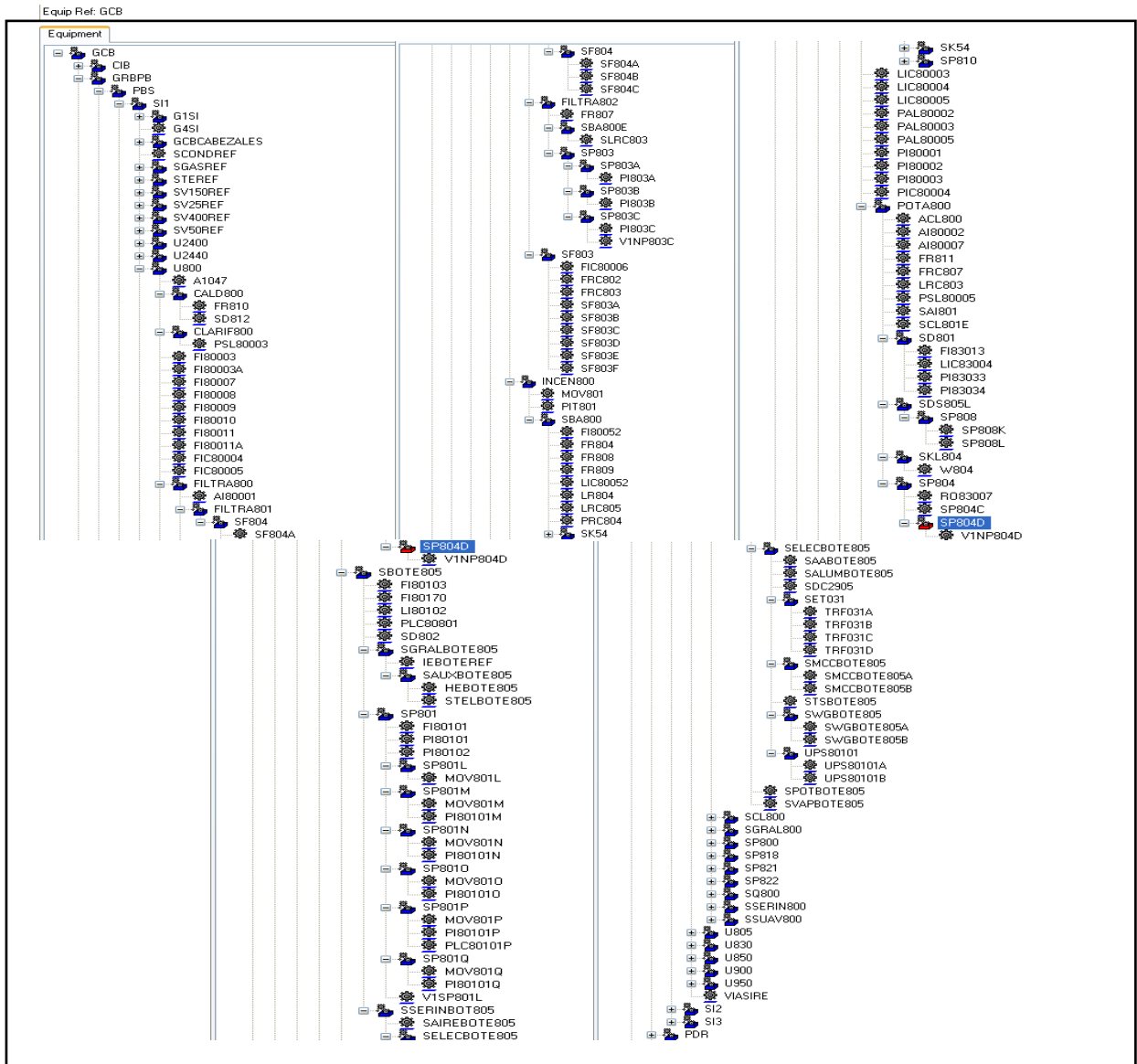
6.10 GESTIÓN EN MANTENIMIENTO

6.10.1 Mantenimiento Actual

Actualmente esta unidad flotante no aparece registrada en el CMMS ELLIPSE (Sistema de información de mantenimiento de Ecopetrol S.A) y siempre se le ha realizado mantenimiento a falla y/o correctivo direccionando los costos de mantenimiento al activo físico BOTEREF (desde 1997) y BOTE NUEVO (BOTE NUEVO reemplazo al BOTEREF a partir del año 2004) en la siguiente grafica se

muestra el árbol de jerarquía de equipos del departamento de servicios industriales donde se puede apreciar que no existe en el activo en el CMMS ELLIPSE, Tabla 26.

