

**ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LOS TALLERES DEL  
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA GERENCIA REFINERÍA  
BARRANCABERMEJA GRB – ECOPETROL S.A.**

**DARWIN HARLEY AREVALO VACA  
WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2014**

**ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LOS TALLERES DEL  
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA GERENCIA REFINERÍA  
BARRANCABERMEJA GRB – ECOPETROL S.A.**

**DARWIN HARLEY AREVALO VACA  
WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS**

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

**Director  
PhD. CARLOS BORRAS PINILLA  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2014**

## DEDICATORIA

*A Dios primero que todo, por concederme sabiduría para tomar decisiones y fuerza para soportar los retos que en el camino se presentaron.*

*A mi familia, mis Padres, Néstor Julio Arévalo Vaca, María Damaris Vacca Daza y mi Hermana, por todo su apoyo incondicional, por el esfuerzo que han hecho para brindarme todo lo necesario para mi bienestar y cumplimiento de esta meta.*

*A mis amigos y (as), por hacer de esta etapa de mi vida, una de las mejores, compartiendo actividades académicas, sonrisas, concejos, tristezas y hasta días de diversión que serán recordados por siempre.*

*A los docentes de la Escuela de Ingeniería mecánica e ingenieros de Ecopetrol S.A, por aportar en el enriquecimiento de mis conocimientos.*

*Darwin Harley Arévalo Vaca*

## DEDICATORIA

*A Dios por sus bendiciones,*

*A mis padres William J. Urquijo Robayo y Marley Luengas Peña  
por su confianza, paciencia e incondicional ayuda.*

*A mis hermanos Juan Sebastián y Daniel Felipe por su afecto y  
compañía.*

*A mi familia por el constante apoyo.*

*A mis amigos cercanos por los buenos consejos y los diferentes  
momentos compartidos.*

*William Andrés Urquijo Luengas*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al profesor Carlos Borrás Pinilla director del trabajo de grado, por la orientación y consejos durante el desarrollo del proyecto.*

*A los docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica por los conocimientos aportados en el transcurso de la carrera.*

*A los directivos de la Gerencia Refinería Barrancabermeja de Ecopetrol S.A. por la oportunidad de permitirnos realizar el proyecto en su empresa.*

*Al ingeniero Julio Cesar Tristancho M. jefe de mantenimiento en turno de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, por el aporte y la colaboración en el desarrollo del proyecto.*

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN   | 19 |
| 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA   | 23 |
| 2. JUSTIFICACIÓN   | 24 |
| 3. OBJETIVOS   | 26 |
| 3.1 OBJETIVO PRINCIPAL   | 26 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS  | 26 |
| 4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA   | 28 |
| 4.1 MARCO DE REFERENCIA CORPORATIVO                                    | 29 |
| 4.1.1 Misión. ECOPETROL S.A  | 29 |
| 4.1.2 Visión. ECOPETROL S.A  | 29 |
| 4.2 ORGANIGRAMA GENERAL DE ECOPETROL S.A.                              | 29 |
| 4.3 VICEPRESIDENCIA EJECUTIVA DEL DOWNSTREAM                           | 30 |
| 4.3.1 Gerencia Refinería Barrancabermeja GRB                           | 32 |
| 4.3.1.1 Productos y Servicios de la GRB                                | 34 |
| 4.3.1.2 Organigrama de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja        | 35 |
| 4.3.1.3 Departamento de Mantenimiento de la GRB                        | 36 |
| 4.3.1.4 Mantenimiento de los activos del Departamento de Mantenimiento | 39 |
| 5. MARCO TEÓRICO   | 40 |
| 5.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO                                    | 40 |
| 5.1.1 Tipos de mantenimiento   | 40 |
| 5.1.1.1 Mantenimiento correctivo                                       | 41 |
| 5.1.1.2 Mantenimiento preventivo                                       | 41 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 5.1.1.3 | Mantenimiento predictivo   | 42 |
| 5.2     | ANÁLISIS DE CRITICIDAD   | 43 |
| 5.2.1   | Método de factores ponderados para análisis de criticidad                    | 43 |
| 5.2.2   | Matriz de criticidad.  | 44 |
| 5.3     | MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)                                | 45 |
| 5.3.1   | Evolución del Mantenimiento  | 45 |
| 5.3.2   | Normas SAE JA1011 y SAE JA1012   | 47 |
| 5.4     | PROCESO DE APLICACIÓN DEL RCM  | 48 |
| 5.4.1   | Funciones y parámetros de funcionamiento                                     | 50 |
| 5.4.2   | Fallas funcionales   | 51 |
| 5.4.3   | Modos de falla   | 52 |
| 5.4.4   | Efectos de falla   | 55 |
| 5.4.5   | Hoja de información RCM  | 57 |
| 5.4.6   | Consecuencias de la falla  | 58 |
| 5.4.6.1 | Fallas evidentes y ocultas   | 59 |
| 5.4.6.2 | Consecuencias en la seguridad, el ambiente, operacionales y no operacionales | 61 |
| 5.4.6.3 | RCM y la legislación de Seguridad  | 63 |
| 5.4.6.4 | Técnicamente factible y vale la pena hacerlo                                 | 65 |
| 5.4.6.5 | Efectividad del Costo  | 65 |
| 5.4.7   | Tareas programadas para manejo de fallas                                     | 65 |
| 5.4.7.1 | Tareas de reacondicionamiento programado                                     | 66 |
| 5.4.7.2 | Tareas de sustitución cíclica  | 66 |
| 5.4.7.3 | Tareas basadas en condición  | 67 |
| 5.4.7.4 | Acciones a falta de  | 68 |
| 5.4.8   | El diagrama de decisión RCM  | 69 |
| 6.      | METODOLOGÍA DE DESARROLLO  | 71 |

|   |     |
|---|-----|
| 7. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO   | 74  |
| 7.1 EQUIPOS ESTABLECIDOS POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PARA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA. | 75  |
| 7.2 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS  | 76  |
| 7.2.1 Equipo de lavado Hidrojet   | 76  |
| 7.2.2 Tanque De Almacenamiento De Agua  | 77  |
| 7.2.3 Extractor De Haces, Autopropulsado Idrojet  | 78  |
| 7.2.4 Cabina de Lavado Abrasivo - Sponge-Jet  | 79  |
| 7.2.5 Cizalla De Corte Bronx  | 80  |
| 7.2.6 Cizalla De Corte Edwars   | 80  |
| 7.2.7 Punzonadora; Mod: 210 Ad/16   | 81  |
| 7.2.8 Roladora De Láminas Hidráulica  | 82  |
| 7.2.10 Extractor De Humo Móvil Miller   | 84  |
| 7.2.11 Extractor De Humo Fijo Lincoln   | 85  |
| 7.2.12 Lapeadora Lapmaster 24ss2 & SS36H  | 86  |
| 7.2.13 Lavadora De Ultrasonido  | 87  |
| 7.2.14 Taladro De Pedestal  | 88  |
| 7.2.15 Banco De Prueba De Gobernadores  | 89  |
| 7.3 CATALOGACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS  | 90  |
| 7.3.1 Codificación  | 90  |
| 7.3.2 Catalogación  | 93  |
| 7.4 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD A LOS EQUIPOS   | 98  |
| 7.4.1 Factores involucrados para el análisis  | 98  |
| 7.4.2 Implementación de la matriz de criticidad   | 101 |
| 7.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EQUIPOS CRÍTICOS                         | 105 |
| 7.5.1 Identificación de equipos   | 106 |
| 7.5.2 Jerarquización de los equipos   | 106 |
| Jerarquía de partes de los equipos  | 106 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 7.5.3   | Funciones y fallas funcionales   | 108 |
| 7.5.4   | Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)                              | 109 |
| 7.5.5   | Hoja de información RCM  | 110 |
| 7.5.6   | Diagrama de decisión RCM   | 112 |
| 7.5.7   | Hoja de decisión RCM   | 114 |
| 7.6     | PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO   | 116 |
| 7.6.1   | Plan de mantenimiento programado de equipos críticos                     | 118 |
| 7.6.2   | Plan de mantenimiento preventivo para equipos de media y baja criticidad | 120 |
| 7.7     | PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN ELLIPSE                                | 120 |
| 7.7.1   | Sistema de información Ellipse   | 120 |
| 7.7.2   | Registro de la información del proyecto en Ellipse                       | 121 |
| 7.7.2.1 | Registro de equipos en el sistema  | 121 |
| 7.7.2.2 | Registro de las tareas de mantenimiento                                  | 129 |
| 7.7.2.3 | Programación de las tareas de mantenimiento                              | 135 |
| 7.7.2.4 | Orden de trabajo   | 138 |
| 8.      | CONCLUSIONES   | 139 |
|         | BIBLIOGRAFÍA   | 141 |
|         | ANEXOS   | 143 |

## LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Productos y Servicios de la GRB  | 35  |
| Tabla 2. Descripción de los Talleres del Departamento de Mantenimiento de la GRB. | 39  |
| Tabla 3. Evolución del Mantenimiento  | 47  |
| Tabla 4. Inventario de equipos  | 75  |
| Tabla 5. Código de área para los talleres   | 91  |
| Tabla 6. Codificación o TAG de los activos  | 92  |
| Tabla 7. Ponderación de los factores de criticidad establecidos.                  | 100 |
| Tabla 8. Resultado de la integración del procedimiento de análisis de criticidad. | 103 |
| Tabla 9. Criticidad de equipos  | 104 |
| Tabla 10. Equipos críticos  | 106 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Organigrama General de Ecopetrol S.A.                                    | 30 |
| Figura 2. Organigrama Vicepresidencia Ejecutiva del Downstream                     | 32 |
| Figura 3. Gerencia Refinería Barrancabermeja GRB                                   | 33 |
| Figura 4. Planta de Proceso – Cracking II  | 34 |
| Figura 5. Organigrama de la Gerencia Refinería – Ecopetrol S.A.                    | 36 |
| Figura 6. Organigrama Departamento de Mantenimiento GRB                            | 37 |
| Figura 7. Talleres de Mecánica y Metalistería – Gerencia Refinería Barrancabermeja | 38 |
| Figura 8. Ubicación geográfica de los talleres                                     | 38 |
| Figura 9. Matriz de criticidad   | 44 |
| Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de aplicación RCM                         | 49 |
| Figura 11. Hoja de información RCM   | 58 |
| Figura 12. Falla evidente de una función protectora                                | 60 |
| Figura 13. Secuencia de eventos de una falla múltiple                              | 61 |
| Figura 14. Patrones de probabilidad de falla                                       | 64 |
| Figura 15. Curva P-F   | 67 |
| Figura 16. Hoja de información RCM   | 69 |
| Figura 17. Desarrollo de la estrategia de mantenimiento                            | 74 |
| Figura 18. Equipo de lavado Hidrojet   | 76 |
| Figura 19. Tanque de almacenamiento de agua  | 77 |
| Figura 20. Extractor de Haces, Autopropulsado Idrojet.                             | 78 |
| Figura 21. Cabina de Lavado Abrasivo - Sponge-Jet                                  | 79 |
| Figura 22. Cizalla de corte Bronx  | 80 |
| Figura 23. Cizalla de corte Edwars   | 81 |
| Figura 24. Punzonadora, Mod: 210 Ad/16   | 82 |
| Figura 25. Roladora de Láminas Hidráulica.   | 83 |
| Figura 26. Anguladora – Dobladora Bronx  | 84 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 27. Extractor de humo Miller  | 85  |
| Figura 28. Extractor de humo fijo Lincoln  | 86  |
| Figura 29. Lapeadora SS36H   | 86  |
| Figura 30. Lavadora de ultrasonido   | 87  |
| Figura 31. Taladro de Pedestal   | 88  |
| Figura 32. Banco de prueba de gobernadores.  | 89  |
| Figura 33. Niveles para la codificación  | 90  |
| Figura 34. Estructura de la codificación   | 91  |
| Figura 35. Ficha técnica: datos de identificación del equipo   | 93  |
| Figura 36. Ficha técnica: datos de fábrica   | 94  |
| Figura 37. Ficha técnica: datos de operación   | 95  |
| Figura 38. Ficha técnica: datos de registro  | 95  |
| Figura 39. Ficha técnica: componentes y observaciones  | 96  |
| Figura 40. Ficha técnica del equipo de lavado de alta presión  | 97  |
| Figura 41. Matriz de criticidad  | 102 |
| Figura 42. Distribución de la criticidad   | 104 |
| Figura 43. Diagrama de flujo de aplicación del RCM   | 105 |
| Figura 44. Sistemas del equipo de lavado de alta presión   | 107 |
| Figura 45. Jerarquía de partes, equipo de alta presión   | 107 |
| Figura 46. Función primaria  | 108 |
| Figura 47. Fallas funcionales  | 109 |
| Figura 48. Modos y efectos de falla  | 109 |
| Figura 49. Formato hoja de información RCM   | 110 |
| Figura 50. Hoja de información equipo de lavado Hidrojet – Componente de refrigeración de motor Diesel | 111 |
| Figura 51. Diagrama de decisión RCM.   | 113 |
| Figura 52. Formato de decisión RCM   | 114 |
| Figura 53. Hoja de decisión RCM. Componente de refrigeración del motor - Equipo de lavado Hidrojet.    | 115 |
| Figura 54. Formato de mantenimiento programado   | 117 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 55. Sección del plan de mantenimiento programado equipo de lavado Hidrojet | 119 |
| Figura 56. Mincom Ellipse   | 121 |
| Figura 57. Ventana de inicio Ellipse  | 122 |
| Figura 58. Características generales del equipo                                   | 123 |
| Figura 59. Códigos de cuenta asociados a los talleres                             | 123 |
| Figura 60. Costos y garantías del equipo  | 124 |
| Figura 61. Módulo de consulta de equipo   | 124 |
| Figura 62. Características de diseño y componentes de equipo                      | 125 |
| Figura 63. Trazabilidad del equipo  | 125 |
| Figura 64. Módulo de clasificación del equipo                                     | 126 |
| Figura 65. Nombres coloquiales de equipo  | 127 |
| Figura 66. Equipos registrados del taller de intercambiadores                     | 127 |
| Figura 67. Equipos registrados del taller de metalistería                         | 128 |
| Figura 68. Equipo registrado del taller de mecánica                               | 128 |
| Figura 69. Equipos registrados del taller de sellos y gobernadores.               | 129 |
| Figura 70. Modulo de inicio Ellipse – Creación SJ                                 | 130 |
| Figura 71. Datos generales SJ ( <i>Standard Job</i> )                             | 130 |
| Figura 72 Planeación del SJ ( <i>Standard Job</i> )                               | 131 |
| Figura 73. Edición del SJ ( <i>Standard Job</i> )                                 | 131 |
| Figura 74. Equipo asociado al SJ ( <i>Standard Job</i> )                          | 132 |
| Figura 75. Registro de nueva tarea de mantenimiento                               | 133 |
| Figura 76. Información de la tarea de mantenimiento                               | 133 |
| Figura 77. Planeación de la tarea de mantenimiento                                | 134 |
| Figura 78. Instrucciones de la tarea de mantenimiento                             | 134 |
| Figura 79. Descripción general del SJ ( <i>Standard Job</i> )                     | 135 |
| Figura 80. Comando MSO700 de creación de MST ( <i>Maintenance Schedule Task</i> ) | 136 |
| Figura 81. Datos generales de la MST ( <i>Maintenance Schedule Task</i> )         | 137 |
| Figura 82. Datos de programación de la MST ( <i>Maintenance Schedule Task</i> )   | 138 |

Figura 83. Comportamiento del rendimiento de la inversión (No incluido)

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO A. Fichas técnicas de los equipos
- ANEXO B. Consolidado de la evaluación de criticidad de los equipos
- ANEXO C. Jerarquía de partes de equipos
- ANEXO D. Hoja de información rcm equipos críticos
- ANEXO E. Hojas de decisión rcm equipos críticos
- ANEXO F. Plan de mantenimiento programado de equipos críticos
- ANEXO G. Plan de mantenimiento preventivo equipos de media y baja criticidad

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LOS TALLERES DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA GRB – ECOPETROL S.A.\*

**AUTORES:** DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA, WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento, Análisis de Criticidad, RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Disponibilidad.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto está enfocado en fortalecer la relación de la universidad con la industria energética, a partir del diseño de una estrategia de mantenimiento, aplicada a unos equipos ubicados en los talleres de la refinería de Barrancabermeja, para garantizar la disponibilidad, confiabilidad operacional y reducción de costos por mantenimiento no programado.

La metodología establecida se inicia con un reconocimiento de los activos y una codificación para identificarlos individualmente. Mediante un análisis de criticidad se establece el nivel de prioridad que cada uno representa dentro del contexto operativo de la empresa; a partir de este análisis, se clasifican en tres grupos: críticos, medianamente críticos y triviales. Un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) basado en la metodología propuesta por Jhon Moubray y la Norma SAE JA1011, se aplica a los equipos críticos, el cual permite establecer tareas a partir de un análisis funcional de fallas, para eliminar la ocurrencia de las fallas de mayor importancia según la consecuencia que represente. Para los otros equipos se propone un plan de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante y la información de los operadores.

Con el fin de asegurar el resultado obtenido de las etapas del proyecto, se registra la información en el sistema de administración de mantenimiento Ellipse, se ingresan los equipos con las respectivas características técnicas y basados en los análisis RCM y el modelo preventivo, se consolidan las tareas de mantenimiento con su respectiva programación.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ph.D. Carlos Borrás Pinilla, Ingeniero Mecánico.

## ABSTRACT

**TITLE: MAINTENANCE MANAGEMENT STRATEGY FOR WORKSHOPS MAINTENANCE DEPARTMENT OF MANAGEMENT BARRANCABERMEJA REFINERY - ECOPETROL S.A.\***

**AUTHORS: DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA, WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS.\*\***

**KEY WORDS:** Maintenance, Criticality Analysis, RCM, Reliability Centered Maintenance, Availability.

### **DESCRIPTION:**

This project is focused on strengthening the relationship of the university with the energy industry, from the design of maintenance strategy applied to teams located in the workshops of the Barrancabermeja refinery, to ensure availability, operational reliability and reduced unscheduled maintenance costs.

This methodology starts with recognition of assets and coding to identify them individually. Through an criticality analyzes is established the level of priority that each represents in the operational context of the company; from this analysis are classified into three groups: critical, moderately critical and trivial. A model of reliability centered maintenance (RCM) based on the methodology proposed by John Moubray and SAE JA1011, is applied to critical equipment, which allows for tasks from a functional failure analysis, to eliminate the occurrence of most important faults as a consequence representing. For other teams a preventive maintenance plan is proposed based on manufacturer recommendations and information for operators.

In order to ensure the result obtained of the stages of the project, the information is recorded in the maintenance management system Ellipse, teams are input to the respective technical specifications and based on analyzes RCM and preventive model, maintenance tasks with their respective programs are consolidated.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Ph.D. Carlos Borrás Pinilla, Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander permite establecer a los estudiantes, vínculos de carácter académico con los diferentes sectores industriales mediante la elaboración y ejecución de trabajos de investigación aplicados, enfocados en la etapa de culminación del nivel de pregrado. Este proyecto se desarrolla en Ecopetrol S.A., una de las empresas más grandes de país y pionera del sector petrolero en Colombia.

La Gerencia Refinería de Barrancabermeja es un complejo de refinación de Ecopetrol S.A, con una capacidad instalada de procesamiento de crudo de 250.000 barriles diarios. Con el ejercicio del mejoramiento continuo, la empresa se ha enfocado en establecer procedimientos y técnicas que aumenten la seguridad del personal, potencialicen los recursos y disminuyan las pérdidas en producción.

Uno de los factores con mayor importancia en el desarrollo de la industria petrolera, específicamente de refinación, es el mantenimiento de las plantas y equipos. Es necesario disponer de la constante operatividad de cualquier activo para no afectar directamente los procesos relacionados con el entorno operacional. Las consecuencias de la ausencia o de la irregular aplicación del mantenimiento pueden ocasionar pérdidas económicas por paradas de reparaciones no programadas, y en algunos casos daños ambientales o afectaciones en la integridad humana.

Para cumplir con las tareas de mantenimiento en la refinería, se encuentra el Departamento de Mantenimiento. Cuenta con talleres y personal especializado en diferentes áreas, necesarios para prestar atención diaria a las diferentes plantas de proceso.

Contribuir al desarrollo industrial mediante una estrategia de mantenimiento para los activos de los talleres del Departamento de Mantenimiento, permite aumentar la disponibilidad operativa de los equipos con los que se ejecutan las tareas diarias de mantenimiento en las plantas de proceso, reducir los costos por contrataciones externas necesarias cuando los equipos están en reparación no programada, brindar mayor seguridad a los operadores, administrar de forma organizada los activos y establecer un registro completo de las actividades aplicadas sobre cada equipo.

La estrategia está basada en un mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para equipos que requieren mayor disponibilidad en la operación, presentan costos altos por reparaciones no programadas y son susceptibles de provocar afectaciones en el ambiente y la seguridad humana. Un modelo preventivo se aplica a otros equipos, basado en las características operativas y en la interpretación que de forma óptima se obtiene de las recomendaciones del fabricante.

Para aprovechar el sistema de gestión de mantenimiento de alto potencial con que cuenta Ecopetrol S.A., la información relacionada con la estrategia de mantenimiento diseñada, se registra optimizando el uso de los instrumentos que proporciona esta herramienta informática, con el fin de asegurar un seguimiento continuo de planeación y ejecución del mantenimiento que contemple todos los parámetros establecidos.

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ecopetrol S.A. es una empresa dedicada al desarrollo, en Colombia o en el exterior, de actividades comerciales o industriales correspondientes o relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos<sup>1</sup>. Para la ejecución de algunas de las anteriores actividades se encuentra la GRB – Gerencia Refinería Barrancabermeja donde se llevan a cabo los procesos de refinación y petroquímica.

Dentro de la estructura organizacional de la GRB – Gerencia Refinería Barrancabermeja, se encuentra el Departamento de Mantenimiento, cuyo objetivo principal es proporcionar el mantenimiento día a día, de los activos industriales del complejo, asegurando la producción de forma continua y en condiciones normales.

La filosofía de Ecopetrol S.A. se enfoca en la búsqueda de la excelencia y el desarrollo integral. Con el fin de mejorar sus buenas prácticas, el Departamento de Mantenimiento, requiere implementar un esquema de gestión de mantenimiento para algunos equipos localizados en sus talleres, que garantice la funcionalidad estable de estos activos; con los cuales se desarrollan las tareas diarias de mantenimiento a los componentes de las plantas de proceso en la refinería, y así conservar la administración confiable del inventario y las tareas ejecutadas en las máquinas, mejorando la disponibilidad y el ciclo de vida.

---

<sup>1</sup> ECOPETROL S.A. Energía para el futuro [Consultado el 9 de Mayo de 2014], Intranet Iris: <<http://iris/contenido/contenido>>

## 2. JUSTIFICACIÓN

Diseñar e implementar un programa de mantenimiento en los talleres de la GRB – Ecopetrol S.A., logra fortalecer el conocimiento frente a un campo de acción de gran aplicación para el Ingeniero Mecánico como lo es el mantenimiento industrial. Desarrollar proyectos como éste, en el campo energético, permite que la Universidad Industrial de Santander y específicamente la Escuela de Ingeniería Mecánica sean actores influyentes en el desarrollo de la industria petrolera.

Con el propósito de cumplir los requerimientos de producción, las condiciones de operación y el trabajo continuo, se hace necesario disponer de mantenimiento para los equipos que componen las plantas de la refinería de Ecopetrol. De esta forma es posible lograr el objetivo de reducir el porcentaje de consecuencias negativas, que impactan el ámbito económico y productivo de la empresa.

Con el fin de mejorar la disponibilidad del mantenimiento en la refinería, se ha propuesto desarrollar un plan de mantenimiento para algunos equipos del Departamento de Mantenimiento, basado en una estrategia que permita fortalecer el estado funcional de los equipos, realizando una catalogación, codificación, análisis de criticidad y análisis funcional de fallas, e implementar un programa de mantenimiento para cada uno de ellos, en el sistema de información de la empresa.

Para el desarrollo de la gestión de mantenimiento, se ha propuesto diseñar una estrategia que esté orientada con los estándares de Ecopetrol S.A. que se constituyen principalmente en los siguientes ítems:

- Mantener la operación confiable de los activos.
- Mejorar las buenas prácticas de mantenimiento.

- Bajas pérdidas en costos de producción.
- Prevenir fallas estructurales en los equipos.
- Información completa de los datos técnicos de los activos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir a la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Mecánica en el cumplimiento de su misión íntegra de formar profesionales de alta calidad y apoyar el fortalecimiento de las relaciones con la industria energética, mediante el desarrollo de una estrategia de gestión del mantenimiento para un grupo de equipos localizados en los talleres del Departamento de Mantenimiento de la Gerencia Refinería Barrancabermeja – GRB de Ecopetrol S.A.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Catalogar y codificar los equipos de los talleres de metalistería, intercambiadores, mecánica, sellos y gobernadores, establecidos por el Departamento de Mantenimiento de la GRB - Ecopetrol S.A, para la gestión del mantenimiento.
- Ejecutar un análisis de criticidad con el método de factores ponderados basados en el concepto de riesgo, para los equipos de los talleres de metalistería, intercambiadores, mecánica, sellos y gobernadores, y establecer la prioridad que cada uno representa en el Departamento de Mantenimiento de la GRB-Ecopetrol S.A.
- Identificar y estudiar en los equipos críticos, las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla, tareas de mantenimiento y frecuencias de las tareas aplicables, basado en la filosofía de trabajo RCM (*Reliability Centred Maintenance*), con el propósito de mejorar la disponibilidad.

- Consolidar el programa de mantenimiento basado en los análisis realizados (análisis de criticidad y RCM), para los equipos establecidos por el departamento de mantenimiento de la GRB – Ecopetrol S.A.
- Registrar en el sistema de información Ellipse: las fichas técnicas, tareas de mantenimiento preventivo, y proponer su respectiva programación, para cada uno de los equipos establecidos por el Departamento de Mantenimiento de la GRB-Ecopetrol S.A.

#### 4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 35 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.<sup>2</sup>

Es una empresa dueña absoluta o tiene la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país, posee el mayor conocimiento geológico de las diferentes cuencas, contamos con una respetada política de buena vecindad entre las comunidades donde se realizan actividades de exploración y producción de hidrocarburos, es reconocida por la gestión ambiental y, tanto en el upstream como en el downstream, se han establecido negocios con las más importantes petroleras del mundo.<sup>3</sup>

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 8.124 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.<sup>4</sup>

Tiene a disposición de sus socios el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), considerado el más completo centro de investigación y laboratorio científico de su

---

<sup>2</sup> ECOPETROL, Energía para el Futuro [online]. [Citada el 30 de Agosto 2014]. Disponible en la página WEB: < <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=30&conID=37994> >

<sup>3</sup> Ibíd.

<sup>4</sup> Ibíd.

género en el país, donde reposa el acervo geológico de un siglo de historia petrolera de Colombia.<sup>5</sup>

#### **4.1 MARCO DE REFERENCIA CORPORATIVO**

4.1.1 Misión. ECOPETROL S.A. Tiene como misión descubrir y convertir fuentes de energía en valor para sus 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 operan, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con los grupos de interés.<sup>6</sup>

4.1.2 Visión. ECOPETROL S.A. Tiene como visión ser un grupo global de energía y petroquímica, con énfasis en petróleo, gas y combustibles alternativos; reconocido por ser competitivo, con talento humano de clase mundial y socialmente responsable.<sup>7</sup>

#### **4.2 ORGANIGRAMA GENERAL DE ECOPETROL S.A.**

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

---

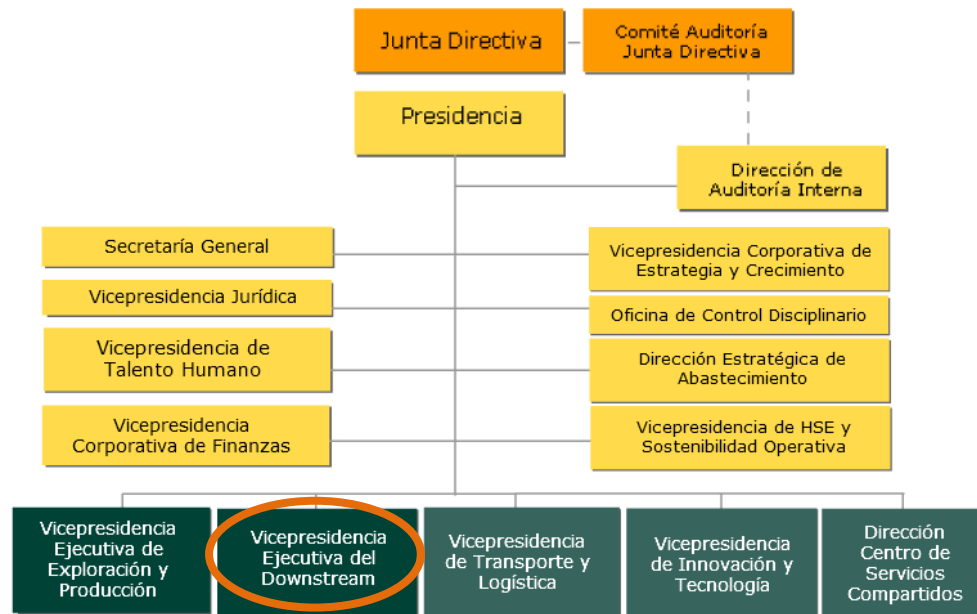
<sup>5</sup> ECOPETROL, Energía para el Futuro [online]. [Citada el 30 de Agosto 2014]. Disponible en la página WEB: <<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=265&conID=38366&pagID=129101>>.

<sup>6</sup> Ibíd.

<sup>7</sup> Ibíd.

manera integral en la Escritura Pública No. 5314 del 14 de diciembre de 2007, otorgada en la Notaría Segunda del Círculo Notarial de Bogotá D.C.<sup>8</sup>

**Figura 1. Organigrama General de Ecopetrol S.A.**



Fuente: ECOPETROL S.A. Energía para el futuro

### 4.3 VICEPRESIDENCIA EJECUTIVA DEL DOWNSTREAM

La Vicepresidencia Ejecutiva del Downstream abarca los negocios de transporte, refinación, petroquímica, suministro y mercadeo de Ecopetrol S.A. Las responsabilidades de esta Vicepresidencia son:

- Dirigir, coordinar, vigilar, controlar y evaluar el cumplimiento de los objetivos, responsabilidades, políticas, planes, programas y proyectos del negocio y

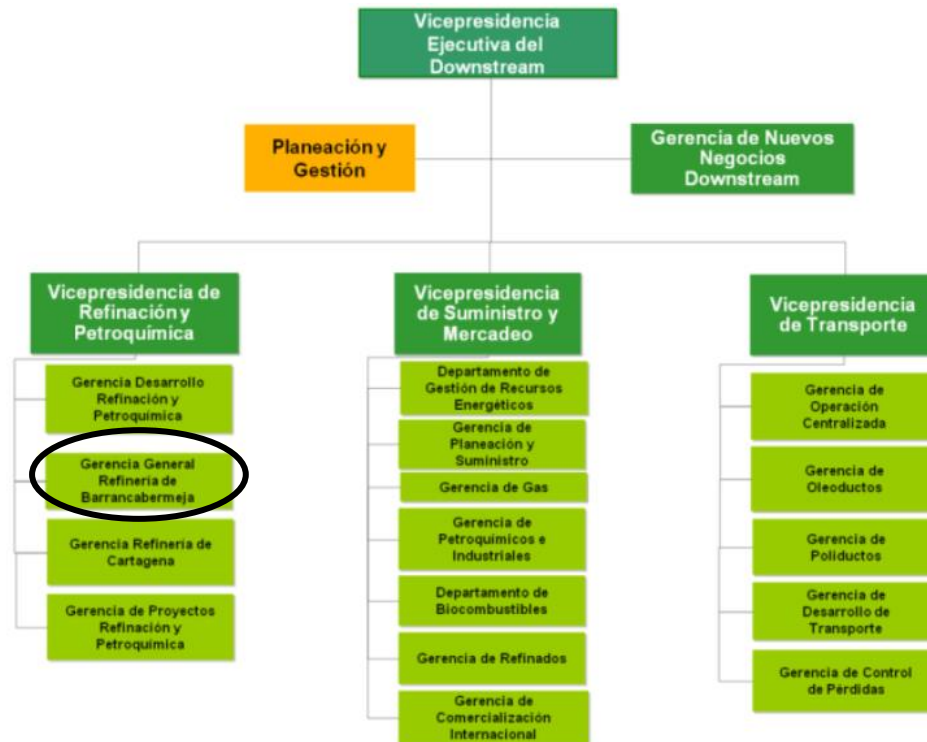
<sup>8</sup> ECOPETROL, Energía para el Futuro [online]. [Citada el 30 de Agosto 2014]. Disponible en la página WEB: <<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&conID=38178>>

actividades operacionales del Downstream, de acuerdo con las estrategias y políticas que al respecto se dicten.

- Dirigir y orientar la consecución de los resultados del negocio de refinación y petroquímica, transporte, suministro y mercadeo de los productos y servicios de la sociedad.
- Presentar periódicamente informes sobre la marcha general de la operación del negocio de Downstream.
- Visualizar, proponer y articular oportunidades de negocio con visión integradora de las diferentes etapas del negocio de Downstream.
- Promover oportunidades de negocio en el Downstream de Ecopetrol S.A., a nivel nacional e internacional.
- Asesorar al Presidente en la celebración de contratos y ejecución de los actos del negocio de Downstream comprendidos dentro del objeto de la Sociedad.
- Asesorar y apoyar a la Presidencia en los temas de su competencia.
- Realizar el seguimiento, evaluación y control de los proyectos, programas y actividades a cargo de la dependencia.
- 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 estructura organizacional de la Vicepresidencia Ejecutiva del Downstream se muestra en la figura 2.

**Figura 2. Organigrama Vicepresidencia Ejecutiva del Downstream**



Fuente: ECOPEPETROL S.A. Energía para el futuro

4.3.1 Gerencia Refinería Barrancabermeja GRB. El Complejo Industrial de Barrancabermeja está localizado en la ciudad del mismo nombre, en la región central de Colombia, a orillas del río Magdalena, la principal arteria fluvial del país. Ubicado en una región histórica, por ser uno de los primeras zonas en las que se inició la explotación petrolera a principios del siglo XX, inició las operaciones de refinación con unos alambiques traídos en 1922 desde Talara en el Perú.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> ECOPEPETROL, Energía para el Futuro [online]. [Citada el 30 de Agosto 2014]. Disponible en la página WEB: < <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=46&conID=37668&pagID=134631> >

El Complejo 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.<sup>10</sup>

**Figura 3. Gerencia Refinería Barrancabermeja GRB**



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.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Ibíd.

<sup>11</sup> Ibíd.

**Figura 4. Planta de Proceso – Cracking II**



La Gerencia Complejo 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.<sup>12</sup>

4.3.1.1 Productos y Servicios de la GRB. Los productos derivados del petróleo, ofrecidos al mercado nacional e internacional por la empresa se muestran en la tabla 1.

---

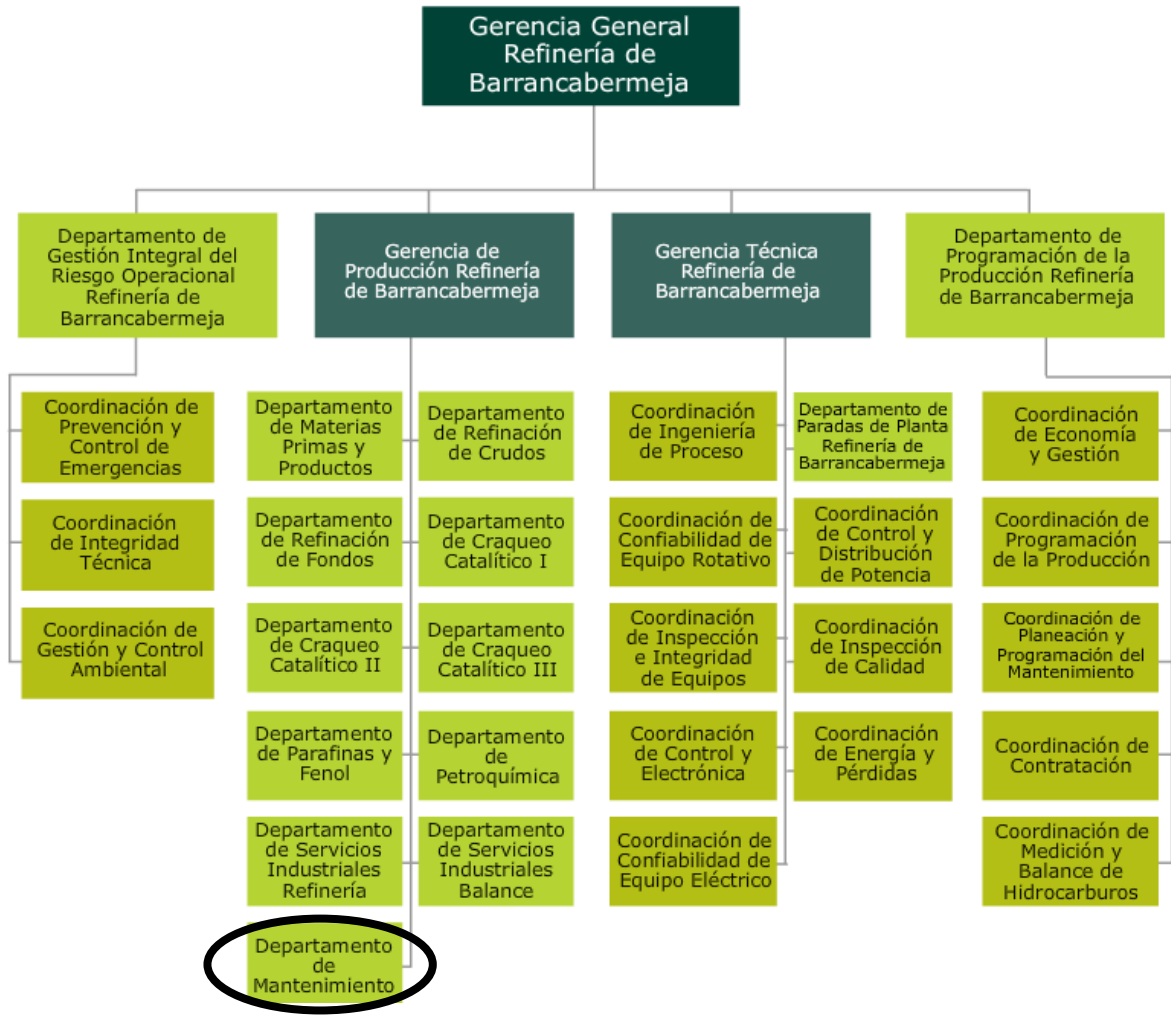
<sup>12</sup> Ibíd.

**Tabla 1. Productos y Servicios de la GRB**

| <b>COMBUSTIBLES</b>   | <b>PETROQUIMICA</b>   |
|---|---|
| <p><b>Automotores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gasolina motor corriente y extra:</b> Consumo en los vehículos automotores de combustión interna.</li> <li>• <b>ACPM o Diesel:</b> Es el combustible utilizado en los motores Diesel, de uso común en camiones y buses, en plantas de generación eléctrica y en embarcaciones marinas.</li> </ul> <p><b>Aviación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jet A-1 (Turbocombustible o turbosina):</b> Combustible para aviones con turbinas o tipo jet.</li> <li>• <b>Avigas:</b> Combustible para aviones con motor de pistón</li> </ul> <p><b>Uso industrial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bencina:</b> Se usa como materia prima para la fabricación de disolventes alifáticos y como combustible para estufas domésticas.</li> <li>• <b>Combustóleo o Fuel-Oil:</b> Es un combustible pesado para hornos, secadores, calderas, calentadores y generación eléctrica.</li> <li>• <b>Queroseno:</b> Se utiliza en estufas domésticas, quemadores de hornos y secadores industriales.</li> <li>• <b>IFO:</b> Combustible para buque-tanques y plantas de generación eléctrica.</li> </ul> <p><b>Para uso doméstico e industrial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gas licuado del Petróleo - GLP:</b> Combustible para el uso en gasodomésticos; hornos, secadores y calderas industriales y generación de energía eléctrica.</li> </ul> | <p><b>Industria química</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alquitrán aromático (Arotar):</b> Materia prima para la elaboración de negro de humo para la industria de llantas.</li> <li>• <b>Disolventes alifáticos:</b> Se utilizan en la extracción de aceites vegetales, fabricación de pinturas, pegantes, thinner, tintas, productos agrícolas, disolución de caucho, fabricación de ceras y betunes, y para la limpieza en general.</li> <li>• <b>Azufre:</b> El azufre que sale de las refinerías sirve para la vulcanización del caucho, fabricación de algunos tipos de acero y preparación de ácido sulfúrico.</li> <li>• <b>Disolventes aromáticos:</b> Se usa en la fabricación de ciclohexano, estireno, pinturas, resinas, thinner y tintas, insecticidas, anhídrido ftálico (orto) y producción caprolactama.</li> </ul> <p><b>Construcción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Asfaltos:</b> Se utilizan en la construcción y conservación de vías: emulsiones asfálticas, asfaltos líquidos o cementos asfálticos.</li> </ul> <p><b>Plásticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Polietileno:</b> Materia prima para la fabricación de bolsas, empaques para confecciones, alimentos y congelados, envases para medicinas líquidas, películas para agricultura y la construcción.</li> </ul> <p><b>Industria Manufacturera</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bases lubricantes:</b> Son la materia prima para la producción de los aceites y las grasas lubricantes de uso automotor e industrial. Las bases lubricantes pueden ser parafínicas (aceite de alta viscosidad) o nafténicas (lubricantes para bajas temperaturas).</li> <li>• <b>Parafinas:</b> Materia prima para las velas, ceras para piso, papeles parafinados, fósforos, vaselinas y recubrimiento de alimentos.</li> </ul> |

4.3.1.2 Organigrama de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja. La estructura organizacional de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A., se muestra en la figura 5.