Figura 26. Equipos del Sistema Captación de Agua, ELLIPSE-ECOPETROL S.A.



Fuente:CMMS ELLIPSE version 6.3.3 aplicación MSQ600

A continuación se describe el mantenimiento actual que se ha llevado a cabo para la barcaza para el desvío de elementos sólidos flotantes y las órdenes de trabajo realizadas:

1- El 21 de agosto de 1.997 se realizaron trabajos con la OT-13147 con un alcance para "GUAYAS AMARRE BARCAZA BOTE RIO PARTIDAS", se planea y programan las siguientes tareas:

a- Cambiar guayas partidas

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$211,401.00.

2- El 15 de octubre de 1.999 se realizaron trabajos con la OT-ES000904 con un alcance para "soportar barcaza y colocar protectores , se planea y programan las siguientes tareas:

a- Soportar Barcaza y colocar protectores.

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$1,064,640.76

3- El 14 de marzo del 2.000 se realizaron trabajos con la OT-U7000011 con un alcance para "Sacar árbol debajo del bote". No se encontró registro de tareas creadas y programadas para ejecución ni costos de mantenimiento.

4- El 14 de marzo del 2.000 se realizaron trabajos con la OT-56949 con un alcance para "Sacar tronco atascado en lado oriente" No se encontró registro de tareas creadas y programadas para ejecución ni costos de mantenimiento.

5- El 10 de marzo del 2.000 se realizaron trabajos con la OT- E7000175 con un alcance para "CAMBIAR PERFIL EN I,SISTEMA DE FLOTACION" , se planea y programan las siguientes tareas:

a- Hacer ATS junto con operaciones

b- Retirar perfil en (l)

c- Instalar perfil en (i) nuevo"

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$1,692,586.00.

6- El 06 de diciembre del 2.001 se realizaron trabajos con la ot- 88109 con un alcance para “reparar barcaza de bote nuevo” , se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Elaborar ATS- análisis de trabajo seguro
- b- Transportar /ubicar ph de 20 ton.
- c- Levantar barcaza
- d- Retirar empalizada.
- e- Bajar barcaza /retirar ph."

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$1,652,046.00.

7- El 30 diciembre del 2.002 se realizaron trabajos con la OT- 112184 con un alcance para “reparar barcaza bote del rio nuevo” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Elaborar ATS- análisis de trabajo seguro
- b- Asegurar amarres del barcaza
- c- Retirar monorriel de la guía
- d- Retirar guía del muelle
- e- Instalar guía al muelle
- f- Instalar monorriel a la guía

No se encontró registro de costos de mantenimiento de la orden de trabajo.

8- El 30 de diciembre del 2.002 se realizaron trabajos con la OT- 112303 con un alcance para “reparar barcaza vieja del rio” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Elaborar ATS- análisis de trabajo seguro
- b- Transportar barcaza al taller
- c- Hacer prueba neumática 5 psi a Barcaza
- d- Inspección y recomendación ATP
- e- Instalar facilidades inundar barcaza
- f- Prefabricar soportaría instalación barcaza
- g- Instalar soportaría barcaza bote río
- h- Transportar barcaza al muelle

- i- Instalar barcaza en el río
- j- Asegurar amarres del barcaza
- k- Inundar cámaras barcaza según recomendación.

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$2,607,520.27.

9- El 15 de enero del 2.003 se realizaron trabajos con la OT- 113391 con un alcance para “reparación barcaza e instalación soporte” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Prefabricar platinas soporte para viga
- b- Instalar soportes a viga barcaza viejo
- c- Transportar barcaza nuevo a taller
- d- Inspección y recomendación - ATP
- e- Retirar viga deteriorada barcaza
- f- Prefabricar viga y reparar carros
- g- Prefabricar/instalar escalera e instalar soportería

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$3,429,586.92.