**Figura 5. Organigrama de la Gerencia Refinería – Ecopetrol S.A.**

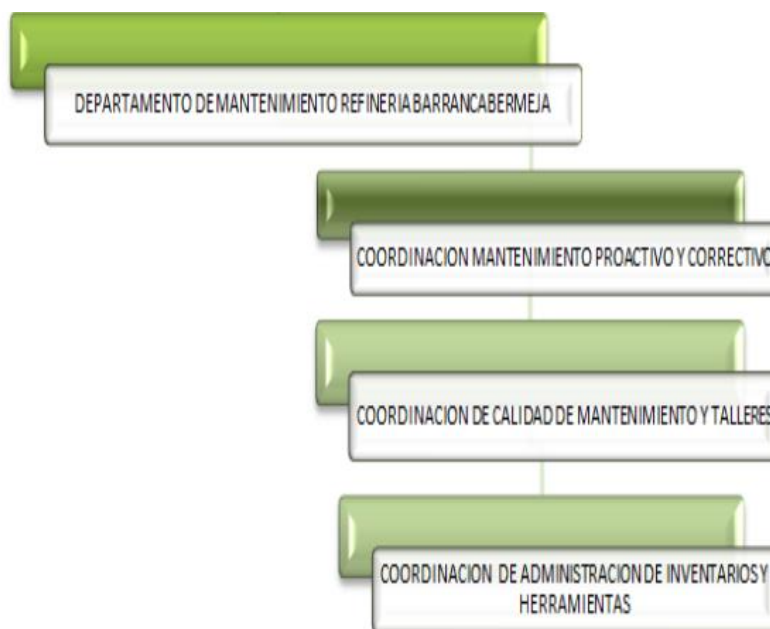


Fuente: ECOPETROL S.A. Energía para el futuro

4.3.1.3 Departamento de Mantenimiento de la GRB. El Departamento de Mantenimiento de la refinería de Barrancabermeja, hace parte de la Gerencia de Producción como se muestra en la figura 5. La función se establece en administrar la ejecución de las tareas de mantenimiento día a día en la totalidad de las plantas de proceso de la refinería, los vehículos de transporte y las redes eléctricas.

Con el fin de desarrollar completa e integralmente sus funciones, el Departamento de Mantenimiento se constituye por coordinaciones, como se muestra en la figura 6.

**Figura 6. Organigrama Departamento de Mantenimiento GRB**



Fuente: Departamento de Mantenimiento GRB

El Departamento de Mantenimiento está dotado con infraestructura apropiada para realizar los trabajos en los que interviene, cuenta con talleres de mecánica, metalistería, sellos y gobernadores, lavado de intercambiadores, instrumentación, automotriz, válvulas y tuberías, que se encuentran ubicados en las instalaciones de la refinería de Barrancabermeja. La descripción de los talleres se muestra en la tabla 2 y la ubicación de los talleres en la refinería se muestra en la figura 8.

**Figura 7. Talleres de Mecánica y Metalistería – Gerencia Refinería Barrancabermeja**



**Figura 8. Ubicación geográfica de los talleres**



Fuente: Google Maps. Disponible en: <https://www.google.es/maps>

**Tabla 2. Descripción de los Talleres del Departamento de Mantenimiento de la GRB.**

| GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>TALLERES DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |  |   |                        |                               |
|---|--|---|------------------------|-------------------------------|
| Taller  | Coordinación   | Descripción   | Administrador          | PERSONAL                      |
| Taller de Mecánica  | Coordinación de mantenimiento proactivo y correctivo | Ejecución de las tareas de mantenimiento de los equipos rotativos de cada una de las plantas de proceso de la refinería (bombas, turbinas, ventiladores, compresores, etc). | 1 Ingeniero supervisor | 25 Mecánicos                  |
| Taller de Metalistería  | Coordinación de calidad de mantenimiento y talleres  | Desarrollo de trabajos relacionados con láminas, tuberías y soldaduras, enfocados en los proyectos relacionados con el mantenimiento de las plantas.                        | 1 Ingeniero supervisor | 20 Metalistas                 |
| Taller de Sellos y Gobernadores   | Coordinación de mantenimiento proactivo y correctivo | Reparación y calibración de los gobernadores de las turbinas de vapor.<br>Reparación de los sellos mecánicos de las bombas centrífugas industriales.                        | 1 Ingeniero supervisor | 10 Mecánicos                  |
| Taller de Intercambiadores  | Coordinación de mantenimiento proactivo y correctivo | Lavado de alta presión, cambio de haces de tubos, reparación de cascos y transporte de intercambiadores.  | 1 Ingeniero supervisor | 5 Mecánicos                   |
| Automotor   | Coordinación de calidad de mantenimiento y talleres  | Mantenimiento para los equipos que conforman el parque automotor de la refinería (camiones, buggys, camionetas, grúas y maquinaria pesada).                                 | 1 Ingeniero supervisor | 5 Técnicos de manejo de carga |
| Taller de Válvulas  | Coordinación de calidad de mantenimiento y talleres  | Reparación y calibración de las válvulas de los diferentes sistemas de transporte de sustancias de la refinería.  | 1 Ingeniero supervisor | 12 Metalistas                 |
| Taller de Instrumentos  | Coordinación de mantenimiento proactivo y correctivo | Taller encargado de reparaciones y calibraciones de equipo electrónico.   | 1 Ingeniero supervisor | 10 Instrumentistas            |
| Taller Eléctrico  | Coordinación de mantenimiento proactivo y correctivo | Reparación, calibración y lavado de motores eléctricos de la refinería.   | 1 Ingeniero supervisor | 5 Electricistas               |

4.3.1.4 Mantenimiento de los activos del Departamento de Mantenimiento. El personal del departamento, se encarga directamente de las tareas enfocadas en el mantenimiento de equipos de los talleres. Un ingeniero de mantenimiento, perteneciente a la estructura organizacional del departamento de Mantenimiento se encarga de coordinar y programar estas tareas.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Los dispositivos, los equipos, las herramientas y los sistemas, que permiten el desarrollo de la humanidad sufren a lo largo de su ciclo de vida, problemas en su estructura y funcionalidad. Para lograr el objetivo con el que se construye cada uno de ellos, se requiere un procedimiento propio para realizar la operación, pero también es necesario establecer un perfil de mantenimiento que prolongue su vida útil y mantenga en condiciones operativas sus características funcionales.

Jhon Moubray<sup>13</sup> define el mantenimiento como: asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan. Cuando los requerimientos de los usuarios sobre los servicios que presta un activo, se ven afectados por la falta de funcionalidad, necesariamente se debe adoptar una estrategia que permita evitar los problemas de funcionamiento. El mantenimiento es la opción que permite cumplir con la disposición de las prestaciones de los activos requeridas por el usuario.

5.1.1 Tipos de mantenimiento. Se pueden adoptar diferentes modelos de mantenimiento a los activos. Los requerimientos y las diferentes situaciones operacionales que se presentan, permiten definir el tipo que se requiera en un determinado equipo.

---

<sup>13</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 7.

5.1.1.1 Mantenimiento correctivo. Es el modelo de mantenimiento más antiguo. El enfoque se orienta en reparar el activo en el momento en que éste se daña. Tiene una consecuencia negativa en el contexto operativo que este se encuentra, ya que la línea de proceso en la que el activo actúa es parada sin ninguna programación, ni un plan que permita reemplazar la función que desempeña. Es posible que la producción de la planta se detenga.

Otra de las desventajas del mantenimiento correctivo es la falta de recurso humano para realizar las intervenciones por cada reparación. La falta de planeación impide mantener un recurso programado para ejecutar dichas tareas, es posible que las personas no estén disponibles para realizarlas y haya pérdida de tiempo en la organización del recurso.

Una ventaja importante es que en ciertas situaciones se presenta un beneficio económico al aplicar mantenimiento correctivo. Ejecutar un mantenimiento programado, significa inversión económica para mantenerlo funcional y costos por paradas programadas de plantas de producción, en algunos casos el costo de programarlo puede ser mayor al costo de reparar o reemplazar el equipo a falla. En este contexto operativo puede darse un beneficio económico al aplicar un modelo de mantenimiento correctivo.

5.1.1.2 Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo se enfoca en la ejecución de tareas diseñadas y programadas para anticiparse a una falla o avería para mantener el funcionamiento del equipo en óptimas condiciones. Las actividades periódicas previamente establecidas incluyen tareas de inspección, limpieza o cambio de un componente por desgaste. El objetivo principal es eliminar al máximo las paradas por reparaciones correctivas imprevistas de un equipo, además de permitir mantener un registro organizado y completo de las intervenciones relacionadas con el mantenimiento del activo.

En la aplicación del mantenimiento preventivo se requiere establecer el tiempo estimado de ejecución de la tarea, con el fin de calcular las horas hombre y el número de recurso humano requerido en el transcurso del período de implementación del modelo. Un factor que impulsa el éxito de este tipo de mantenimiento es el cumplimiento en la ejecución de las tareas, el control se ejerce con la ayuda de sistemas de información diseñados específicamente para gestionar los activos dentro de un programa de mantenimiento.

Un programa de mantenimiento preventivo debe incluir los siguientes elementos:

- Inventario completo de los equipos
- Registro de las características técnicas del equipo
- Número de identificación o codificación
- Descripción de las tareas y frecuencia de aplicación
- Personal requerido para la ejecución
- Registro en el sistema de información de los equipos y las actividades programadas.

5.1.1.3 Mantenimiento predictivo: El mantenimiento predictivo es una técnica de mantenimiento consistente en 'predecir' el estado de un equipo basándose en una variable física o química. La temperatura, la vibración, el aspecto físico, la composición química de un fluido o el comportamiento ante un estímulo externo pueden ser utilizados para diagnosticar un equipo, predecir cuándo fallará y anticiparse al fallo interviniendo en él antes de que lo haga.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> GARCIA GARRIDO, Santiago. Curso de mantenimiento predictivo. [Consultado el 01 de Julio de 2014], Disponible en: <<http://renovetec.com/183-curso-de-mantenimiento-predictivo%22>>

## 5.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una metodología que según Luis José Amendola<sup>15</sup>, integra la producción basada en confiabilidad y permite establecer un procedimiento que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de sistemas, instalaciones y equipos de una empresa, en función del su impacto global con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método según el orden de prioridad de los sistemas objetos de análisis.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} * \textit{consecuencias}$$

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, costes de operación y los impactos en seguridad y ambiente<sup>16</sup>.

5.2.1 Método de factores ponderados para análisis de criticidad. Es un modelo de criticidad semicuantitativo bastante sencillo y práctico soportado en el concepto del riesgo. Consiste en asignarle a los criterios del análisis, valores que oscilan en una escala de 0 – 10 y que corresponden a cada criterio que comprende el factor en consideración, factores como los que el autor Luis José Amendola<sup>17</sup> hace referencia en la consecuencia de falla. La evaluación de los factores son

---

<sup>15</sup> AMENDOLA, Luis José, Gestión de proyectos de activos industriales. Editorial Universidad Politécnica de Valencia: Valencia, 2006. p. 31, 34.

<sup>16</sup> Ibíd.

<sup>17</sup> Ibíd.

evaluados bajo la participación de distintos profesionales involucrados en el contexto operacional del activo en estudio.

5.2.2 Matriz de criticidad. Para obtener el nivel de criticidad de cada equipo o sistema, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias de los fallos y se ubican en una matriz de criticidad 4x4 (ver figura 9). El valor de frecuencia de fallos se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal, para finalmente por medio de una expresión conjunta obtener el resultado final de criticidad<sup>18</sup>. La matriz de criticidad de la figura 9 permite jerarquizar los equipos en tres campos:

- Equipos no críticos (NC)
- Equipos de media criticidad (MC)
- Equipos críticos (C)

**Figura 9. Matriz de criticidad**

|                      |   |              |    |    |    |    |
|----------------------|---|--------------|----|----|----|----|
| Frecuencia de Fallos | 4 | MC           | MC | C  | C  | 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 |    |    |    |    |

Fuente: PARRA, Carlos y RESTREPO, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada a la Gestión de Activos.

<sup>18</sup> CARLOS, Parra Y ADOLFO, Restrepo. Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos. INGECON, 2012.

La expresión que determina el valor total de criticidad, puede variar según las consideraciones que establezca la empresa para cada equipo en particular.

### 5.3 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

El mantenimiento centrado en confiabilidad RCM (*Reliability Centered Maintenance*) es una forma de gestión del mantenimiento de un sistema, un equipo o una instalación industrial que se basa en determinar todos los fallos potenciales que puede tener dicha instalación, categorizarlos y poner en marcha una serie de medidas preventivas acordes con su importancia para evitarlos o minimizar sus efectos.<sup>19</sup>

Moubray<sup>20</sup>, define el mantenimiento centrado en confiabilidad como un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. El análisis de las fallas que presenta un equipo con implicaciones en las funciones que desempeña, permite establecer acciones que optimizan la disponibilidad funcional; estas acciones se programan de tal forma que puedan anticipar la pérdida de la función de un activo en operación.

#### 5.3.1 Evolución del Mantenimiento

Desde la década de los 30 se puede seguir el rastro de la evolución del mantenimiento a través de tres generaciones. El RCM está tornándose rápidamente en la piedra fundamental de la Tercera generación, pero esta

---

<sup>19</sup> GARCIA GARRIDO, Santiago. RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad. [Consultado el 01 de Julio de 2014], Disponible en: < <http://www.renovetec.com/595-rcm> >

<sup>20</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 7.

generación solo se puede ver en perspectiva a la luz de la primera y la segunda generación.<sup>21</sup>

La primera generación cubre el periodo hasta la segunda guerra mundial. En esta época los equipos y las plantas no presentaban altos niveles de complejidad en sus mecanismos. No era necesario realizar tareas programadas de mantenimiento, ya que con se requerían simples tareas de inspección y limpieza. Además los equipos no representaban prioridad en las plantas y el tiempo de reparación no significaba pérdidas en el proceso.

Durante la Segunda Guerra mundial se incrementó la complejidad en las plantas y en los activos industriales por la necesidad de aumentar la competitividad. Se hace necesario mantener los activos funcionales y evitar las paradas imprevistas por fallas, lo que produce el inicio de las tareas programadas de mantenimiento preventivo. Es así como se empieza a generar control y planeación sobre el mantenimiento de los equipos.

La tercera generación se puede observar en 3 categorías:

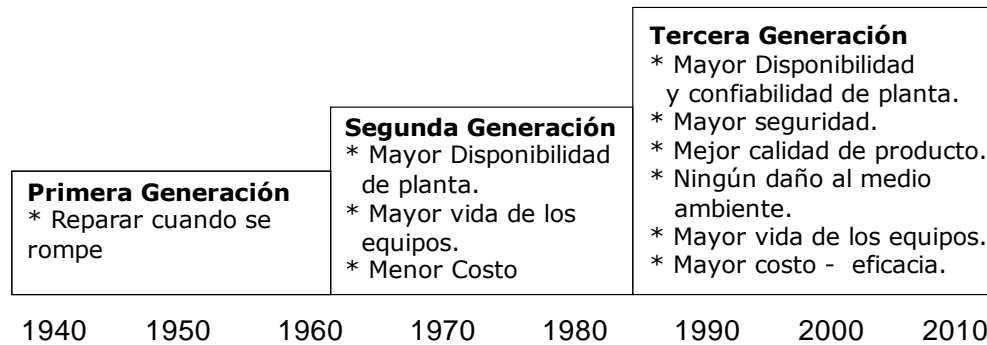
- Nuevas Expectativas: La confiabilidad y la disponibilidad de los activos son factores claves para el correcto desarrollo en: plantas de proceso, procesamiento de datos, cuidado de la salud y en obras civiles.
- Nuevas Investigaciones: Los estudios han demostrado 6 tipos de comportamientos en los patrones de las fallas de los activos.
- Nuevas Técnicas: Nuevos desarrollos en las formas de aplicar los modelos de mantenimiento en la industria. Mayor énfasis y estudio en el tema de mantenimiento por parte de las compañías.

---

<sup>21</sup> Ibíd. p. 2.

En la tabla 3 se muestra un panorama de la evolución del mantenimiento en el transcurso del tiempo.

**Tabla 3. Evolución del Mantenimiento**



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

### 5.3.2 Normas SAE JA1011 y SAE JA1012

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de U.S. en 1978. El mismo describió los procesos innovadores y actuales, para ese entonces, usados para desarrollar programas de mantenimiento para aviones comerciales. Desde entonces, el proceso RCM ha sido ampliamente utilizado por otras industrias, desarrollado y mejorado ampliamente.<sup>22</sup>

Diferentes documentos se han desarrollado a nivel mundial para agrupar la información referente al proceso de RCM. Algunos documentos se han malinterpretado y se ha producido una aplicación errónea y dañina para los modelos de RCM en las compañías. Debido a la necesidad de establecer un

---

<sup>22</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 1.

documento general que incorpore un procedimiento claro y generalizado, SAE JA1011 se establece para satisfacer esta necesidad. En este documento, se propone un alto grado de familiaridad con los conceptos y la terminología del RCM.

El proceso de RCM es explicado de forma detallada en el documento SAE JA1012 (“A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard”) amplifica y aclara cada uno de los criterios claves listados en SAE JA1011 (“Evaluation Criteria for RCM Processes”), y resume problemas adicionales que deben ser tomados en cuenta para aplicar MCC exitosamente.<sup>23</sup>

#### **5.4 PROCESO DE APLICACIÓN DEL RCM**

Desarrollar una correcta aplicación del proceso RCM, implica tener en cuenta una serie de preguntas que recomienda la Norma SAE JA1011<sup>24</sup>, las cuales se analizan y responden en el siguiente orden:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros deseados asociadas a la actuación del recurso en su contexto operacional (Funciones)?
2. ¿De qué maneras puede fallar para cumplir con sus funciones (Fallas funcionales)?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional (Modos de falla)?
4. ¿Qué pasa cuándo cada falla ocurre (Efectos de falla)?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla (Consecuencias de falla)?

---

<sup>23</sup> Ibíd. p. 4.

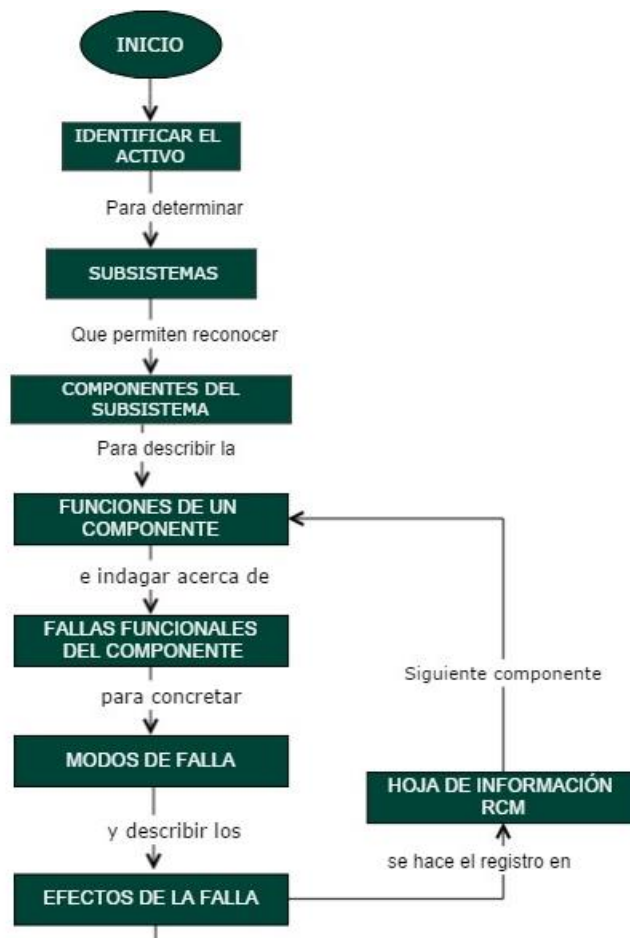
<sup>24</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Surface vehicle aerospace standard, Evaluation criteria for reliability – centered maintenance (RCM) processes – SAE JA1011. 1991. p. 10.

6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (Tareas proactivas e intervalos de la tarea)?

7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva (Acciones predefinidas)?

El proceso de aplicación de RCM, se muestra en la figura 10.

**Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de aplicación RCM**



Continúa en la siguiente página.



La primera etapa del proceso RCM se enfoca en organizar la información del equipo relacionada con funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. En el numeral 5.4.5, se muestra la forma en que se agrupa esta información.

#### 5.4.1 Funciones y parámetros de funcionamiento

Para empezar a desarrollar el proceso de RCM, es necesario resolver las preguntas del RCM. La primera de ellas se enfoca en describir las funciones y los parámetros operativos que se requieren del activo que se está evaluando. Según Jhon Moubray<sup>25</sup> la definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario. Por ejemplo transportar gasolina del tanque A al depósito B a no menos de 80 gpm. En este caso el verbo

---

<sup>25</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 23.

sería: transportar, el objeto: gasolina y el estándar de funcionamiento: del tanque A al depósito B a no menos de 80 gpm.

Las funciones se dividen en dos categorías principales: primarias y secundarias.

- **Funciones Primarias:** Es la razón principal por la cual se adquiere un equipo inicialmente. Necesariamente se deben definir de forma precisa, para poder plantear el análisis a las posibles fallas que se puedan presentar. Este tipo de funciones son fáciles de reconocer ya que el nombre de la mayoría de activos industriales está derivado de la función primaria. Por ejemplo la función principal de una dobladora es doblar láminas de metal.

- **Funciones Secundarias:** La mayoría de activos cumplen con otras funciones diferentes a la función primaria, las cuales se conocen como funciones secundarias. Aunque en ocasiones estas funciones se obvian, la pérdida de una función secundaria puede traer consecuencias más relevantes que si se perdiese la función primaria. Por esta razón la Norma SAE JA1012<sup>26</sup> recomienda prestar mucha atención a las funciones secundarias y además identificarlas plenamente. Por ejemplo la función primaria de un avión de pasajeros es transportar determinada cantidad de personas, la función secundaria es transportar cierto volumen de carga.

5.4.2 Fallas funcionales. En esta sección se discutirá la respuesta a la pregunta dos del numeral 5.4. En ocasiones los activos por algún motivo presentan incapacidad para realizar lo que el usuario desea que se haga, y a este se le conoce como falla. Para definir en términos de los estándares de funcionamiento

---

<sup>26</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 8.

del activo la falla, se plantea la falla funcional, que según John Moubray<sup>27</sup> se define como “la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario”. Según la Norma SAE JA1012<sup>28</sup>, se deben considerar dos puntos adicionales al momento de definir las fallas funcionales, que son: falla parcial y total, y los límites superiores e inferiores.

- **Falla parcial y total:** El activo puede perder la funcionalidad completamente, su función no se desarrolla bajo ningún parámetro, lo que sería la falla total. En otras ocasiones el activo funciona pero no se encuentra dentro de parámetros admisibles para operar, a esta definición se le llama falla parcial.

- **Límites superiores e inferiores:** Los límites definen parámetros admisibles de funcionamiento. Por ejemplo la velocidad de operación de una cortadora para el corte de un tubo específico es 50 rpm +/- 10%; en este caso el +/- 10 % representa los límites admisibles para la operación de la cortadora, en caso de no estar en este rango se presenta una falla funcional por sobrepasar el margen de operación admisible.

5.4.3 Modos de falla. Para responder la pregunta 3 del numeral 5.4, es necesario identificar las características de las causas de una falla. Según Moubray<sup>29</sup> el modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. La mejor manera de mostrar la conexión y la diferencia entre los estados de falla y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales y

---

<sup>27</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 50.

<sup>28</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 14.

<sup>29</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 55.

luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional.<sup>30</sup>

La descripción de un modo de falla debe ser precisa para permitir que la aplicación de la política de manejo de fallas se establezca de forma adecuada, aunque de forma clara, de lo contrario se tardaría mucho tiempo en entender el modo de falla que ocurre.

Se describen los modos de falla al menos con un pronombre y un verbo. No es recomendable usar verbos como fallar o averiar, por ejemplo falla de tubería o avería en válvula, ya que la información no es precisa y representa varios tipos fallas en un elemento.<sup>31</sup> De forma correcta se podría decir acoples de tubería sueltos o sellos de válvulas desgastados, y así proporcionar información completa de lo que está sucediendo en el elemento, para seleccionar la manera adecuada de manejar la falla.

En la industria suele suceder el análisis de los modos de falla luego de que han ocurrido y aplicar una política reactiva para repararlos. El mantenimiento RCM analiza los modos de falla que pueden ocurrir y aplica tareas para evitar que estos se produzcan. Es ideal identificarlos antes de que ocurran.

Según Jonh Moubray<sup>32</sup>, los modos de falla se pueden clasificar en 3 categorías: capacidad decreciente, aumento del funcionamiento deseado y capacidad Inicial.

**Capacidad decreciente:** Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado al momento que el activo es puesto en servicio. Las cinco causas principales son:

---

<sup>30</sup> Ibíd. p. 57.

<sup>31</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 15.

<sup>32</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 61.

- Deterioro: El continuo contacto de los activos con el mundo real, reduce en gran medida la capacidad a resistir desgaste.
- Fallas de lubricación: Falta de lubricante o problemas en la composición del lubricante.
- Polvo o suciedad: Es un problema común en la mayoría de los activos, produce atascamientos y obstrucciones.
- Desarme: Es un modo de falla relevante, debido a las consecuencias que se presentan cuando conjuntos enteros se desarman en los equipos. Generalmente se presenta en soldaduras, juntas pernadas o remachadas o conexiones eléctricas.
- Errores humanos que reducen la capacidad: Son fallas asociadas a procedimientos erróneos aplicados sobre el equipo. Es recomendable registrar qué estuvo mal en el procedimiento, para plantear las tareas de manejo de fallas.

**Aumento del funcionamiento deseado:** Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial cuando es puesto en funcionamiento.

- Sobrecarga deliberada constante: Con el fin de aumentar la capacidad de producción en la industria se tiende a llevar los equipos a límites para los cuales no están diseñados, el resultado son problemas a largo plazo en confiabilidad y disponibilidad del equipo.
- Sobrecarga no intencional constante: Al programar mejoras en la línea de producción para eliminar cuellos de botella, es posible que pequeños subsistemas se queden por fuera de las mejoras y luego de implementarlas se presenten resultados catastróficos por fallas en estos subsistemas.
- Sobrecarga no intencional repentina: Son fallas causadas por operaciones incorrectas, ensamblaje incorrecto o daños externos en el activo.

- **Procesamiento o material de empaque incorrecto:** Cuando los materiales que se manufacturan se encuentran fuera de especificación, es posible que los activos sufran fallas funcionales por no estar diseñados para esas condiciones de operación.

**Capacidad Inicial:** Desde el comienzo, el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere. Usualmente afectan una o dos funciones, las cuales resultan perjudicando la funcionalidad de todo el equipo.

Los modos de falla se deben describir con el detalle suficiente como para que sea posible seleccionar una estrategia adecuada de manejo de falla, pero no con tanto detalle como para que se pierda demasiado tiempo en el proceso de análisis. Los modos de falla se describen de tal forma que se posibilite la selección de una adecuada política de manejo de fallas.

Mantener un equilibrio entre un listado de modos de falla con detalle excesivo y uno con un análisis superficial de modos de fallo, es esencial para no afectar el rendimiento en tiempo del proceso RCM.

5.4.4 Efectos de falla. Los efectos de falla responden a la pregunta número 7 del numeral 5.4. En esta etapa se realiza un listado de lo que sucede cuando se produce un modo de falla. Según Moubray<sup>33</sup>, los efectos de la falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla.

Los siguientes conceptos claves sobre los efectos de falla, permiten analizar la importancia que representa cada uno (consecuencias de falla):

---

<sup>33</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 76.

**Suposiciones básicas:** Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar falla.<sup>34</sup>

**Información Necesaria:** La estructura del efecto de falla debe contener las siguientes características:

- a) ¿Qué evidencia (si existe alguna) que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, que podría pasar si ocurre una falla múltiple)?
- b) ¿Qué hace (si ocurre algo) para matar o dañar a alguien, o para tener efectos adversos en el ambiente?
- c) ¿Qué hace (si ocurre algo) para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones?
- d) ¿Qué daño físico (si existe alguno) causa la falla?
- e) ¿Qué (si existe algo) se debe hacer para restaurar la función del sistema después de la falla? <sup>35</sup>

Los siguientes conceptos, aportan mayor claridad a la información necesaria para definir el efecto de falla:

- **Evidencia de falla:** Los efectos de falla, se describen con el objetivo de permitir al analista RCM definir si en operación, para el personal es evidente la pérdida de la función.
- **Riesgos para la Seguridad y el Medio Ambiente:** Es posible que la pérdida de una función genere accidente o muerte de una persona. Puede también

---

<sup>34</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 20.

<sup>35</sup> Ibíd. p. 21.

vulnerar reglamentos o leyes ambientales. En el efecto solo se describe lo que sucede para producir estos riesgos.

- **Daños secundarios y efectos en la producción:** Se debe hacer referencia al tiempo de parada de máquina cuando éste afecte directamente la producción, generalmente es el mismo tiempo que tarda en realizarse la acción correctiva de la máquina.
- **Acción Correctiva:** Es necesario especificar en el efecto de falla, que debe hacerse para reparar la falla del equipo.

Con el fin de describir los modos de falla y los efectos asociados a cada uno de ellos se acude a un procedimiento de *análisis de modos de falla y efectos* (AMFE), para cada falla funcional, y así se describe lo que sucede cuando un modo de falla ocurre. Un ejemplo de *análisis de modos de falla y efectos* (AMFE), se muestra en la figura 11.

5.4.5 Hoja de información RCM. En la hoja de información RCM, se incluyen los registros de funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla, asociados al subsistema de un activo. Las funciones se listan en la columna izquierda y se asignan en orden numérico. Las fallas funcionales se describen en la segunda columna y la codificación se realiza en orden alfabético. Los modos de falla se detallan en orden numérico y a cada uno se asocia un efecto producido. En la figura 11 se muestra el ejemplo de la hoja de información RCM de una turbina a gas.

**Figura 11. Hoja de información RCM**

| HOJA DE INFORMACIÓN RCM © 1998 ALADON LTD | SISTEMA<br>Turbina a gas de 5 MW   |   | SISTEMA N°<br>216 - 05         | Facilitador<br>N Smith                                       | Fecha<br>07/07/1997                           | Hoja N°<br>1   |
|---|--|---|--------------------------------|--|---|--|
|   | SUBSISTEMA<br>Sistema de Escape  |   | SUBSISTEMA N°<br>216 - 05 - 11 | Auditor<br>P Jones   | Fecha<br>07/08/1998                           | de<br>3  |
| FUNCION                                   |  | FALLA FUNCIONAL<br>(Pérdida de función) | MODO DE FALLA                  | EFECTOS DE FALLA<br>(Qué sucede cuando se produce una falla) |   |  |
| 1   | Conducir sin restricciones todos los gases calientes de la turbina hasta un punto fijado a 10 metros encima del techo de la sala de turbinas | A                                       | Incapaz de canalizar los gases | 1  | Monstantes del silenciador corroídos          | El ensamble del silenciador colapsa y cae al fondo del conducto. La contrapresiín hace que la turbina se acelere violentamente y se para a una alta temperatura de escape. Tiempo de para de máquina para reemplazar el silenciador, hasta cuatro semanas. |
|   |  | B                                       | Flujo de gases restringido     | 1  | Se desprende parte del silenciador por fatiga | Según la naturaleza del atasco, la temperatura de escape puede subir hasta parar la turbina. Partículas de desecho sueltas podrían dañar partes de la turbina. Tiempo de parada de máquina para reparar el silenciador, 4 semanas.                         |

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

5.4.6 Consecuencias de la falla. Las últimas tres preguntas del proceso RCM, que se muestran en el numeral 5.4, se plantean para cada modo de falla y se desarrollan en la segunda etapa en la cual se evalúan las consecuencias y se aplica una política de manejo de fallas, de acuerdo a los requerimientos y la naturaleza de la falla.

Las consecuencias de fallas, resuelven la pregunta número 5 del numeral 5.4, donde se establece la importancia de una falla en el entorno de operación. La información necesaria y primordial para desarrollar el análisis de consecuencias, son las descripciones de los efectos de falla, en el cual pueden distinguirse las diferentes características de lo que se produce con la falla, por esto la importancia de desarrollar la estructura de los efectos de forma completa.

La importancia de las fallas se define mediante la afectación que se tenga sobre el entorno, es posible que afecte: la calidad de un producto, el rendimiento del activo, la seguridad de las personas o el ambiente, aunque en varias ocasiones una falla puede presentar varios niveles de consecuencias.

5.4.6.1 Fallas evidentes y ocultas. Norma. La norma SAE-JA1012<sup>36</sup>, recomienda empezar el análisis de la evaluación de consecuencias con la separación de las fallas ocultas de las evidentes. Una falla oculta, es un modo de falla donde los efectos no son apreciables por los operadores en las condiciones normales de operación y una falla evidente es aquella que se puede apreciar por el conjunto de operadores en la operación normal del activo.

Las consecuencias de falla pueden ser minimizadas, evitadas o eliminadas con funciones protectoras, mediante advertencias o acciones que previenen que una falla suceda. En un sistema donde se encuentre una función protectora se aprecian dos componentes: la función protectora y la función protegida, debido a esta división es posible que se presenten dos situaciones de posibilidades de falla:

**Fallas evidentes de las funciones protectoras:** Es posible apreciar los modos de falla de la función protectora por los operadores en condiciones de operación. Se pueden presentar 3 casos en diferentes instantes:

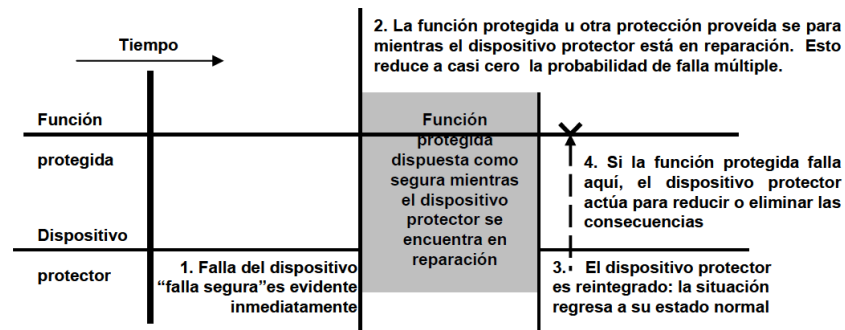
- Ni la función protectora ni la función protegida fallen. Se procede normalmente en este caso.
- La función protegida falla antes de la protección. La función protectora realiza su función y las consecuencias de falla de la función protegida son minimizadas o eliminadas.
- La función protectora falle antes de la función protegida. Es evidente que la función protectora no realiza su función, por lo tanto se requiere eliminar la posibilidad de que falle la función protegida, con una función protectora alternativa o con la parada inmediata del sistema.

---

<sup>36</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 23.

En la figura 12 se muestra el desarrollo de las 3 alternativas de falla evidente de la función protectora.

**Figura 12. Falla evidente de una función protectora**



Fuente: Norma SAE JA-1012

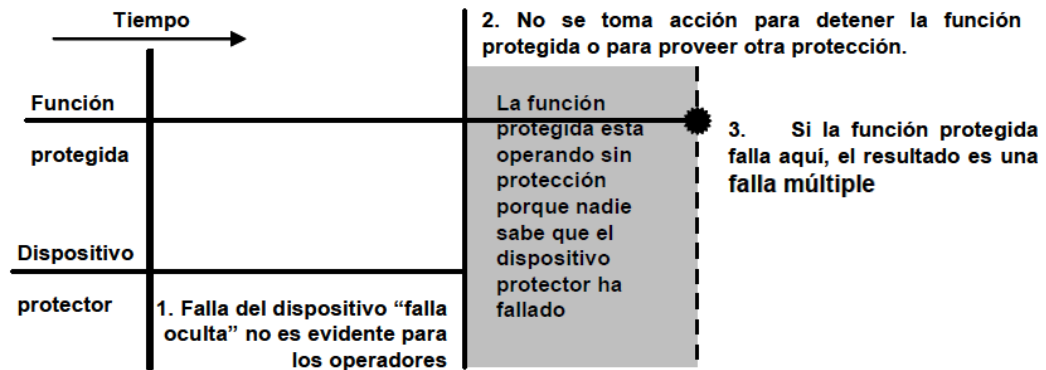
**Funciones protectoras cuya falla no es evidente:** El hecho de que la protección no esté disponible para cumplir su función, no se hace aparente en circunstancias normales. La existencia de tales modos de falla crea 4 escenarios posibles:<sup>37</sup>

- Ninguna función falla, se procede normalmente.
- Función protegida falla cuando la protección está en funcionamiento. La función protectora continúa en funcionamiento y las consecuencias de falla de la función protegida son eliminadas.
- Falla la protección mientras la función protegida está operando. No hay consecuencias directas y no es evidente que la protección esté en falla.
- Falla la protección y la función protegida falla mientras la protección se encuentra en estado de falla. Este caso se conoce como falla múltiple. No es posible tomar una decisión porque no es evidente la falla de la protección. En la

<sup>37</sup> Ibíd. p. 24

figura 13 se muestra la secuencia de eventos que suceden cuando se presenta una falla múltiple.

**Figura 13. Secuencia de eventos de una falla múltiple**



Fuente: Norma SAE JA 1012

5.4.6.2 Consecuencias en la seguridad, el ambiente, operacionales y no operacionales. El proceso de categorización de consecuencias debe distinguir claramente los eventos (modos de falla y fallas múltiples) que tengan consecuencias en la seguridad y/o en el ambiente de los que sólo tengan consecuencias económicas (consecuencias operacionales y no operacionales).<sup>38</sup>

Consecuencias en la seguridad. Una falla tiene consecuencias para la seguridad si existe una probabilidad intolerable de que pueda matar o dañar a un ser humano.<sup>39</sup>

**Consecuencias ambientales:** En la sociedad se presentan diversas normas ambientales municipales, regionales y nacionales. Una falla tiene consecuencias ambientales si existe una probabilidad intolerable de que pueda violar cualquier norma o regulación ambiental conocida.

<sup>38</sup> Ibíd. p. 25.

<sup>39</sup> Ibíd.

Según John Moubray,<sup>40</sup> para modos de falla que tienen consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, sólo merece la pena realizar una tarea proactiva si reduce la probabilidad de la falla a un nivel tolerablemente bajo. Si no es posible encontrar una tarea proactiva, se aplica en el activo físico un rediseño, un proceso o un cambio en un procedimiento operativo.

**Consecuencias operacionales.** La función primaria de la mayoría de los equipos en el comercio y en la industria está usualmente conectada con la necesidad de obtener ingresos o para soportar actividades de ganancia. En casi todos los casos, los costos de estos efectos son mayores, frecuentemente mucho mayores que el costo de reparar las fallas, y estos costos necesitan ser tomados en cuenta cuando se evalúa la relación costo-efectividad de cualquier política de manejo de fallas.<sup>41</sup> En general, las fallas afectan las operaciones de cuatro maneras:

- a) Afectan el rendimiento o la producción total.
- b) Afectan la calidad del producto. Las fallas en el equipo pueden representar errores en la manufactura de un producto.
- c) Afectan el servicio al consumidor (y pueden incurrir en penalidades financieras). Las reparaciones de fallas imprevistas no permiten desarrollar los procesos en el tiempo estipulado, se generan demoras en las entregas de productos al consumidor.
- d) Incrementan los costos operacionales en adición a los costos directos de reparación.

---

<sup>40</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 106.

<sup>41</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 23.

Según Moubray<sup>42</sup>, para modos de fallas con consecuencias operacionales, merece la pena realizar una tarea proactiva si a lo largo de un período de tiempo, cuesta menos que el costo de las consecuencias operacionales más el costo de reparar la falla que pretende evitar. Si no es posible una tarea proactiva, se debe analizar si convivir con la falla es una opción costo-efectiva de lo contrario plantear un rediseño del activo.

**Consecuencias no operacionales.** Son las consecuencias de un modo de fallo, que no ejercen efecto adverso sobre la seguridad, el ambiente o la operación. La única consecuencia asociada es la de los costos por reparación cuando ocurre la falla. Para modos de falla con consecuencias no operacionales, merece la pena realizar tareas proactivas si, en un periodo de tiempo, cuesta menos que el costo de reparar las fallas que pretende prevenir.<sup>43</sup> Cuando no sea beneficio económico plantear tareas proactivas, podría justificarse la modificación del activo.

5.4.6.3 RCM y la legislación de Seguridad. Los códigos y las normativas ambientales en los ámbitos nacional o local, se enfocan en mantener control sobre las acciones que puedan causar daños en el ambiente. La relación de la normatividad con el mantenimiento se enfoca en aplicar acciones definidas y programadas sobre los activos, para evitar consecuencias negativas. Se requiere un registro actualizado de ésta información para sustentar ante la auditoría del ente correspondiente la prioridad del programa de mantenimiento con el medio ambiente.

Selección de las políticas de manejo de fallas. La selección de una política adecuada de manejo de fallas, implica tener en cuenta la exposición al esfuerzo y el desgaste de un activo, este concepto define el cambio en la probabilidad de falla

---

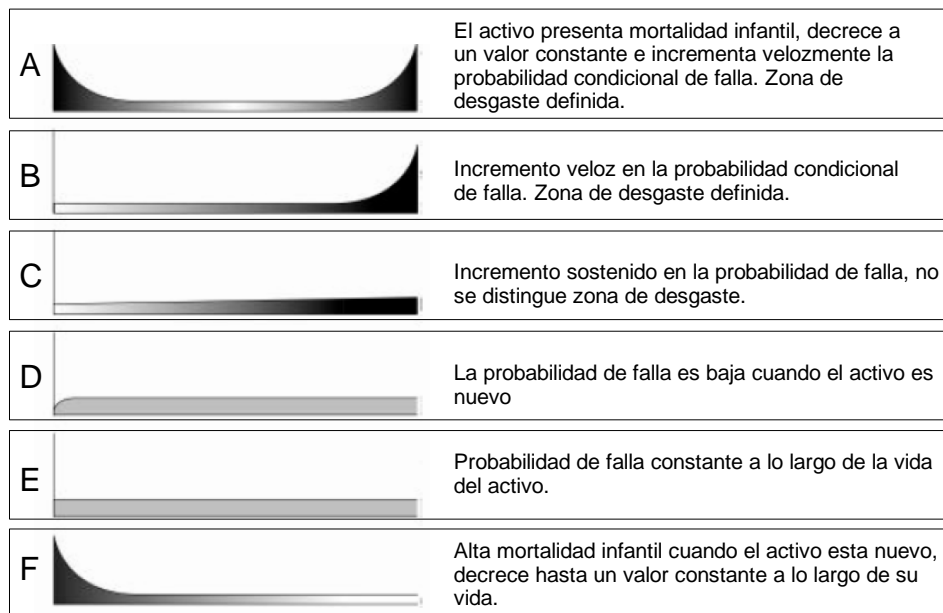
<sup>42</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 110.

<sup>43</sup> Ibíd. p. 114.

que presenta un activo a lo largo de su vida útil. En la norma SAE JA1012<sup>44</sup>, se definen seis tipos de probabilidad de falla a medida que un activo envejece. En la figura 14 se muestran los posibles patrones de probabilidad de falla de un activo.

En la práctica los patrones de fallas se asocian a equipos que se encuentran relacionados con el desgaste directo, producido por la fatiga, la corrosión, la oxidación o la evaporación.