10- El 08 de octubre del 2.003 se realizaron trabajos con la OT-e7000319 con un alcance para “destrabar guía del barcaza” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Hacer ATS - análisis de trabajo segur
- b- Transportar /ubicar ph de 40 ton.
- c- Destrabar guía del barcaza
- d- Destapar 2 bridas /revisar compartimientos

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$997,096.00.

11-El 18 de noviembre del 2.003 se realizaron trabajos con la ot-126494 con un alcance para “reparar barcaza bote nuevo refinería” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Hacer ATS - análisis de trabajo seguro
- b- Ingresar /adecuar barcaza en el taller
- c- Comprar material.
- d- Cortar /esmerilar lámina a cambiar

- e- Cortar /instalar nueva lámina
- f- Realizar prueba neumática a 5 psi.
- g- Transportar barcaza a sandblasting
- h- Hacer sandblasting a barcaza
- i- Transportar barcaza al bote
- j- Transportar viga al taller
- k- Cortar /prefabricar viga a 12" x 6"
- l- Armar andamio en sitio a instalar viga
- m- Instalar viga
- n- Desarmar /transportar andamio
- o- Elaborar ATS- análisis de trabajo seguro
- p- Ubicar barcaza nueva en el talud
- q- Transportar /ubicar grúa PH de 20 ton.
- r- Retirar barcaza viejo
- s- Retirar empalizada.
- t- Instalar barcaza nuevo /retirar grúa PH.

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$309,752.74

12-El 19 de agosto del 2.004 se realizaron trabajos con la ot-141582 con un alcance para "retirar y reparar Barcaza nueva" se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Elaborar ATS- análisis de trabajo seguro
- b- Transportar material de andamio
- c- Armar andamio entre vigas
- d- Transportar maquina de soldadura
- e- Transportar /ubicar grúa PH de 35 ton.
- f- Cortar /retirar vigas posición No. 1
- g- Trabajos en bote (automotor)
- h- Recuperar viga No.1; WF de 10"
- i- Prefabricar cartelas según plano
- j- Instalar viga WF de 10" en posición

- k- Cortar viga No. 2 (parte superior)
- l- Trabajos en bote (automotor)
- m- Retirar /instalar barcaza posición
- n- Retirar barcaza nueva (posición No. 2)
- o- Retirar empalizada.
- p- Cortar /retirar viga No. 2 (parte inferior)
- q- Desarmar /transportar andamio
- r- Prefabricar /instalar viga No. 2
- s- Instalar barcaza viejo (posición No. 2)
- t- Transportar máquina soldadura: taller
- u- Diligenciar cierre de vía
- v- Transportar botalón nuevo a taller Pailería
- w- Inspección de ATP
- x- Iniciar recomendación de ATP

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$1,268,781.79

13-El 21 de enero del 2.005 se realizaron trabajos con la OT- 154025 con un alcance para “destrabar barcaza bote nuevo del río” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Comprar materiales
- b- Solicitar permiso y analizar riesgos
- c- Armar andamio
- d- Verificar medidas en campo
- e- Prefabricar viga ver j
- f- Transportar / ubicar grúa de 60 ton.
- g- Retirar barcaza bote del rio nuevo
- h- Desmantelar viga deteriorada
- i- Retirar viga desmantelada
- j- Esmerilar cortes en cartelas
- k- Transportar nueva viga a bote del rio
- l- Instalar / soldar viga nueva

- m- Instalar barcaza a bote del rio
- n- Retirar / transportar grúa de 60 ton.
- o- Retirar andamio/transportar material

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$22,002,832.54

14-El 02 de febrero del 2.05 se realizaron trabajos con la ot-156612 con un alcance para “cortar lámina botalón” no se encontró registro de tareas creadas y programadas para ejecución ni costos de mantenimiento.