**Figura 14. Patrones de probabilidad de falla**



Fuente: Normas SAE JA1012

<sup>44</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 27.

5.4.6.4 Técnicamente factible y vale la pena hacerlo. Las tareas programadas para el manejo de fallas, se implementan si reducen, o eliminan las consecuencias del modo de falla a un nivel aceptable que justifique el costo de programar y ejecutar la tarea de mantenimiento. Cuando no es posible plantear una tarea programada que cumpla con las condiciones mencionadas, se debe plantear una alternativa para garantizar el correcto manejo de las consecuencias del modo de falla.

5.4.6.5 Efectividad del Costo. Cuando hay varias tareas enfocadas en el mismo modo de fallo y cumplen con la factibilidad técnica, el siguiente criterio para establecer una tarea, se centra en definir cuál es más costo-efectiva. Cuando se busca entre varias opciones la tarea apropiada para manejar un modo de falla, la Norma SAE JA1012<sup>45</sup> recomienda elegir la tarea más económica, antes de escoger la tarea más sofisticada técnicamente.

5.4.7 Tareas programadas para manejo de fallas. Las tareas de mantenimiento proactivo o programadas, son aquellas que se llevan a cabo antes de que ocurra la falla, con el objetivo de prevenir el estado de falla en un componente. Este tipo de tareas abarcan el mantenimiento preventivo y predictivo, aunque en el desarrollo de RCM, son usuales los términos de reacondicionamiento programado, sustitución cíclica y mantenimiento a condición. En esta etapa se evalúa la pregunta 6 del numeral 5.4, que cuestiona las acciones que se deben tomar para prevenir o predecir la falla.

---

<sup>45</sup> Ibíd. p. 28.

5.4.7.1 Tareas de reacondicionamiento programado. Se refiere a las tareas periódicas ejecutadas para reestablecer la capacidad de un componente, indiferentemente de la condición física que presente al momento de aplicarla; la tarea se establece antes de perder la capacidad funcional del activo. La frecuencia, se determina por la vida útil del elemento y se relaciona con el patrón de falla que se muestra en la figura 14, es necesario ejecutar la tarea antes de que el componente cumpla con su ciclo de trabajo útil.

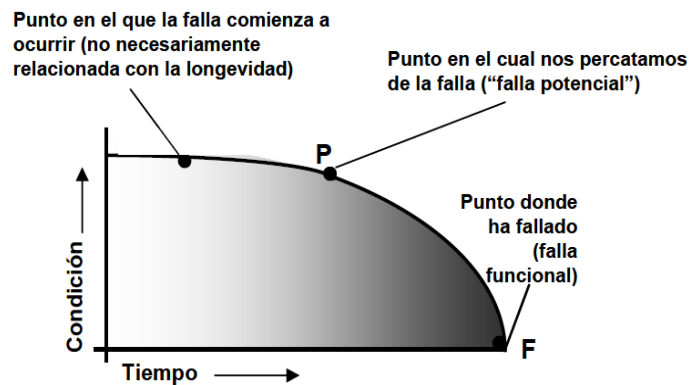
Para implementar una tarea de reacondicionamiento programado, el criterio esencial es conocer la vida útil del elemento. El éxito de la aplicación de este tipo de tarea, radica en que el elemento no sufra la falla antes de llegar a la tarea de reacondicionamiento, para ello se debe generar una frecuencia que se cumpla antes del estado de falla del equipo, de lo contrario el resultado del proceso es un aumento de tiempo por paradas en reparaciones imprevistas.

Finalmente la tarea de reacondicionamiento programado debe restaurar la capacidad al estado original del elemento o a un estado suficientemente aproximado, para continuar con el cumplimiento del desempeño requerido del elemento por el conjunto operacional donde actúa.

5.4.7.2 Tareas de sustitución cíclica. Cuando a un elemento no es posible aplicar una tarea de restauración para retornar a las capacidades funcionales, se descarta y cambia por un elemento nuevo; a esta tarea se le conoce como sustitución cíclica. La frecuencia con que se debe ejecutar este tipo de tareas se relaciona directamente con la vida útil del elemento, y se aplica en el límite o antes de cumplirla.

5.4.7.3 Tareas basadas en condición. Las fallas potenciales son estados que permiten definir el momento en que está a punto de ocurrir una falla funcional, si es posible detectarla se puede prevenir las consecuencias que se presenten a causa de la falla funcional. Las tareas que se designan para detectar las fallas potenciales, son las tareas basadas en condición. En la figura 15 se muestra la curva que caracteriza el comportamiento de la falla, desde su estado inicial, pasando por el estado potencial hasta el punto de falla funcional.

**Figura 15. Curva P-F**



Fuente: Norma SAE JA 1012

Las tareas a condición consisten en chequear si hay fallas potenciales, para que se pueda actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional.<sup>46</sup> Se llaman así porque los elementos se revisan mientras están en servicio y se intervienen cuando sea necesario.

La frecuencia de la tarea basada en condición debe ser realizada en intervalos de tiempo menores al intervalo que hay entre la falla potencial y la falla funcional (intervalo P-F), para garantizar que no exista posibilidad de falla en el elemento.

<sup>46</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 149.

Aunque no puede ser tan corto el intervalo, debido a que se desperdicia recurso en el proceso de chequeo.

Las tareas a condición son técnicamente factibles de aplicar si:

- Es posible definir la situación precisa de la falla potencial.
- El intervalo P-F está identificado completamente.
- Es práctico monitorear el elemento a intervalos menores del P-F.

5.4.7.4 Acciones a falta de<sup>47</sup>. En los casos que no se encuentra y no merece la pena realizar una tarea proactiva para prevenir una falla, se implementa una tarea “a falta de” regida por las consecuencias de falla, de la siguiente forma:

- Si no es posible reducir a un nivel tolerable una falla múltiple de una función oculta, debe realizarse periódicamente una tarea de *búsqueda de fallas*. Si no resulta una tarea de búsqueda fallas la decisión puede resultar en un *rediseño*.
- Si no es posible reducir el riesgo de una falla que reduzca el riesgo de una falla que afecta a la seguridad o al medio ambiente obligatoriamente se debe *rediseñar* el componente o cambiar el proceso.
- Si no es posible encontrar una tarea proactiva que cueste menos para una falla con consecuencias operacionales o no operacionales, inicialmente se plantea un *mantenimiento no programado* (operar hasta fallar), de no ser posible aplicarlo se plantea un *rediseño*.

---

<sup>47</sup> Ibíd. p. 174

5.4.8 El diagrama de decisión RCM. El proceso de decisión que integra las tareas aplicables según las consecuencias de los modos de fallo, se desarrolla mediante un diagrama de decisión RCM. Cada modo de falla se analiza en el diagrama y dependiendo de su consecuencia se evalúa el tipo de tarea que requiere. El diagrama de decisión aplicado para el proyecto se muestra en la figura 51.

La información relacionada con el diagrama de decisión para cada modo de falla se registra en una hoja de decisión RCM, la cual se muestra en la figura 16.

**Figura 16. Hoja de información RCM**

| Sistema                   |    |    |                               |   |   |   |    |    |    |                   | Nº de sist.      | Facilitador: | Fecha           | Nº de hoja        |                         |
|---------------------------|----|----|-------------------------------|---|---|---|----|----|----|-------------------|------------------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| Sub- Sistema              |    |    |                               |   |   |   |    |    |    |                   | Nº de sub. sist. | Auditor:     | Fecha           | De                |                         |
| Referencia De informacion |    |    | Consecuencia de la evaluacion |   |   |   | H1 | H2 | H3 | Accion de Default |                  |              | TAREA PROPUESTA | Intervalo Inicial | Puede ser realizado por |
| F                         | FF | FM | H                             | S | E | O | S1 | S2 | S3 | H4                | H5               | S4           |                 |                   |                         |
|                           |    |    |                               |   |   |   |    |    |    |                   |                  |              |                 |                   |                         |

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

El procedimiento para registrar la información es el siguiente:

- a) Referencia de información: Es la codificación de la función (F), la falla funcional (FF) y el modo de falla (MF), de la hoja de información RCM.
- b) Consecuencia de la evaluación: Representa si la falla es evidente u oculta (H) y se representa consecuencias de seguridad (S), ambiente (E) u operacionales. Se

marca con la letra S (si) o N (no) según la consecuencia que corresponda.

c) En las columnas siguientes (H1, S1, E1, N1, etc.) se registran, si se ha planteado una tarea proactiva y se marca con el tipo de letra según la consecuencia que corresponda.

d) Si no es posible proponer una tarea proactiva, se busca una tarea a falta de, las cuales son registradas con H4, H5 o H6, según corresponda en el diagrama de decisión RCM.

e) En la columna de tarea propuesta se describe la tarea para prevenir el modo de falla y enseguida la frecuencia y la persona responsable de ejecutarla.

La hoja de decisión propuesta para el desarrollo del proyecto, se muestra en la figura 53.

## **6. METODOLOGÍA DE DESARROLLO**

A continuación se presenta la metodología propuesta descrita en varias etapas para la realización de la estrategia de mantenimiento en el Departamento de Mantenimiento de la GRB - Ecopetrol S.A.

### **ETAPA 1. RECONOCIMIENTO DE LOS EQUIPOS ASIGNADOS POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA GRB –ECOPETROL S.A.**

Reconocer el funcionamiento, estado estructural, contexto operacional y datos técnicos de los equipos con los que se va a trabajar, son tareas necesarias ya que en base a esto se recopila información valiosa que: aclara dudas, orienta el desarrollo de fases posteriores y da inicio a un buen proceso de gestión de mantenimiento. Para tal fin, en esta etapa se pretende realizar:

- Visitas programadas a los lugares de ubicación de los equipos.
- Reuniones con el personal que opera los equipos.
- Consulta de información en los archivos del Departamento de Mantenimiento de la GRB.

### **ETAPA 2. CATALOGACIÓN Y CODIFICACIÓN DE EQUIPOS ASIGNADOS.**

Seleccionar y clasificar la información específica de cada uno de los equipos en formatos que permitan contener los datos de forma ordenada, es la base para tener administración individual plena de los activos. Para catalogar las máquinas

se diseña un formato basado en la norma ISO 14224<sup>48</sup> de recolección de datos del equipo para registrar la mayor información técnica.

### **ETAPA 3. JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS MEDIANTE ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Para establecer la jerarquía a las máquinas y dar prioridad a los que presentan importancia relevante en el desarrollo de las actividades propias del Departamento de Mantenimiento de la GRB-Ecopetrol S.A., se plantea realizar un análisis de criticidad con el método de los factores ponderados basados en el concepto de riesgo.

Aplicar una estrategia de mantenimiento previamente evaluada y seleccionada, a los equipos, aumenta las posibilidades de lograr resultados positivos del proceso de gestión de mantenimiento. Con el soporte del análisis desarrollado en el numeral 2.4, se decide implementar estrategia RCM para los equipos críticos y un plan de mantenimiento preventivo para los de media y baja criticidad.

### **ETAPA 4. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO RCM A LOS EQUIPOS CRÍTICOS.**

Para implementar de forma adecuada la estrategia RCM, la metodología estará fundamentada en las normas SAE-JA1011 y SAE-JA1012. En esta etapa se recopila información de los equipos mediante el método FMEA:

- a) Funciones y criterios de funcionamiento
- b) Fallas funcionales

---

<sup>48</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos – ISO 14224. 1999

- c) Modos de fallo
- d) Efectos de las fallas
- e) Consecuencia de las fallas
- f) Tareas preventivas

Con el fin de registrar la información anterior y validar las decisiones que se tomen, se elaborarán hojas de información RCM y formatos de decisión RCM.

#### **ETAPA 5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE BAJA Y MEDIA CRITICIDAD.**

En esta etapa se recopila la información procedente de manuales del fabricante, experiencia del personal que opera los equipos y de los registros que se tengan en la base de datos del Departamento de Mantenimiento, asociados al mantenimiento de las máquinas, con el fin de plantear las tareas preventivas de los equipos de media y baja criticidad.

#### **ETAPA 6. IMPLEMENTACIÓN Y AJUSTE DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.**

En el sistema de información Ellipse de la refinería<sup>49</sup> se documenta la información obtenida en el proceso, registrando: los equipos con sus características técnicas, tareas preventivas específicas con su respectiva programación y recurso. De esta forma habilitar la gestión del mantenimiento de los equipos que han sido estudiados, analizados e involucrados como activos industriales de la empresa.

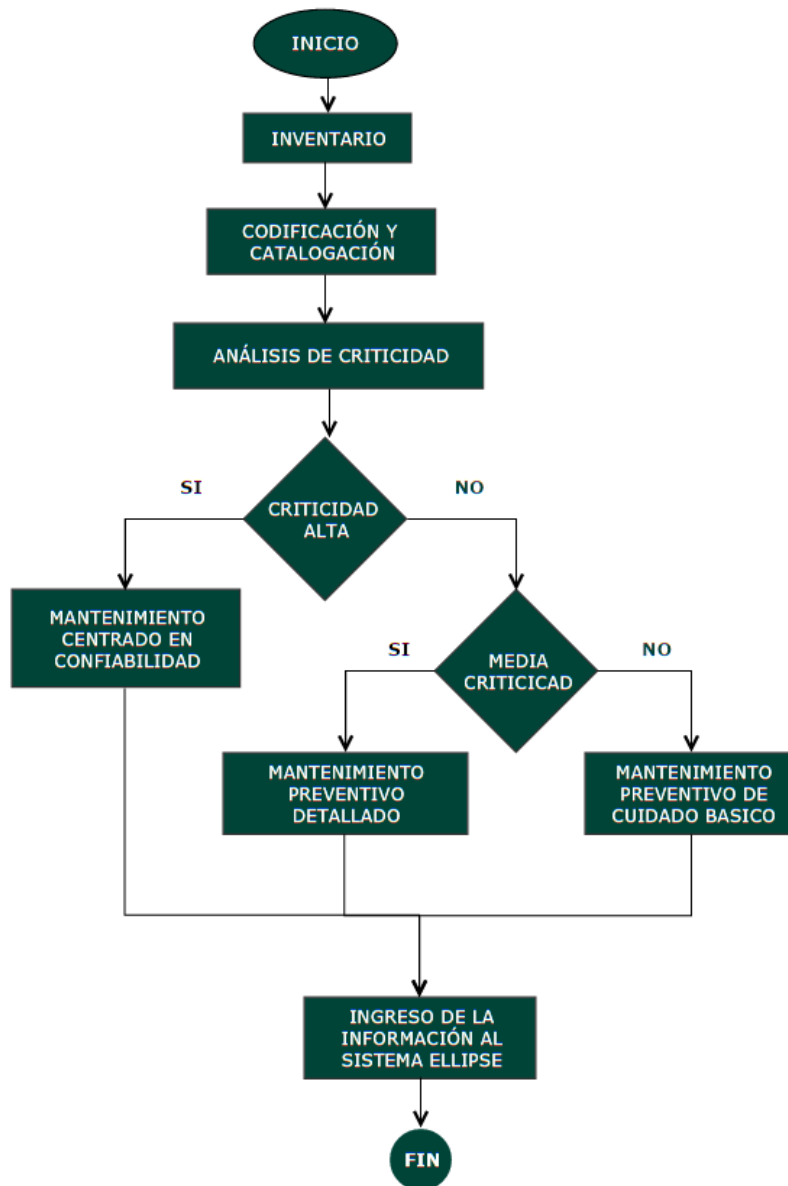
---

<sup>49</sup> ECOPETROL S.A. Gerencia Refinería Barrancabermeja

## 7. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La metodología diseñada para el desarrollo de la estrategia de mantenimiento se muestra en el diagrama de flujo de la figura 17.

**Figura 17. Desarrollo de la estrategia de mantenimiento**



## 7.1 EQUIPOS ESTABLECIDOS POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PARA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA.

Los equipos del departamento de mantenimiento a los cuales se les aplican la estrategia de mantenimiento, se listan en un formato donde se indica el nombre completo y el área donde se encuentran. En la tabla 4, se muestra el inventario de equipos para aplicar la estrategia.

**Tabla 4. Inventario de equipos**

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>INVENTARIO DE EQUIPOS</b> |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
| No.  | EQUIPO                                     | AREA                            |
| 1  | EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                  | Taller de Intercambiadores      |
| 2  | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA           | Taller de Intercambiadores      |
| 3  | EXTRACTOR DE HACES, AUTOPROPULSADO IDROJET | Taller de Intercambiadores      |
| 4  | CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET     | Taller de Mecánica              |
| 5  | CIZALLA DE CORTE BRONX                     | Taller de Metalistería          |
| 6  | MAQUINA PUNZONADORA; MOD:210 AD/16         | Taller de Metalistería          |
| 7  | ROLADORA DE LÁMINAS HIDRAULICA             | Taller de Metalistería          |
| 8  | MAQUINA ANGULADORA/DOBLADORA BRONX         | Taller de Metalistería          |
| 9  | CIZALLA DE CORTE EDWARDS                   | Taller de Metalistería          |
| 10   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL MILLER 1           | Taller de Metalistería          |
| 11   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL MILLER 2           | Taller de Metalistería          |
| 12   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL MILLER 3           | Taller de Metalistería          |
| 13   | EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN 1           | Taller de Metalistería          |
| 14   | EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN 2           | Taller de Metalistería          |
| 15   | LAPEADORA 24SS2                            | Taller de sellos y Gobernadores |
| 16   | LAPEADORA SS36H                            | Taller de sellos y Gobernadores |
| 17   | LAVADORA DE ULTRASONIDO                    | Taller de sellos y Gobernadores |
| 18   | TALADRO DE PEDESTAL                        | Taller de sellos y Gobernadores |
| 19   | BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES            | Taller de sellos y Gobernadores |

El desarrollo de la estrategia de mantenimiento se inicia con el reconocimiento de los activos. En el numeral 7.2 se muestran las características de funcionamiento y el contexto operacional de cada uno de los equipos.

## 7.2 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS

7.2.1 Equipo de lavado Hidrojet. El sistema de lavado Hidrojet, incorpora un motor diésel biturbo y una bomba recíprocante de agua de alta presión (30.000 psi). Se encuentra acoplado a una base rígida de perfiles en hierro, que permite transportarlo con montacargas. Genera un chorro de agua que se envía hasta la zona de lavado por medio de mangueras de alto calibre, con entrega de caudal a alta velocidad que permite retirar todo tipo de impurezas en los intercambiadores. En la figura 18 se muestra el equipo de lavado Hidrojet.

**Figura 18. Equipo de lavado Hidrojet**



En la refinería de Barrancabermeja el equipo de lavado es de gran utilidad, ya que permite realizar el mantenimiento mayor de los intercambiadores de calor, que se retiran de cada una de las plantas de proceso. En algunos casos cuando se realiza mantenimiento correctivo por fallas imprevistas en los intercambiadores, se cambian haces de tubos o elementos internos del intercambiador, lo que requiere el uso del equipo para retirar el fluido acumulado en el interior. El sistema de lavado de alta presión se localiza en el taller de intercambiadores de la GRB – Ecopetrol S.A.

7.2.2 Tanque De Almacenamiento De Agua. Este recipiente cerrado de almacenamiento de agua, contiene 750 galones de fluido en su interior a una altura de 3 metros sobre el nivel del equipo al cual es suministrado el contenido. El tanque posee un manhole de acceso por la parte superior, una válvula que regula el nivel del agua en su interior y una mirilla de nivel que permite llevar un control visual de la altura de contenido dentro del depósito. En la figura 19 se muestra el conjunto del tanque de almacenamiento con su estructura.

**Figura 19. Tanque de almacenamiento de agua**



El conjunto se encuentra ubicado en el taller de lavado de intercambiadores de la empresa y esta soportado en una estructura rígida, estable y segura construida de perfiles industrial tipo I, lo que asegura la integridad del equipo y la elevación requerida para que el efecto de la gravedad dirija agua de manera continua hacia el depósito de la máquina de lavado Hidrojet expuesta en el numeral 7.2.1.

7.2.3 Extractor De Haces, Autopropulsado Idrojet. Un extractor de haces es un equipo actual propulsado por un motor diésel que retira el conjunto de tubos de un intercambiador de calor sin la necesidad de retirar el casco de su punto de anclaje. En la figura 20 se muestra el Extractor de Haces, autopropulsado Idrojet.

**Figura 20. Extractor de Haces, Autopropulsado Idrojet.**



La libertad de movimiento en los tres ejes de este equipo extractor de haces de tubos de intercambiadores, contiene un sistema avanzado de hidráulica que le permite moverse de tal manera que una vez anclado al piso mediante los 4 estabilizadores e identificado el haz a ser extraído del casco, eleva la plataforma y acerca el cabezal de arrastre del haz hasta conseguir que el conjunto de tubos quede bien asegurando al equipo extractor, iniciando así a velocidad constante el retiro del haz de tubos del intercambiador y llevarlo a nivel de piso para proceder con las tareas de mantenimiento planteadas en el Plan detallado de trabajo que se le realiza a equipo estático de esta envergadura dentro de las plantas de la refinería.

7.2.4 Cabina de Lavado Abrasivo - Sponge-Jet. Este sistema de lavado expulsa una mezcla de material abrasivo (Sponge - media) con aire a alta presión, a través de una boquilla de control de flujo. La aplicación del abrasivo en las partes se realiza en una cabina aislada con el objetivo de reducir el ruido y la pérdida de medios al ambiente exterior. Además de tener un sistema que succiona los granulos abrasivos de los silos de almacenamiento, se tiene una unidad de reciclaje, para recuperar los granulos de la cabina y enviarlos nuevamente al sistema de inyección de mezcla abrasiva. En la figura 21 se muestra la cabina de lavado abrasivo.

**Figura 21. Cabina de Lavado Abrasivo - Sponge-Jet**



En la refinería, el equipo es usado para las tareas de limpieza de las diferentes partes de los equipos (bombas, compresores, válvulas, etc.) que llegan al taller de mecánica para realizar tareas de mantenimiento. Es necesario utilizar este tipo de limpieza, debido a las impurezas sólidas que se acumulan en las superficies de las partes. El equipo se ubica en el taller de mecánica de la GRB – Ecopetrol S.A.

7.2.5 Cizalla De Corte Bronx. La cizalla Bronx. Es un equipo electro-neumático de corte, para piezas metálicas de calibres bajos (hasta 3/16” de acero carbono). La cuchilla de corte es accionada por un clutch neumático que permite la transmisión de movimiento desde el motor eléctrico hasta el reductor de engranajes, solidario a la cuchilla de corte, y así se ejerce la fuerza necesaria para realizar el corte. En la figura 22 se muestra la cizalla de corte Bronx.

**Figura 22. Cizalla de corte Bronx**



El equipo de corte Bronx se encuentra en el taller de metalistería de la Refinería de Barrancabermeja y apoya el proceso de construcción de aislamientos de tubería y placas protectoras para equipos, necesarios en las plantas de proceso de la refinería.

7.2.6 Cizalla De Corte Edwars. Esta cizalla es una máquina de corte de láminas de alto calibre, equipada con un sistema hidráulica de alta presión con la que ejecuta cortes limpios sin alterar las características del material con temperaturas elevadas. Dos cilindros alojados en cada extremo de la máquina, acercan la cuchilla y entregar la carga hidráulica sobre el material para ser seccionado por la línea que se ha demarcado. En la figura 23 se muestra la máquina.

**Figura 23. Cizalla de corte Edwars**



En la refinería la máquina está dispuesta para fragmentar los revestimientos de lámina con los que se reparan las paredes de los reactores de craqueo catalítico, tambores, torres y convertidores que operan en las plantas de la Empresa. La máquina se encuentra ubicada en el taller de metalistería de la Refinería.

7.2.7 Punzonadora; Mod: 210 Ad/16. La punzonadora es un equipo para troquelado de piezas metálicas de  $\frac{1}{4}$  a  $1\frac{1}{8}$ , corte de ángulos hasta de 4", corte de láminas y corte triangulares para ángulos. La potencia es generada por un motor eléctrico y transmitida por un sistema de correas y engranajes. Además cuenta con dados para realizar diferentes tipos de conformado en piezas metálicas. En la figura 24 se muestra la punzonadora.

**Figura 24. Punzonadora, Mod: 210 Ad/16**



En la refinería, este equipo es usado para apoyar los procesos de conformado de chapas metálicas que se usan en las estructuras de las plantas de proceso. Se encuentra ubicada en el taller de metalistería del departamento de mantenimiento de la GRB – Ecopetrol S.A.

7.2.8 Roladora De Láminas Hidráulica. Es un equipo para dar forma curva a láminas de espesor máximo de  $\frac{3}{4}$ ". Para tal objetivo, la lámina es acercada a la máquina y asegurada con tres cilindros ubicados de forma triangular y en dirección longitudinal al equipo, los cuales están articulados y son desplazados entre sí por medio de cilindros hidráulicos permitiendo ser ubicados en la posición inicial para conseguir la curva que se requiera de manera progresiva hasta obtener el resultado establecido. En la figura 25 se muestra la roladora de láminas hidráulica.

**Figura 25. Roladora de Láminas Hidráulica.**



El curvado de revestimientos para reparación de tanques, torres y reactores de craqueo catalítico, así como la fabricación de ductos y reducciones de gran diámetro son las principales aplicaciones del equipo dentro de la industria de Ecopetrol S.A. El equipo se encuentra ubicado en el Taller de metalistería de la Refinería.

7.2.9 Anguladora/Dobladora Bronx. Es un equipo compacto de alta capacidad en doblado de láminas metálicas con espesores de hasta 5/8". El principio fundamental de funcionamiento son dos tornillos de potencia que por medio de un motor de eléctrico y reductores de velocidad, giran ajustando el perfil intercambiable de doblado contra la placa metálica. Los perfiles con los que la maquina cuenta para hacer doblados difieren en ángulos de 30, 45 y 90. En la Figura 26 se muestra la Anguladora/Dobladora Bronx.

**Figura 26. Anguladora – Dobladora Bronx**



El doblado de láminas de acero al carbón a 90 y 45 grados realizados con este equipo, son implementados comúnmente en la empresa para fabricación de plataformas y soportes tanto de equipos estáticos como de bancos de tubería de las plantas de la Refinería. La máquina está ubicada en el taller de metalistería de la empresa.

7.2.10 Extractor De Humo Móvil Miller. Es un sistema de extracción móvil para los humos que emiten los procesos de soldadura. Un ventilador accionado por un motor eléctrico, succiona aire por medio de un brazo de extracción y un filtro en la campana de entrada. Es usado por los soldadores en recintos cerrados para todos los procesos de aplicación de soldadura y corte por plasma, en elementos que no es posible mover fácilmente del sitio de trabajo y es necesario movilizar el extractor a estos lugares. Se encuentran ubicados en el taller de metalistería de la refinería de Barrancabermeja. En la figura 27 se muestra el extractor de humo Miller.

**Figura 27. Extractor de humo Miller**



7.2.11 Extractor De Humo Fijo Lincoln. Es un sistema de extracción para los humos que emiten los procesos de soldadura. Un ventilador accionado por un motor eléctrico, succiona aire por medio de un ducto principal, del cual se derivan varios ductos para los diferentes puestos de trabajos de los soldadores.

El sistema cuenta con un filtro general, con modo de auto-limpieza para evitar acumulación de escorias de soldadura. Es utilizado por los soldadores en cuatro cubículos de trabajo para realizar los procesos de aplicación de soldadura y corte por plasma. Se encuentran ubicados en el taller de metalistería de la refinería de Barrancabermeja. En la figura 28 se muestra el extractor de humo fijo Lincoln.

**Figura 28. Extractor de humo fijo Lincoln**



7.2.12 Lapeadora Lapmaster 24ss2 & SS36H. Es un equipo utilizado para dar planitud a piezas donde se requiere mínimos niveles de rugosidad. El sistema funciona con un plato central acoplado a un moto-reductor sinfín corona. Dosificadores entregan material abrasivo (estaño-aceite) proveniente de un depósito, el cuál se suspende en el plato giratorio, al colocar las piezas a trabajar sobre éste, anillos fijos inmovilizan la pieza y permiten la fricción entre las caras y el abrasivo. En la figura 29 se muestra la lapeadora SS36H.

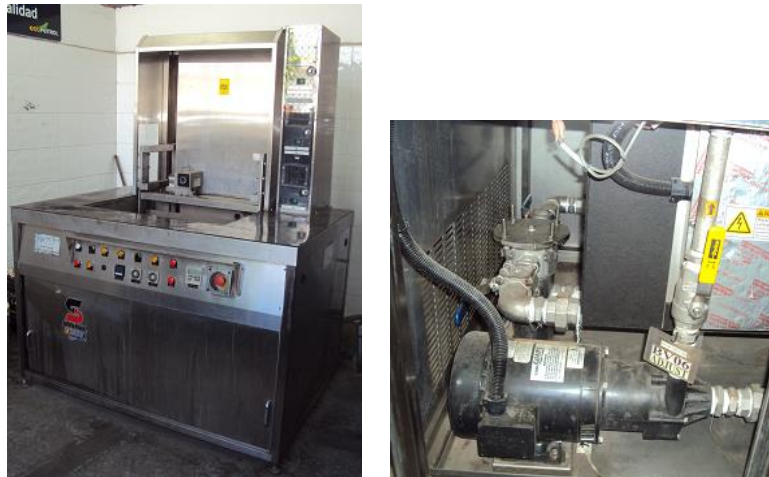
**Figura 29. Lapeadora SS36H**



Estos equipos realizan el proceso de eliminar la rugosidad en las caras de los sellos mecánicos cuando se reparan las bombas centrífugas de las diferentes plantas de la refinería. Se encuentran ubicados en el taller de sellos y gobernadores.

7.2.13 Lavadora De Ultrasonido. Este equipo de lavado utiliza el ultrasonido (generalmente de 20- 400 kHz) emitido en una solución de limpieza, el cual elimina los residuos a nivel microscópico de las piezas que se sumergen. El principio de la limpieza ultrasónica es el rompimiento de los enlaces mecánicos de las partículas acumuladas en la superficie de las piezas. Un sistema de bombeo recircula la solución para filtrar los residuos, con el fin de evitar que se interrumpa el viaje de las ondas de ultrasonido. En la figura 30 se muestra la lavadora de ultrasonido.

**Figura 30. Lavadora de ultrasonido**



7.2.14 Taladro De Pedestal. El taladro de pedestal es un equipo de perforación con dirección de trabajo vertical, abierto a diversas posiciones de ubicación de la pieza de trabajo y a variables rutinas de operación. Este equipo permite posicionar la mesa de trabajo cerca o lejos de la herramienta de corte y orientarla de forma horizontal o inclinada si así se requiere. Su compacta caja de transmisión permite que se le realicen cambios en la velocidad de giro del husillo y en la velocidad de perforación, con la opción de ajustar la profundidad del agujero de no ser necesaria pasar toda la pieza. En la figura 31 se aprecia el Taladro de Pedestal.

**Figura 31. Taladro de Pedestal**



Una característica relevante, es que el husillo del taladro admite herramientas con diámetros desde 1/8" hasta 3/4 de pulgada. En este caso, corregir agujeros y hacer nuevas perforaciones en piezas fabricadas para reacondicionar equipos, son los procedimientos en los que más se da uso a la maquina dentro de la empresa. El sitio estático del Taladro es el taller se sellos y gobernadores donde es dispuesto para los trabajos requeridos de reparaciones día a día de plantas y equipos en general.

7.2.15 Banco De Prueba De Gobernadores. El banco de prueba es un equipo asistido hidráulicamente que permite calibrar los gobernadores de actuadores como bombas y motores. Cuenta con una bomba hidráulica que envía hacia el equipo una presión de aceite entre 0 y 100 psi a una temperatura controlada no mayor a 93°C, mientras el actuador es propulsado por un servomotor que gira entre 0 y 2900 rpm.

Durante la operación del actuador, el gobernador empieza su función ajustando la presión requerida, de esta manera en un manómetro conectado al gobernador el especialista encargado de realizar procedimientos de ajuste puede visualizar la presión a la que actúa el gobernador e iniciar con la calibración recomendada, que en promedio oscila entre 200 y 600 psi dependiendo de los parámetros de operación del sistema al que corresponde el equipo en prueba. En la figura 32 se muestra el Banco de prueba de Gobernadores y sus indicadores.

**Figura 32. Banco de prueba de gobernadores.**



La refinería cuenta con equipos comandados por gobernadores hidráulicos que luego de una reparación requieren pasar por este banco de prueba para garantizar el proceso en el que el equipo interviene, alejando así, todo riesgo que en una

planta se puede presentar por la puesta en marcha de un equipo con invalidados y empíricos procedimientos de calibración.

### 7.3 CATALOGACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

En el proceso de gestionar el mantenimiento para los activos, reconocer las características técnicas e implementar un código que los identifique, permite organizar la información referente a la administración del activo y del mantenimiento, además referenciar el contexto operativo en la empresa.

7.3.1 Codificación. Un paso necesario en el desarrollo de la gestión de mantenimiento, es la codificación de los equipos, con un número de identificación categorizado y correspondiente a cada uno. La codificación de los equipos, se refiere al registro o TAG que lo representa, en este caso dentro del sistema de información Ellipse<sup>50</sup> empleado para la gestión del mantenimiento en la Gerencia Refinería Barrancabermeja GRB – Ecopetrol S.A. El registro de identificación o TAG implementado, se basa en el modelo utilizado en la empresa. En la figura 33, se muestra los niveles que integran el registro.

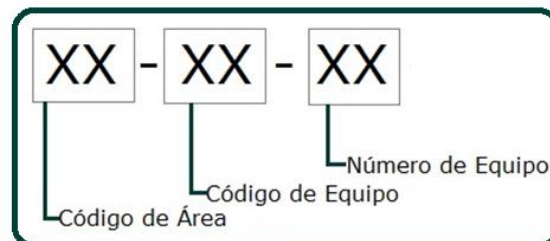
**Figura 33. Niveles para la codificación**



<sup>50</sup> MINCOM ELLIPSE. Sistema de información de mantenimiento

El código es asignado a cada uno de los activos, y se identifica como se muestra en la figura 34.

**Figura 34. Estructura de la codificación**



El código de área representa el lugar donde se encuentra ubicado o asignado el activo, representado por tres letras que identifican el nombre de los talleres. El código de equipo representa el activo mediante tres letras asociadas al nombre con el que se conoce en la empresa y el número de equipo es un valor relacionado con la cantidad de equipos idénticos existentes en la misma ubicación. En la tabla 5, se muestran los códigos asignados a cada uno de los talleres del departamento de mantenimiento, en los cuales se ubican los equipos para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 5. Código de área para los talleres**

| AREA                            | CÓDIGO     |
|---------------------------------|------------|
| Taller de Metalistería          | <b>MET</b> |
| Taller de Sellos y Gobernadores | <b>SGO</b> |
| Taller de Intercambiadores      | <b>INT</b> |
| Taller de Mecánica              | <b>MEC</b> |

En la tabla 6 se muestra la codificación de cada uno de los equipos, necesaria para identificar y almacenar la información referente al mantenimiento, en el sistema de gestión Ellipse de la refinería<sup>51</sup>.

**Tabla 6. Codificación o TAG de los activos**

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>COFIDICACIÓN DE EQUIPOS</b> |  |     |                                 |     |            |
|--|--|-----|---------------------------------|-----|------------|
| No.  | EQUIPO                                     | COD | AREA                            | COD | TAG        |
| 1  | Equipo de Lavado Hidrojet                  | LAV | Taller de Intercambiadores      | INT | INT-LAV-01 |
| 2  | Tanque de Almacenamiento de Agua           | TAN | Taller de Intercambiadores      | INT | INT-TAN-01 |
| 3  | Extractor De Haces, Autopropulsado Idrojet | EXH | Taller de Intercambiadores      | INT | INT-EXH-01 |
| 4  | Cabina de Lavado Abrasivo - Sponge-Jet     | CAB | Taller de Mecánica              | MEC | MEC-CAB-01 |
| 5  | Cizalla de Corte Bronx                     | CIZ | Taller de Metalistería          | MET | MET-CIZ-01 |
| 6  | Cizalla de Corte Edwars                    | CIZ | Taller de Metalistería          | MET | MET-CIZ-02 |
| 7  | Punzonadora; Mod:210 Ad/16                 | PUN | Taller de Metalistería          | MET | MET-PUN-01 |
| 8  | Roladora de Láminas Hidraulica             | ROL | Taller de Metalistería          | MET | MET-ROL-01 |
| 9  | Anguladora/Dobladora Bronx                 | DOB | Taller de Metalistería          | MET | MET-DOB-01 |
| 10   | Extractor de Humo Móvil Miller 1           | EXM | Taller de Metalistería          | MET | MET-EXM-01 |
| 11   | Extractor de Humo Móvil Miller 2           | EXM | Taller de Metalistería          | MET | MET-EXM-02 |
| 12   | Extractor de Humo Móvil Miller 3           | EXM | Taller de Metalistería          | MET | MET-EXM-03 |
| 13   | Extractor de Humo Fijo Lincoln 1           | EXF | Taller de Metalistería          | MET | MET-EXF-01 |
| 14   | Extractor de Humo Fijo Lincoln 2           | EXF | Taller de Metalistería          | MET | MET-EXF-02 |
| 15   | Lapeadora 24ss2                            | LAP | Taller de sellos y Gobernadores | SGO | SGO-LAP-01 |
| 16   | Lapeadora Ss36h                            | LAP | Taller de sellos y Gobernadores | SGO | SGO-LAP-02 |
| 17   | Lavadora de Ultrasonido                    | ULT | Taller de sellos y Gobernadores | SGO | SGO-ULT-01 |
| 18   | Taladro de Pedestal                        | TAL | Taller de sellos y Gobernadores | SGO | SGO-TAL-01 |
| 19   | Banco De Prueba de Gobernadores            | BPG | Taller de sellos y Gobernadores | SGO | SGO-BPG-01 |

<sup>51</sup> ECOPEPETROL S.A. Gerencia Refinería Barrancabermeja


7.3.2 Catalogación. Los datos de cada uno de los equipos, se registra en un formato diseñado y definido por los autores del proyecto como ficha técnica. El diseño del formato se basa en los requerimientos de la norma ISO-14224<sup>52</sup> para la recolección de datos de mantenimiento de equipos.

La estructura de la ficha técnica se establece con los siguientes parámetros: encabezado, identificación, datos de fábrica, datos de operación, datos de registro, componentes, observaciones, facilitador y revisor.

**Encabezado:** En esta sección se colocan los datos relacionados con la empresa, el código del formato (planteado por los autores del proyecto) y la versión de actualización del formato.

**Identificación:** La identificación del equipo representa los datos relacionados con: el registro (TAG) definido previamente en el numeral 7.3.1. Las características relacionadas con la clasificación del equipo y el número de serie dado por el fabricante. En la Figura 35 se muestra la sección de identificación del formato ficha técnica relacionada con el equipo de lavado de alta presión.

**Figura 35. Ficha técnica: datos de identificación del equipo**

|   |   |                            |                        |                    |
|---|---|----------------------------|------------------------|--------------------|
|  | <b>FICHA TÉCNICA</b>  |                            |                        | <b>PMA-PMA-001</b> |
|   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                            |                        | Versión 1          |
|   |   |                            |                        | Hoja 1 de 1        |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |   |                            |                        |                    |
| <b>TAG</b>  | <b>CLASE DE UNIDAD</b>  | <b>APLICACIÓN</b>          | <b>CODIGO</b>          |                    |
| INT-LAV-01  | BOMBA DE ALTA PRESIÓN DIESEL  | LAVADO DE INTERCAMBIADORES | LAV                    |                    |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>   |   | <b>NOMENCLATURA</b>        | <b>NUMERO DE SERIE</b> |                    |
| BOMBEO RECIPROCANTE   |   | BR                         | 5145 11-42848B 472848  |                    |

<sup>52</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos – ISO 14224. 1999

**Datos de fábrica.** Esta sección incluye el fabricante y el modelo del equipo. Además los valores de diseño definidos por el fabricante. En la parte derecha se ubica un registro fotográfico general del activo. En la figura 36 se muestran los datos de fábrica del equipo de lavado de alta presión.

**Figura 36. Ficha técnica: datos de fábrica**

| DATOS DE FÁBRICA          |                    |
|---------------------------|--------------------|
| FABRICANTE                |                    |
| AQUA ENERGY               |                    |
| MODELO                    |                    |
| C-500-PU158TI             |                    |
| CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO |                    |
| FLUJO DE AGUA             | 1000 bar@200 l/min |
| CAPACIDAD DEPOSITO AGUA   | 500 [L]            |
| CANT. DE ACEITE BOMBA     | 47 [L]             |
| PRESION MAX BOMBA         | 2068 [Bar]         |
| POTENCIA MOTOR DIESEL     | 2100 KW            |
| CANT. DE ACEITE MOTOR     | 30 [L]             |
| CAPACIDAD DEPOSITO ACPM   | 480 [L]            |
| PESO                      | 5 Ton.             |
| DIMENSION ESTRUCTURAL     | 1229X1140X1205 mm  |



Datos de operación. En esta parte de la ficha técnica se indican: el modo de operación de los periodos de funcionamiento, el año de instalación del activo en la refinería, el período de seguimiento por parte del supervisor del taller para verificar aplicación del mantenimiento, los parámetros operativos y el entorno donde funciona el activo. En la figura 37 se muestran los datos de operación del equipo de lavado de alta presión.

**Figura 37. Ficha técnica: datos de operación**

| DATOS DE OPERACIÓN                            |  |                        |
|---|--|------------------------|
| MODO DE OPERACIÓN                             | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE                   | 2005   | MENSUAL                |
| PARÁMETROS OPERATIVOS                         | FLUJO DE AGUA; 1000 bar@200 l/min<br>TEMP. AGUA: 45 C<br>366 KW@366[RPM]; 396 KW@ 1760[RPM]; 2100 KW@2100[RPM]<br>753 [L/KW*h] |                        |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias) | AMBIENTE INTERIOR  |                        |
| MODERADO (Exposición al ambiente)             | FLUIDO AGUA Y ACEITE LIBRE DE PARTICULAS   |                        |

**Datos de registro.** La información relacionada con la administración del activo se ingresa en esta sección. El custodio es la persona que administra el activo y el registro es su número de identificación interno de Ecopetrol S.A. La unidad productiva y el centro de costo se refieren a las características de asignación del taller en el sistema Ellipse. El número de inventario es el registro de activos de la base de información general de la empresa y la orden de compra el código con el que se adquirió el activo. En la figura 38 se muestra los datos de registro del equipo de lavado de alta presión.