15-El 31 de marzo del 2.005 se realizaron trabajos con la ot-156788 con un alcance para “instalar vigas del botalón” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Solicitar permiso y ATS
- b- Compra de materiales
- c- Verificar medidas
- d- Prefabricar vigas de la barcaza
- e- Transportar vigas de la barcaza
- f- Transportar grúa P&H y máquina retroexcavadora
- g- Armar andamio
- h- Instalar vigas/soldar
- i- Pintar vigas
- j- Desarmar andamio y llevar a base

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$5,461,636.32

16- El 31 de marzo del 2.005 se realizaron trabajos con la OT- 156796 con un alcance para “instalar vigas de la barcaza” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Solicitar permiso y ATS
- b- Compra de materiales
- c- Verificar medidas
- d- Prefabricar vigas del barcaza
- e- Transportar vigas del barcaza
- f- Transportar P&H y máquina retroexcavadora

- g- Armar andamio
- h- Instalar vigas soldar
- i- Pintar vigas
- j- Desarmar andamio y llevar a base

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$5,561,873.67

17- El 14 de noviembre del 2.007 se realizaron trabajos con la OT- 159284 con un alcance para “destrabar totalón” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Solicitar permiso y ATS
- b- Comprar material
- c- Verificar medidas
- d- Cortar/biselar material
- e- Prefabricar bujes/taller
- f- Armar/puntear soporte barcaza
- g- Aplicar soldadura
- h- Pintar soporte barcaza
- i- Terminar prefabricado
- j- Transportar P&H y camión al sitio
- k- Transportar al sitio soporte
- l- Transportar material de andamio
- m- Terminar armar andamio
- n- Terminar armar andamio
- o- Transportar maquinaria al sitio
- p- Instalar puntear estructura
- q- Prefabricar cartelas al barcaza
- r- Soldar cartelas
- s- Soldar estructura
- t- Transportar grúa P&H al sitio
- u- Retirar barcaza
- v- Suspende retirar barcaza
- w- Reforzar estructura

x- Soldar

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$20,207,042.99

18- El 18 de abril del 2.008 se realizaron trabajos con la OT- 204197 con un alcance para “reparar guía de la barcaza bote nuevo” se planea y programan la tareas:

- a- Solicitar permiso y ATS
- b- Compra/material
- c- Solicitar servicio de grúa
- d- Adecuar área para retiro barcaza
- e- Retirar barcaza nueva
- f- Solicitar recomendaciones de ATP
- g- Ejecutar recomendaciones ATP
- h- Prefabricar secciones de lámina
- i- Instalar parchar barcaza
- j- Soldar parches
- k- Realizar prueba
- l- Pintar recubrir barcaza
- m- Armar andamio
- n- Instalar ajustar tablonos
- o- Servicio de grúa al sitio
- p- Izar/instalar viga en H
- q- Asegurar viga (puntear)
- r- Soldar viga
- s- Soldar/Asegurar viga
- t- Continuar trabajos barcaza
- u- Reforzar estructura barcaza
- v- Pintar recubrir barcaza
- w- Instalar monoriel barcaza
- x- Soldar monoriel
- y- Instalar monoriel # 2

- z- Soldar monoriel
- aa- Instalar perfil en lecho del rio
- bb- Prefabricar/instalar refuerzos a viga
- cc- Servicio de grúa al sitio
- dd- Recoger chatarra
- ee- Camión recoger chatarra

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$81,202,927.32

19- El 25 de julio del 2.008 se realizaron trabajos con la Ot- 258446 con un alcance para “desanclar botalón” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Validar ATS con operaciones
- b- Transportar material andamio al bote
- c- Armar andamio en muelle bote río
- d- Amarrar destrabar barcaza bote río
- e- Desarmar andamio muelle bote rio
- f- Transportar material andamio a bodega

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$3,012,600.00

20- El 18 de agosto del 2.008 se realizaron trabajos con la OT- 99652 con un alcance para “retirar botalón desinstalado” se planea y programan las siguientes tareas:

- a- Solicitar permiso y ATS
- b- Servicio de equipo pesado
- c- Retirar transportar al taller
- d- Realizar prueba preliminar
- e- Reparar escapes (barcaza)
- f- Pintar recubrir barcaza
- g- Servicio de equipo pesado
- h- Transportar barcaza
- i- Izar/dejar al lado de la malla
- j- Recolección materiales barcaza