**Figura 38. Ficha técnica: datos de registro**

| DATOS DE REGISTRO |                 |                          |                            |
|-------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| CUSTODIO          | REG.            | OPERADOR (ES)            | UBICACIÓN                  |
| MAURICIO ACUÑA    | E0203225        | CONTRATISTAS CALIFICADOS | TALLER DE INTERCAMBIADORES |
| UNIDAD PRODUCTIVA | CENTRO DE COSTO | NUMERO DE INVENTARIO     | ORDEN DE COMPRA            |
| METALIST - INT    | MRF0904         | 7014132                  | O152648                    |

**Componentes y observaciones.** En esta sección se asocian los componentes del activo. Las observaciones se refieren al tipo de seguridad necesaria para operar o intervenir, los documentos disponibles del activo y en la parte inferior las personas involucradas en el diseño e ingreso de información del formato de ficha técnica. En la figura 39 se muestran los componentes y observaciones del equipo de lavado de alta presión.

**Figura 39. Ficha técnica: componentes y observaciones**

| COMPONENTES   |  |
|---|--|
| MOTOR DIÉSEL BITURBO 8V DOOSAN  | DEPÓSITOS DE AGUA Y COMBUSTIBLE                              |
| BOMBA RECIPROCANTE DE 3 PISTONES  | REFRIGERACIÓN DEL MOTOR DIÉSEL                               |
| ENFRIADOR DE ACEITE DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN   | CONJUNTO DE BATERÍAS   |
| FILTRO DE AGUA DE ALTA CAPACIDAD DE RETENCIÓN   |  |
| TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR BANDAS  |  |
| OBSERVACIONES   |  |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación   |  |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes de baqueta y calzado cerrado antideslizante, casco, tapa oídos y traje impermeable. |  |
| Se requiere la presencia del operador supervisando el funcionamiento y los procedimientos de uso del equipo.                |  |
|   |  |
|   |  |
| FICHA TÉCNICA   |  |
| <b>ELABORÓ</b>  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |
| <b>Revisó</b>   | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA                          |

En la figura 40 se muestra el formato de ficha técnica del equipo de lavado de alta presión.

NOTA: Las fichas técnicas de cada uno de los equipos a los cuales se les aplica la gestión de mantenimiento se muestran en el anexo ANEXO A.

Figura 40. Ficha técnica del equipo de lavado de alta presión

|    |  | FICHA TÉCNICA  |  | PMA-PMA-001                                       |  |
|---|--|--|--|---|--|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  |  | Versión 1<br>Hoja 1 de 1                          |  |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |  |  |  |   |  |
| <b>TAG</b>  |  | <b>CLASE DE UNIDAD</b>   |  | <b>APLICACIÓN</b>                                 |  |
| INT-LAV-01  |  | BOMBA DE ALTA PRESIÓN DIESEL   |  | LAVADO DE INTERCAMBIADORES                        |  |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>   |  | <b>NOMENCLATURA</b>  |  | <b>NUMERO DE SERIE</b>                            |  |
| BOMBEO RECIPROCANTE   |  | BR   |  | 5145 11-42848B 472848                             |  |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |  |  |  |   |  |
| <b>FABRICANTE</b>   |  |  |  |   |  |
| AQUA ENERGY   |  |  |  |   |  |
| <b>MODELO</b>   |  |  |  |   |  |
| C-500-PU158TI   |  |  |  |   |  |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |  |  |  |   |  |
| FLUJO DE AGUA   |  | 1000 bar@200 l/min   |  |   |  |
| CAPACIDAD DEPOSITO AGUA   |  | 500 [L]  |  |   |  |
| CANT. DE ACEITE BOMBA   |  | 47 [L]   |  |   |  |
| PRESION MAX BOMBA   |  | 2068 [Bar]   |  |   |  |
| POTENCIA MOTOR DIESEL   |  | 2100 KW  |  |   |  |
| CANT. DE ACEITE MOTOR   |  | 30 [L]   |  |   |  |
| CAPACIDAD DEPOSITO ACPM   |  | 480 [L]  |  |   |  |
| PESO  |  | 5 Ton.   |  |   |  |
| DIMENSION ESTRUCTURAL   |  | 1229X1140X1205 mm  |  |   |  |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |  |  |  |   |  |
| <b>MODO DE OPERACIÓN</b>  |  | <b>AÑO DE INSTALACIÓN</b>  |  | <b>PERIODO DE SEGUIMIENTO</b>                     |  |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE   |  | 2005   |  | MENSUAL   |  |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>  |  | FLUJO DE AGUA; 1000 bar@200 l/min<br>TEMP. AGUA: 45 C<br>366 KW@366[RPM]; 396 KW@ 1760[RPM]; 2100 KW@2100[RPM]<br>753 [L/KW*h] |  |   |  |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>  |  |  | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>                 |   |  |
| MODERADO (Exposición al ambiente)   |  |  | FLUIDO AGUA Y ACEITE LIBRE DE PARTICULAS |   |  |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |  |  |  |   |  |
| <b>CUSTODIO</b>   |  | <b>REG.</b>  |  | <b>OPERADOR (ES)</b>                              |  |
| MAURICIO ACUÑA  |  | E0203225   |  | CONTRATISTAS CALIFICADOS                          |  |
| <b>UNIDAD PRODUCTIVA</b>  |  | <b>CENTRO DE COSTO</b>   |  | <b>NUMERO DE INVENTARIO</b>                       |  |
| METALIST - INT  |  | MRF0904  |  | 7014132   |  |
|   |  |  |  | <b>ORDEN DE COMPRA</b>                            |  |
|   |  |  |  | O152648   |  |
| <b>COMPONENTES</b>  |  |  |  |   |  |
| MOTOR DIÉSEL BITURBO 8V DOOSAN  |  |  | DEPÓSITOS DE AGUA Y COMBUSTIBLE          |   |  |
| BOMBA RECIPROCANTE DE 3 PISTONES  |  |  | REFRIGERACIÓN DEL MOTOR DIÉSEL           |   |  |
| ENFRIADOR DE ACEITE DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN   |  |  | CONJUNTO DE BATERÍAS                     |   |  |
| FILTRO DE AGUA DE ALTA CAPACIDAD DE RETENCIÓN   |  |  |  |   |  |
| TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR BANDAS  |  |  |  |   |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |  |  |   |  |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación   |  |  |  |   |  |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes de baqueta y calzado cerrado antideslizante, casco, tapa oídos y traje impermeable. |  |  |  |   |  |
| Se requiere la presencia del operador supervisando el funcionamiento y los procedimientos de uso del equipo.                |  |  |  |   |  |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |  |  |  |   |  |
| <b>ELABORÓ</b>  |  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS   |  | <b>Revisó</b> Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |  |



## 7.4 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD A LOS EQUIPOS

Una vez planteada la catalogación y codificación de los 19 equipos, es favorable para la empresa que tras seguir una jerarquización de los activos, se determine cuáles de ellos están dentro del rango crítico consiguiendo de esta manera, brindar un enfoque directo de la estrategia de mantenimiento hacia estos equipos.

La valoración crítica de los 19 activos es el alcance primordial de este análisis, determina de manera razonable como se ubican los equipos en el campo crítico para dar un tratamiento concerniente en cada caso, basado en las decisiones tomadas con las personas involucradas.


7.4.1 Factores involucrados para el análisis. Establecidas y realizadas las reuniones con los ingenieros de mantenimiento y una interacción con los operadores de los equipos, dio como resultado el aval de 6 factores importantes, 4 criterios por factor y una ponderación por criterio, que en el contexto operacional de los activos brindan una perspectiva confiable para la evaluación crítica de los equipos en análisis. Los factores a seguir se describen como:

- Frecuencias de fallas (FF): Son el número de ocasiones que anualmente falla cualquier componente del sistema.
- Impacto operacional (IO): Determina como se afecta la empresa cuando ocurre el fallo.
- Tiempo medio por Parada: Es el tiempo promedio requerido para recuperar la función de equipo debido a cada falla.
- Flexibilidad de reparación: Corresponde a la disposición de los repuestos necesarios para corregir el fallo.

- Costo de reparación: Costo del mantenimiento correctivo necesario para corregir la función del activo
- Impacto en la seguridad y medio ambiente: Determina como impacta al ambiente y al recurso humano al ocurrir el fallo.

Los criterios y la ponderación del mismo, se consolidan junto a los factores en un formato adecuado para su rápida interpretación y lectura al evaluar cada equipo. En la tabla 7 se muestra el formato de ponderación de factores establecidos para la evaluación de los 19 activos.

Tabla 7. Ponderación de los factores de criticidad establecidos.

|  <b>ecopETROL</b> | <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>FACTORES PONDERADOS - ANÁLISIS DE CRITICIDAD</b> |   |                |
|--|---|---|----------------|
| <b>FACTOR</b>  | <b>COD.</b>   | <b>CRITERIOS</b>  | <b>Puntaje</b> |
| <b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>  | <b>FF</b>   | Mayor a 10 fallas por año   | 4              |
|  |   | Entre 5 y 10 fallas por año   | 3              |
|  |   | Entre 1 y 5 fallas por año  | 2              |
|  |   | Menor a 1 falla por año   | 1              |
| <b>IMPACTO OPERACIONAL</b>   | <b>IO</b>   | Afecta totalmente la continuidad de la operación  | 5              |
|  |   | Parada del sistema o subsistemas dependientes   | 4              |
|  |   | Impacta en niveles de inventario o calidad  | 2              |
|  |   | No genera efectos significativos sobre la operación y la producción                     | 1              |
| <b>TIEMPO MEDIO POR PARADA</b>   | <b>TP</b>   | Mayor a 12 horas por parada   | 7              |
|  |   | Entre 6 y 12 horas por parada   | 5              |
|  |   | Entre 3 y 6 horas por parada  | 3              |
|  |   | Menos de 3 horas por parada   | 1              |
| <b>FLEXIBILIDAD DE REPARACIÓN</b>  | <b>FR</b>   | No hay disposición de repuesto  | 3              |
|  |   | Repuesto disponible en fábrica  | 2              |
|  |   | Repuesto disponible en GRB - Ecopetrol S.A.   | 1              |
| <b>COSTO DE REPARACION</b>   | <b>CR</b>   | Mayor a 9 millones de pesos   | 7              |
|  |   | Entre 5 y 9 millones de pesos   | 5              |
|  |   | Entre 1 y 5 millones de pesos   | 3              |
|  |   | Menor a 1 millon de pesos   | 1              |
| <b>IMPACTO EN LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>  | <b>ISM</b>  | Afecta la seguridad humana, requiere la notificación de entes externos a Ecopetrol S.A. | 5              |
|  |   | Afecta el ambiente e instalaciones  | 4              |
|  |   | Provoca daños menores   | 2              |
|  |   | No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o el ambiente.                | 1              |

A cada equipo se le realiza una evaluación de los factores determinados, analizando los criterios que les involucra, y los resultados se recopilan cuidadosamente en un formato establecido en la tabla 8 para dar uso en la

determinación del valor de criticidad y valorar el equipo en la matriz correspondiente.

La integración de los factores de análisis en una expresión matemática es establecida en conjunto con los ingenieros de confiabilidad de la empresa, dan como resultado el valor de criticidad de la siguiente manera:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} * \textit{consecuencias}$$

Dónde:

$$\textit{Consecuencias} = A + B$$

$$A = (\textit{impacto operacional} * \textit{tiempo medio por parada})$$

$$B = \textit{Flexibilidad de reparación} + \textit{Costo de reparación} \\ + \textit{impacto en seguridad y medio ambiente}$$

De forma íntegra es:

$$\textit{Consecuencias} = (IO * TP) + FR + CR + ISM$$

7.4.2 Implementación de la matriz de criticidad. La determinación del nivel de criticidad en los equipos se realiza por medio de la matriz que involucra una relación directa de la frecuencia de falla con las consecuencias determinantes en la unidad. En la figura 41 se muestra una matriz de criticidad y la aplicación en el proceso.

**Figura 41. Matriz de criticidad**

|                      |   |              |    |    |    |    |
|----------------------|---|--------------|----|----|----|----|
| Frecuencia de Fallas | 4 | MC           | MC | C  | C  | 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 |    |    |    |    |

Fuente: PARRA, Carlos y RESTREPO, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. Autores del proyecto.

La integración de los resultados obtenidos por medio del método de análisis de factores ponderados y la valoración del equipo mediante la matriz de criticidad de la figura 41, permiten determinar que el equipo de lavado interno (INT-LAV-01) es una unidad crítica dentro del conjunto de activos que han sido tomados para análisis, equipo que es tomado en este punto como ejemplo del desarrollo del proyecto. En la tabla 8 se muestra la integración de los resultados del procedimiento de análisis de criticidad.


**Tabla 8. Resultado de la integración del procedimiento de análisis de criticidad.**

|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>FACTORES PONDERADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD POR EQUIPOS |                  |
|---|---|---|------------------|
| EQUIPO: Equipo de lavado interno  |   | TAG:  | INT-LAV-01       |
| CODIGO  | FACTOR  | VALOR   | CRITICIDAD TOTAL |
| FF  | FRECUENCIA DE FALLAS (Todas las fallas)               | 3   | <b>117</b>       |
| IO  | IMPACTO OPERACIONAL (Resultado de las fallas por año) | 4   |                  |
| TP  | TIEMPO MEDIO POR PARADA                               | 7   |                  |
| FR  | FLEXIBILIDAD DE REPARACIÓN                            | 3   |                  |
| CR  | COSTO DE REPARACIÓN                                   | 3   |                  |
| ISM   | IMPACTO EN LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE              | 5   |                  |
| -   | Consecuencias = (IO x TP) +FR+CR + ISM                | 39  |                  |
| <b>CRITICIDAD TOTAL= FF x Consecuencias</b>                                       |   |   |                  |
| <b>VALORACIÓN DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD</b>                                      |   | <b>CRITICO</b>  |                  |

En el ANEXO B se muestra el consolidado de la evaluación de factores ponderados de los equipos involucrados en el análisis.

La favorabilidad del proceso ha resultado en una lista jerárquica que se muestra en la tabla 9, que se dispone como anticipación para continuar con el desarrollo del proyecto, dividiendo el proyecto en 2 partes cuantificables, un proceso RCM aplicado a 4 equipos críticos y un proceso de mantenimiento preventivo dirigido a 15 equipos ubicados en el campo de media criticidad y no criticidad de la matriz establecida.

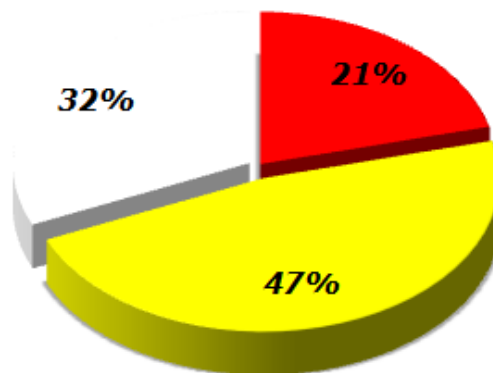
**Tabla 9. Criticidad de equipos**

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>CRITICIDAD DE EQUIPOS |  |            |                     |              |            |
|--|--|------------|---------------------|--------------|------------|
| No.  | EQUIPO                                     | TAG        | FRECUENCIA DE FALLA | CONSECUENCIA | CRITICIDAD |
| 1  | CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET     | MEC-CAB-01 | 3                   | 46           | 138        |
| 2  | LAPEADORA SS36H                            | SGO-LAP-02 | 3                   | 43           | 129        |
| 3  | EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                  | INT-LAV-01 | 3                   | 39           | 117        |
| 4  | BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES            | SGO-BPG-01 | 3                   | 35           | 105        |
| 5  | ROLADORA DE LÁMINAS                        | MET-ROL-01 | 3                   | 27           | 81         |
| 6  | CIZALLA DE CORTE EDWARDS                   | MET-CIZ-02 | 3                   | 26           | 78         |
| 7  | ANGULADORA/DOBLADORA BRONX                 | MET-DOB-01 | 2                   | 28           | 56         |
| 8  | CIZALLA DE CORTE BRONX                     | MET-CIZ-01 | 2                   | 26           | 52         |
| 9  | PUNZONADORA; MOD:210 AD/16                 | MET-PUN-01 | 2                   | 25           | 50         |
| 10   | LAVADORA DE ULTRASONIDO                    | SGO-ULT-01 | 2                   | 21           | 42         |
| 11   | TALADRO DE PEDESTAL                        | SGO-TAL-01 | 2                   | 20           | 40         |
| 12   | EXTRACTOR DE HACES, AUTOPROPULSADO IDROJET | INT-EXH-01 | 1                   | 27           | 27         |
| 13   | LAPEADORA 24SS2                            | SGO-LAP-01 | 1                   | 26           | 26         |
| 14   | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA           | INT-TAN-01 | 2                   | 11           | 22         |
| 15   | EXTRACTOR DE HUMO MILLER 1; MOD:MWX-S      | MET-EXM-01 | 2                   | 9            | 18         |
| 16   | EXTRACTOR DE HUMO MILLER 2; MOD:MWX-S      | MET-EXM-02 | 2                   | 9            | 18         |
| 17   | EXTRACTOR DE HUMO MILLER 3; MOD:MWX-S      | MET-EXM-03 | 2                   | 9            | 18         |
| 18   | EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN 2           | MET-EXF-02 | 2                   | 7            | 14         |
| 19   | EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN 1           | MET-EXF-01 | 2                   | 7            | 14         |

En la figura 42 se muestra la distribución global de la criticidad en los equipos.

**Figura 42. Distribución de la criticidad**

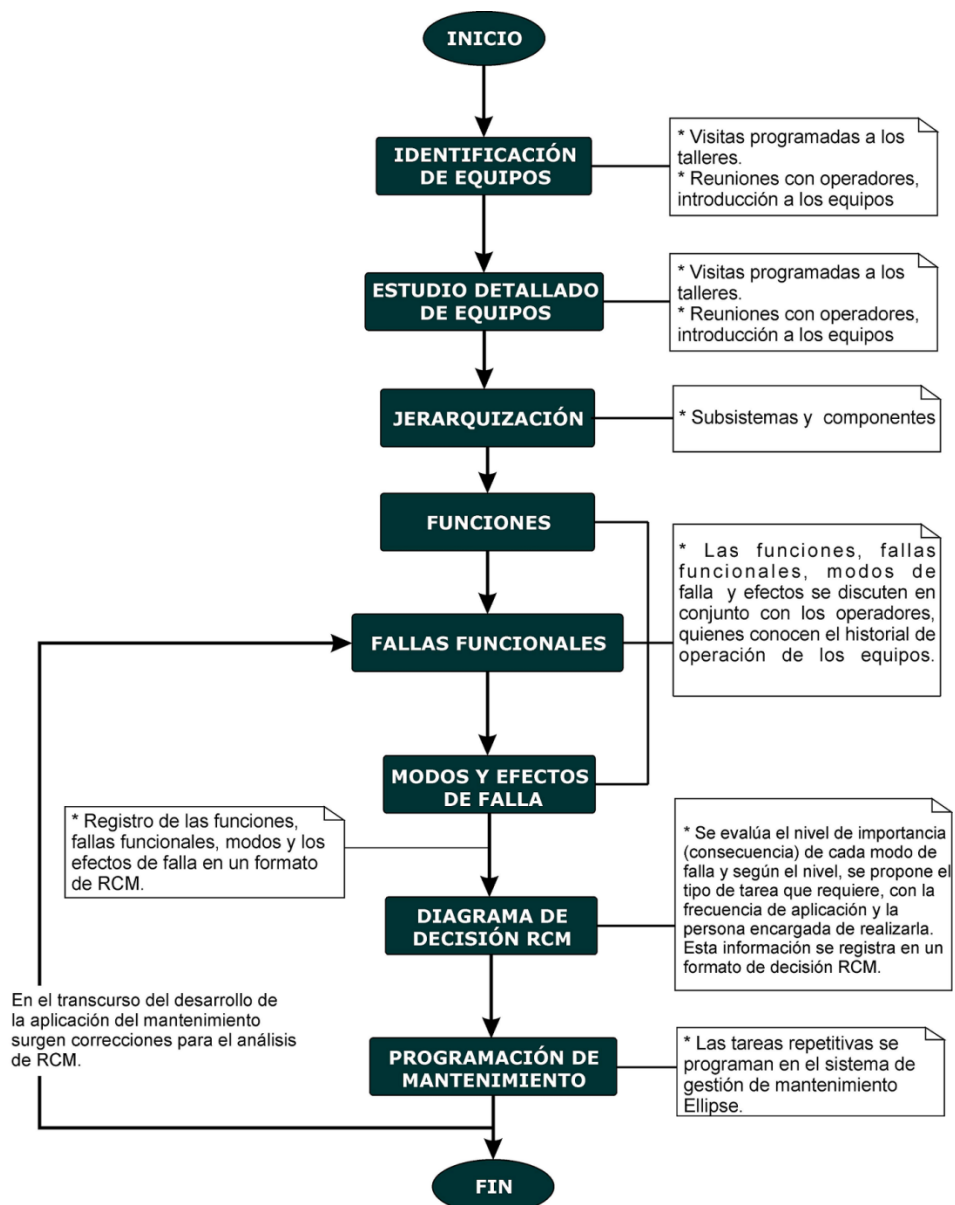
■ CRITICOS   
 ■ MEDIANAMENTE CRITICOS   
 ■ NO CRITICOS



## 7.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA EQUIPOS CRÍTICOS

El desarrollo del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) aplicado a los equipos críticos se establece como se muestra en la figura 43.

Figura 43. Diagrama de flujo de aplicación del RCM



7.5.1 Identificación de equipos. La identificación el reconocimiento de los equipos incluidos los críticos, se muestra en el numeral 7.1. Los equipos críticos se muestran en la tabla 10.