Costos de mantenimiento de la orden de trabajo \$703,800.00

21-Desde el 7 de julio del 2012 se realizan trabajos de emergencia con la OT-361929 con un alcance para “emergencia: recuperar botalón bote río” se planea y programan las siguientes tareas:

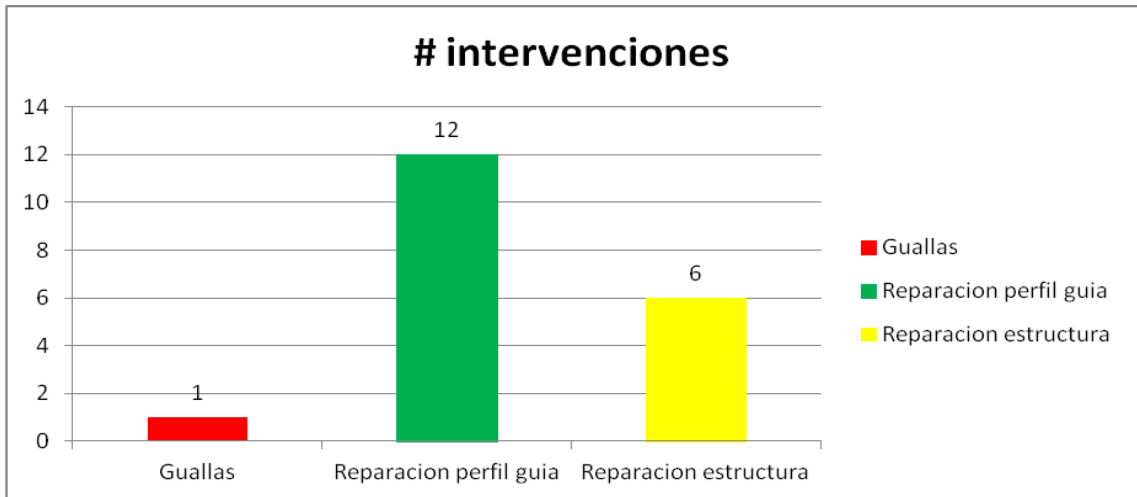
- a- Recuperar botalón
- b- Reparar poro en bote de río de balance
- c- Transportar botalón en cama-alta
- d- Desmontar botalón en taller metalista
- e- Recuperar botalón
- f- Retirar trolleys de bote de río grúa
- g- Retirar trolleys de guías del bote
- h- Recuperar trolley/soldar a botalón
- i- Soldar trolleys a botalón
- j- Transportar botalón a sandblasting
- k- Transportar botalón en cama-alta

Con un costo de mantenimiento a la fecha de \$ 146.898.553

Durante el ciclo de vida de este activo le ha costado a la GRB la suma de \$298,284,677.32.

A continuación, la figura 27, muestra un consolidado de los principales actores de mantenimiento correctivo a lo largo de la vida útil.

Figura 27. Principales Actores de Mantenimiento Correctivo, Barcaza



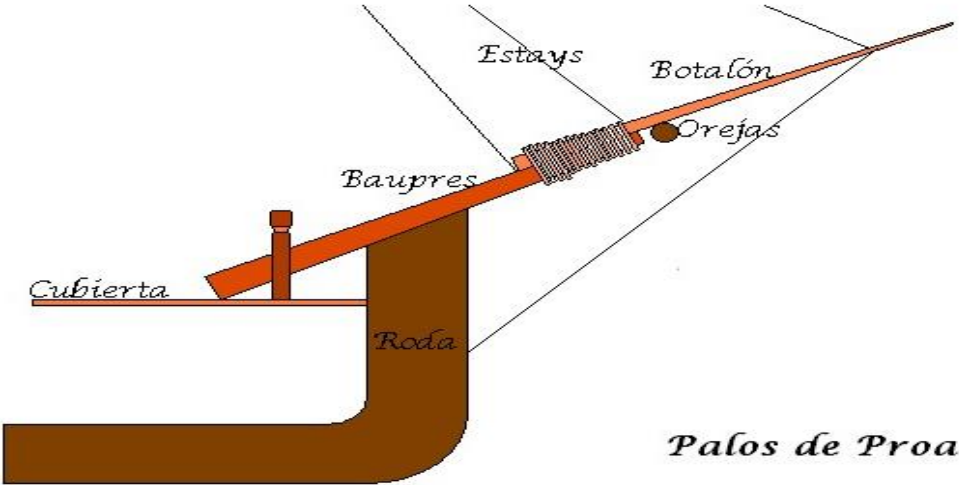
Fuente:CMMS ELLIPSE aplicación MSQ620

6.10.2 Propuesta de Mantenimiento basado en la Metodología RCM

A continuación se desarrolla el Plan de Mantenimiento para la Barcaza de desvío de elementos sólidos flotantes de acuerdo con los resultados del análisis de modos y efectos de falla tratados en capítulos anteriores.

El primer paso a seguir es el de realizar el registro de este activo en el sistema de información de mantenimiento para ECOPETROL S.A CMMS ellipse. Actualmente se le conoce con el nombre de “**BOTALON**” aunque este nombre corresponde más a un apodo o alias.

Figura 28. Principales Actores de Mantenimiento Correctivo, Barcaza



Fuente: Los Autores

Tabla 19. Propuesta de Mantenimiento para la Barcaza para el Desvío de elementos Sólidos Flotantes, Basado en RCM

Sistema	Función	Modo de falla	Causa del modo de falla	Efectos de la falla	Importancia de la falla	Acciones preventivas	Acciones Correctivas
Barcaza	Desviar los elementos sólidos flotantes	Incapaz de desviar los elementos sólidos flotantes	Rotura de los cables metálicos o guayas	Afectación de la integridad del casco de la casa bombas flotante por golpes de cuerpos extraños	Afectación de la flotabilidad de la casa bombas.	1- Realizar ronda de inspección y verificación del estado del cable o guaya cada 6 meses. 2- Realizar juste de la tensión del cable según condición.	1- Realizar cambio del cable o guaya por prevención o condición.
			Perdida de los grados de ubicación de la barcaza	Afectación de la integridad de las bombas del sistema de captación por la succión de cuerpos extraños	Afectación del sistema de bombas de captación de agua de la refinería	1- Realizar ronda de inspección y verificación del estado del cable o guaya cada 3 meses. 2- Realizar juste de la tensión del cable según condición.	1- Realizar cambio del cable o guaya por prevención o condición.
			Desviación en su verticalidad original de la viga guía	No permitir el desplazamiento de los rodamientos y al subir y bajar el nivel del río afecta la integridad de la barcaza.	La barcaza pierde horizontalidad en el río	1- Realizar ronda de inspección y verificación del estado de la viga guía cada 15 días. 2- instalación de un sistema de iluminación reflectivo para prevenir contacto con embarcaciones que se desplazan en horario nocturno.	1- Retiro de la barcaza 2- Instalación de un sistema reemplazo. 3- Cambio por condición de la viga guía. 4- Retiro de sistema reemplazo 5- Instalación de la barcaza.

Sistema	Función	Modo de falla	Causa del modo de falla	Efectos de la falla	Importancia de la falla	Acciones preventivas	Acciones Correctivas
			Bloqueo de los rodamientos	No permitir la libre flotación de la barcaza y al subir y bajar el nivel del río afecta la integridad de la barcaza.	Afectación del sistema de abastecimiento de agua de la refinería	1- Realizar ronda semanal de inspección. 2- Realizar ronda semanal de limpieza del sistema de rodamientos.	1-Retiro de la barcaza por condición. 2- Instalación de un sistema reemplazo. 3- Realizar cambio de rodamientos por prevención o condición. 4-Realizar pruebas de control de calidad 5- Retiro de sistema reemplazo. 6-Realizar pruebas de control de calidad 7- Instalación de la barcaza
	Flotar sobre el río Magdalena	Incapaz de Flotar sobre el Río Magdalena	Filtración de agua por la soldadura aplicada en las uniones de las láminas	Hundimiento de la barcaza	La barcaza pierde flotabilidad.	1- Asegurar el uso de procedimientos para juntas de soldadura en láminas. 2- Realizar el control de calidad (pruebas de líquidos penetrantes, pruebas neumáticas, pruebas de hermeticidad, etc.)	1-Retiro de la barcaza por condición. 2- Instalación de un sistema reemplazo. 3- Aplicación de soldadura en uniones de láminas. 4-Realizar pruebas de control de calidad 5- Retiro de sistema

Sistema	Función	Modo de falla	Causa del modo de falla	Efectos de la falla	Importancia de la falla	Acciones preventivas	Acciones Correctivas
							<i>reemplazo.</i> <i>6-Realizar pruebas de control de calidad</i> <i>7- Instalación de la barcaza</i>
			<i>Rotura en la lámina de la barcaza</i>	<i>Hundimiento de la barcaza</i>	<i>La barcaza pierde flotabilidad.</i>	<i>1- Realizar ronda semanal de inspección y verificación del estado de la barcaza.</i> <i>2- instalación de un sistema de iluminación reflectivo para prevenir contacto con embarcaciones en horario nocturno.</i>	<i>1-Retiro de la barcaza por condición</i> <i>2- Instalación de un sistema reemplazo.</i> <i>3- Cambio de la lámina de la barcaza.</i> <i>4-Realizar pruebas de control de calidad</i> <i>5- Retiro de sistema reemplazo.</i> <i>6- Instalación de la barcaza</i>

Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

- De acuerdo con el análisis de criticidad aplicado, por actuar sobre puntos que impactan los parámetros de frecuencias de fallas, calidad y seguridad de las personas y el ambiente, la Barcaza para el desvío de elementos Sólidos Flotantes del Río Magdalena ubicado en la Gerencia Refinería Barrancabermeja, perteneciente a ECOPETROL S.A. fue considerado como un equipo Crítico.
- En primer lugar se realizara la gestión para la inclusión del equipo en el Sistema ELLIPSE, para que de esta manera hacerlo parte activa de las actividades preventivas y predictivas del departamento de Mantenimiento de la organización.
- El plan propuesto, con base en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM, constituye una nueva estrategia de mantenimiento para la Barcaza. Una vez conocidas las funciones del activo, los modos de falla asociados a dichas funciones, las frecuencias de falla y las posibles consecuencias de las mismas, se ha planteado un grupo de actividades ajustadas con una frecuencia inferior a la frecuencia histórica de falla que de alguna manera pretenden minimizar la frecuencia de falla y optimizar los costos asociados a la falta de funcionalidad del equipo.
- Se estima que las consecuencias de la implementación del plan de mantenimiento propuesto son las siguientes:
 - Mejoramiento del conocimiento del activo por parte departamento de mantenimiento.

- Inclusión del Activo en el sistema ELLIPSE, lo que garantizaría una mejor administración de las tareas de mantenimiento programadas.
- Mitigación de las actividades de mantenimiento correctivo que generan sobrecostos debido a paradas intempestivas y de esa manera, lograr una mejor distribución de los recursos, enfocando las tareas a las partes o sistemas que resultan más críticos.

BIBLIOGRAFIA

DIAZ ORDUZ, Javier. Diseño de un Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM para el Generador de Soldadura Impulsado a Motor Miller 302. Universidad Industrial de Santander, Monografía, 2010.

GONZALEZ B. Carlos Ramón. Especialización en Gerencia de Mantenimiento 2010. Mantenimiento Preventivo, Pág.15.

Manual De Entrenamiento CMMS ELLIPSE 6.3.3 Versión 2010.

Manual de entrenamiento Unidad de Servicios Industriales Refinería Barrancabermeja version 2009

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005.

MORA, Luis Alberto. MANTENIMIENTO. Planeación, ejecución y control. Alfaomega Colombiana S.A. Bogotá D.C. 2009 p.70

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

NASA, Reability Centered Maintenance Guide of Facilities and Collateral Equipment.

NIETO GONZÁLEZ, Hernando. Monografía, Modelo de Optimización para el Mantenimiento Proactivo de los Equipos Críticos de un Tren de Laminación en Frío basado en RCM.

ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. UIS. Bucaramanga 2010.

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

PARRA, Carlos. Taller Práctico: Desarrollo del Modelo de Criticidad.Ingecon.2010.ppt.< www.confiabilidadoperacional.com>

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

www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm

www.confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/