**Tabla 10. Equipos críticos**

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>EQUIPOS CRÍTICOS</b> |  |            |
|---|--|------------|
| <b>No.</b>  | <b>EQUIPO</b>                          | <b>TAG</b> |
| 1   | EQUIPO DE LAVADO HIDROJET              | INT-LAV-01 |
| 2   | CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET | MEC-CAB-01 |
| 3   | LAPEADORA SS36H                        | SGO-LAP-02 |
| 4   | BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES        | SGO-BPG-01 |

7.5.2 Jerarquización de los equipos. Para obtener un conocimiento detallado y una estructuración ordenada del proceso de identificación de funciones de cada activo, se plantea una jerarquía de las partes de cada uno, en el que se establece los componentes para cada sistema que lo conforma.

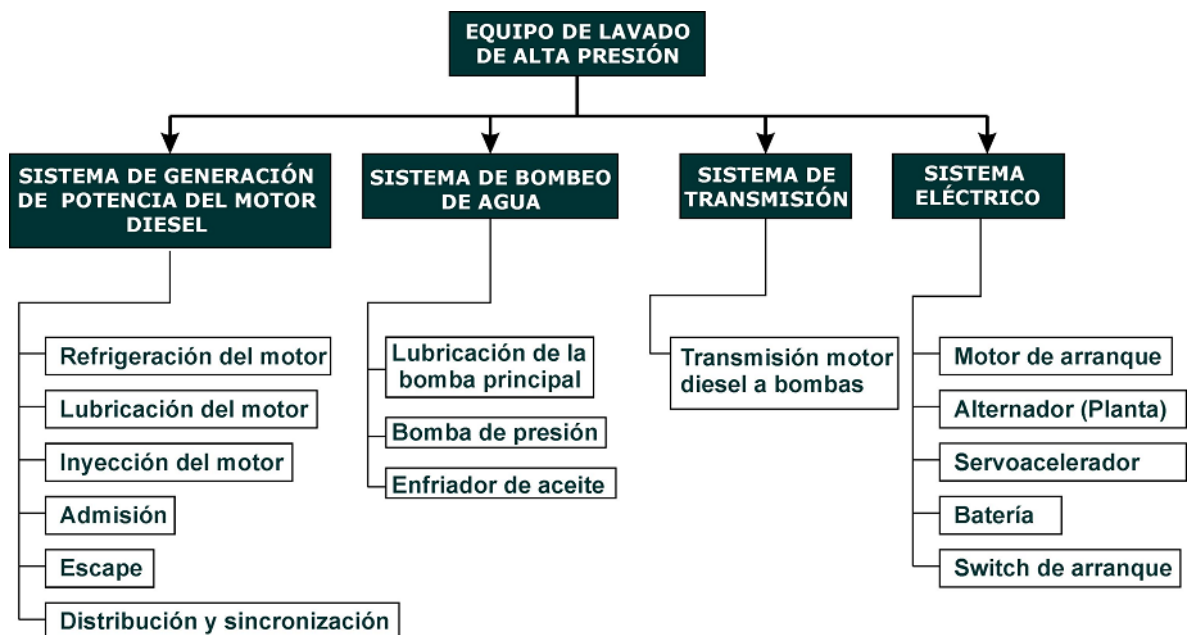
7.5.2.1 Jerarquía de partes de los equipos. En la figura 44 se muestra los sistemas que conforman el equipo de lavado Hidrojet. Los sistemas se organizan con los respectivos componentes en un marco ordenado, como se muestra en la figura 45.

NOTA: Los sistemas y la jerarquía de partes de los equipos críticos se encuentran en el Anexo C.

Figura 44. Sistemas del equipo de lavado de alta presión



Figura 45. Jerarquía de partes, equipo de alta presión



7.5.3 Funciones y fallas funcionales. Con la organización de componentes de los sistemas de cada uno de los equipos como se desarrolló en el numeral 7.5.2, permite la identificación de las funciones primarias y secundarias. La información necesaria para describir correctamente las funciones, se obtiene a partir de catálogos de equipos, información de la página WEB del fabricante y de la experiencia de los operadores mediante reuniones programadas. En la figura 46 se muestra la descripción de funciones de un componente del equipo de lavado de alta presión.

**Figura 46. Función primaria**

| SISTEMA   | COMPONENTE              | FUNCIÓN   |
|---|-------------------------|---|
| <b>SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL</b> | REFRIGERACION DEL MOTOR | Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de 80 oC para su funcionamiento optimo. |

A partir de la definición de funciones, se describe el evento que no permite cumplir con la función especificada. A esta evaluación se le denomina fallas funcionales y se explica en el numeral 5.4.2. En la figura 47 se muestran las fallas funcionales para uno de los componentes del equipo de lavado Hidrojet.

**Figura 47. Fallas funcionales**

| SISTEMA   | COMPONENTE              | FUNCIÓN   | FALLAS FUNCIONALES               |
|---|-------------------------|---|----------------------------------|
| <b>SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL</b> | REFRIGERACION DEL MOTOR | Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de 80 oC para su funcionamiento optimo. | Sobrecalentamiento               |
|   |                         |   | Consumo excesivo de refrigerante |


7.5.4 Análisis de modos y efectos de falla (AMEF). Las causas que producen una falla funcional son los modos de falla y con el fin de garantizar la funcionalidad del activo se analizan los modos de falla para evitar que ocurran. Las reuniones programadas con los operarios se hacen necesarias para caracterizar técnicamente las formas de falla y sus efectos, ya que no existe una fuente de información en la empresa donde se tenga registrado el historial de fallas de estos equipos. En la figura 48 se muestra el análisis de modos y efectos de falla para el componente de ejemplo mostrado en la figura 47.

**Figura 48. Modos y efectos de falla**

| MODOS DE FALLA                   | EFECTOS DE FALLA   |
|----------------------------------|--|
| Falta de refrigerante            | Esto permite la elevación de la temperatura del motor siendo indicada en el manómetro, calentándose hasta el punto de afectar el material de la culata ocasionando fracturas, quemando la junta y causando la parada del equipo por apagado del motor. La corrección requiere de 3 días de reparación para reemplazo de juntas, prueba de hermeticidad en la culata, abastecimiento de refrigerante y ajustes pertinentes. |
| Bomba de refrigerante defectuosa | Cuando la bomba de refrigerante no hace recirculación del fluido causa la elevación de la temperatura alcanzando hasta los 100 °C por la estanqueidad que se produce. La corrección requiere de 1 día de parada del equipo para reemplazo o reparación de la bomba.  |

7.5.5 Hoja de información RCM. La información relacionada con las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla para cada equipo, se integra y codifica en un formato diseñado por los autores del proyecto, basado en el formato establecido por John Moubray<sup>53</sup>. Con el fin de incluir los sistemas y componentes del equipo se agregan dos columnas en la parte izquierda del formato, con la siguiente información: sistema y componente, codificados de forma numeral y alfabética respectivamente.

**Figura 49. Formato hoja de información RCM**


|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>HOJA DE INFORMACIÓN RCM |          |   |             |         |         |            |                    |                |                | HRCM-001<br>Versión 1 |  |
|--|----------|---|-------------|---------|---------|------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------------|--|
| EQUIPO:  |          |   |             | MARCA:  |         | TAG:       |                    | FACILITADORES: |                | HOJA:                 |  |
|  |          |   |             | MODELO: |         | UBICACIÓN: |                    | AUDITOR:       |                | FECHA:                |  |
| SI   | SISTEMAS | C | COMPONENTES | F       | FUNCION | FF         | FALLAS FUNCIONALES | MF             | MODOS DE FALLA | EFECTOS DE FALLA      |  |
|  |          |   |             |         |         |            |                    |                |                |                       |  |
|  |          |   |             |         |         |            |                    |                |                |                       |  |

La hoja de información para el componente de refrigeración de motor del equipo de lavado Hidrojet se muestra en la figura 50.

NOTA: La hoja de información RCM de cada uno de los equipos críticos se encuentra en el anexo D.

<sup>53</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. P. 93.

Figura 50. Hoja de información equipo de lavado Hidrojet – Componente de refrigeración de motor Diesel

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACION RCM |  |                              |  |   |   | HRCM-001<br>Versión 1 |                    |    |                                  |  |  |   |
|--|--|------------------------------|--|---|---|-----------------------|--------------------|----|----------------------------------|--|--|---|
| <b>EQUIPO:</b><br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |  | <b>MARCA:</b> AGUA ENERGY    | <b>TAG:</b> MEC-LAV-01                                 | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA:</b><br>1 de 1  |                       |                    |    |                                  |  |  |   |
|  |  | <b>MODELO:</b> C-500-PU158TI | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | <b>FECHA:</b><br>15/07/2014   |                       |                    |    |                                  |  |  |   |
| SI   | SISTEMA  | C                            | COMPONENTE   | F   | FUNCIÓN   | FF                    | FALLAS FUNCIONALES | MF | MODOS DE FALLA                   | EFECTOS DE FALLA   |  |   |
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | A                            | REFRIGERACION DEL MOTOR                                | 1   | Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de 80 oC para su funcionamiento optimo. | A                     | Sobrecalentamiento | 1  | Falta de refrigerante            | Esto permite la elevación de la temperatura del motor siendo indicada en el manómetro, calentándose hasta el punto de afectar el material de la culata ocasionando fracturas, quemando la junta y causando la parada del equipo por apagado del motor. La corrección requiere de 3 días de reparación para reemplazo de juntas, prueba de hermeticidad en la culata, abastecimiento de refrigerante y ajustes pertinentes. |  |   |
|  |  |                              |  |   |   |                       |                    | 2  | Bomba de refrigerante defectuosa | Cuando la bomba de refrigerante no hace recirculación del fluido causa la elevación de la temperatura alcanzando hasta los 100 °C por la estanqueidad que se produce. La corrección requiere de 1 día de parada del equipo para reemplazo o reparación de la bomba.  |  |   |
|  |  |                              |  |   |   |                       |                    | B  | Consumo excesivo de refrigerante | 1  | Junta de la culata presenta fugas internas     | Con la fuga del refrigerante en la junta, la temperatura del motor se eleva al igual que el consumo del liquido por la vaporización que se produce, el riesgo de quemaduras aumenta y la pérdida de potencia es notable, la corrección se realiza en 3 días reemplazando la junta quemada y abasteciendo el full del liquido enfriador.         |
|  |  |                              |  |   |   |                       |                    |    |                                  | 2  | Grieta interna en la culata                    | Una grieta en la culata o el bloque genera fugas de refrigerante, aumenta tanto el consumo de fluido como la temperatura del Motor siendo evidenciado en el indicador, se genera vapor de liquido y hasta mal funcionamiento del motor. La reparación requiere de 2 semanas por diagnostico, relleno de grietas y rectificación de superficies. |
|  |  |                              |  |   |   |                       |                    |    |                                  | 3  | Fugas en el intercambiador enfriador de aceite | Los escapes de fluido refrigerante en el intercambiador provoca consumo anormal del liquido y elevación de la temperatura del Motor, se ocasiona mezcla de aceite con agua y posible quema de juntas. Es necesario 2 días para reparación de enfriador, cambiando sellos y reacondicionamiento del equipo.                                      |

7.5.6 Diagrama de decisión RCM. La siguiente etapa del proceso de aplicación del RCM, es la evaluación de las consecuencias y la definición del tipo de tareas propuestas pertinentes para prevenir los estados de falla del activo. El proceso de decisión que se desarrolla en el proyecto, evalúa las consecuencias, contemplando el siguiente orden de categorización:

- a) Fallas evidentes u ocultas
- b) Consecuencias para la seguridad y el ambiente
- c) Consecuencias operacionales
- d) Consecuencias no operacionales

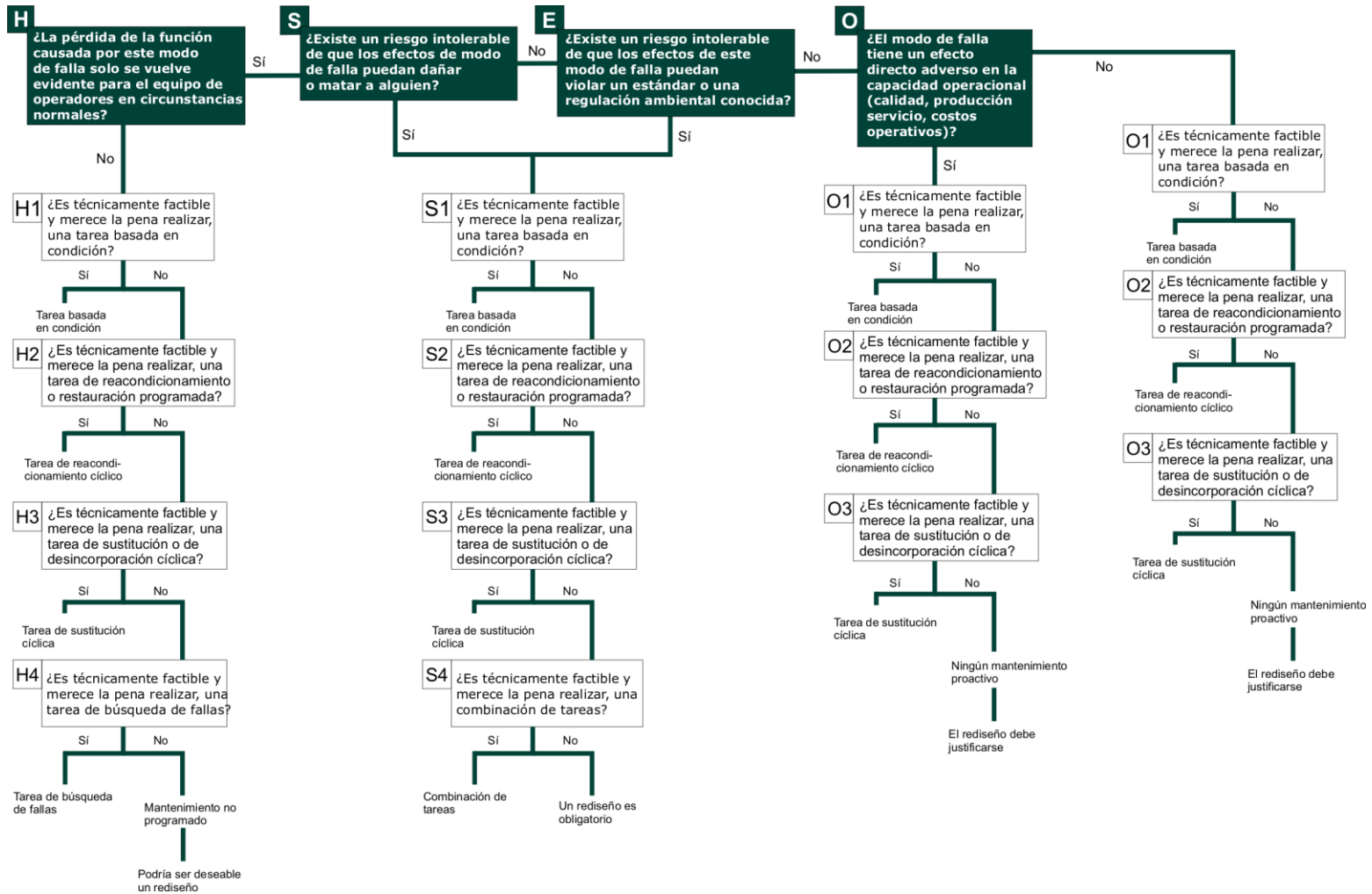
Una vez analizado el tipo de consecuencia, se implementa un diagrama de decisión RCM para proponer el tipo de tarea a ejecutar para cada uno de los modos de falla. En la figura 51 se muestra el diagrama de decisión RCM basado en la norma SAE-JA1012<sup>54</sup> y en el libro de RCM de Jonh Moubray<sup>55</sup> ajustado e implementado en el proyecto.

---

<sup>54</sup> SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie, Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM – SAE JA1012. 2002. p. 54.

<sup>55</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2 ed. North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 204.

Figura 51. Diagrama de decisión RCM.



7.5.7 Hoja de decisión RCM. La información obtenida del proceso de decisión RCM, se recopila en un formato diseñado por los autores y basado en el formato de hoja de decisión del libro de John Moubray<sup>56</sup>. La forma en que se registra la información se muestra en el numeral 5.4.8. En la figura 52 se muestra el formato de hoja de decisión implementado en el proyecto.

**Figura 52. Formato de decisión RCM**


| ecopETROL |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB |                   |                   |                  |  |  | DRCM-001  |  |
|-----------|---|---------------------------|----|---|---------------------------------|---|---|---|----|--------------|----|---------------------|----|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|--|--|-----------|--|
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    | HOJA DE DECISIÓN RCM                |                   |                   |                  |  |  | Versión 1 |  |
| EQUIPO:   |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    | FACILITADOR: |    |                     |    |                                     |                   | HOJA:             |                  |  |  |           |  |
| TAG:      |   |                           |    |   | UBICACIÓN:                      |   |   |   |    | AUDITOR:     |    |                     |    |                                     |                   | FECHA:            |                  |  |  |           |  |
| Equipo    |   | Referencia de Información |    |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |   | H1 | H2           | H3 | Acciones a falta de |    |                                     | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial | A realizarse por |  |  |           |  |
| SI        | C | F                         | FF | M | H                               | S | E | O | O1 | O2           | O3 | H4                  | H5 | S4                                  |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |
|           |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |    |              |    |                     |    |                                     |                   |                   |                  |  |  |           |  |

En la figura 53 se muestra un ejemplo de hoja de decisión referente al componente de refrigeración del motor de equipo de lavado Hidrojet.

NOTA: Las hojas de decisión de cada uno de los cuatro equipos críticos se encuentra en el anexo E.

<sup>56</sup> Ibíd. p. 203.

Figura 53. Hoja de decisión RCM. Componente de refrigeración del motor - Equipo de lavado Hidrojet.

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>HOJA DE DECISIÓN RCM |   |                           |  |   |                                 |  |   |   |                      |                      |                      |                             | DRCM-001  |    |   |                   |                       |
|---|---|---------------------------|--|---|---------------------------------|--|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------|----|---|-------------------|-----------------------|
|   |   |                           |  |   |                                 |  |   |   |                      |                      |                      |                             | Versión 1 |    |   |                   |                       |
| <b>EQUIPO:</b> EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |   |                           |  |   |                                 | <b>ELABORADO:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   |   |                      |                      |                      | <b>HOJA:</b><br>1 de 1      |           |    |   |                   |                       |
| <b>TAG:</b> INT-LAV-01  |   |                           | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES |   |                                 | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA                                     |   |   |                      |                      |                      | <b>FECHA:</b><br>14-07-2014 |           |    |   |                   |                       |
| Equipo  |   | Referencia de Información |  |   | Evaluación de las Consecuencias |  |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1 | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de         |           |    | Tareas Propuestas   | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
| SI  | C | F                         | FF   | M | H                               | S  | E | O |                      |                      |                      | H4                          | H5        | S4 |   |                   |                       |
| 1   | A | 1                         | A  | 1 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |           |    | Verificar el nivel de refrigerante en el depósito auxiliar, de ser necesario agregar refrigerante hasta el nivel de operación indicado.   | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | A  | 2 | S                               | N  | N | S | N                    | N                    | S                    |                             |           |    | Cambiar la empaquetadura de la bomba de refrigerante.   | Anual             | Técnico Mantenimiento |
| 1   | A | 1                         | B  | 1 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |           |    | Revisar el comportamiento del fluido en el radiador, y en caso de presentar alteraciones (burbujas, ebullición) reportar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de junta.                      | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 2 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |           |    | Verificar que no se presente presión en el radiador, si ocurre informar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de culata.  | Semanal           | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 3 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |           |    | Inspeccionar visualmente el aceite lubricante del motor, en caso de presentarse agua o coloración blanca en el aceite, informar al ingeniero de mantenimiento para coordinar la reparación necesaria.       | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 4 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |           |    | Inspeccionar visualmente el nivel de aceite lubricante, en caso de presentarse un alto nivel y coloración blanca, informar al ingeniero de mantenimiento para coordinar el cambio de la junta de la camisa. | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 5 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |           |    | Verificar visualmente el drenaje del radiador, si presenta fugas ajustar.   | Semanal           | Operador              |

## 7.6 PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Las tareas de mantenimiento programado se realizan periódicamente a los equipos con el fin de reducir los largos períodos de tiempo por reparaciones imprevistas. La programación del mantenimiento de cada equipo se desarrolla en el sistema de información Ellipse usado en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja para gestionar el mantenimiento de los activos de la empresa.

El plan de mantenimiento para cada uno de los equipos se registra a partir de un formato diseñado por los autores del proyecto y enfocado en el tipo de información que se maneja en la refinería<sup>57</sup>, en el cuál se establecen las siguientes características:

**Descripción de la tarea:** Explicación detallada de la tarea propuesta en el desarrollo del mantenimiento y la referencia de los repuestos si se requieren.

**Elemento:** El componente del equipo al cuál se le aplica la tarea de mantenimiento.

**Frecuencia:** Indica la periodicidad con que se debe realizar la tarea programada.

**HH (Hora Hombre):** Es el estimado de tiempo que requiere el personal para ejecutar la tarea.

**Recurso (Trabajador):** Cantidad de personal que se necesita para realizar la tarea siguiendo los procedimientos.

**Asignado:** Es la especialidad que debe tener el recurso humano para la ejecución de la tarea de mantenimiento. En el departamento de mantenimiento se categoriza el personal en diferentes especialidades: eléctrica, mecánica, comunicaciones, instrumentos, metalistería y operación.

---


<sup>57</sup> ECOPETROL S.A. Gerencia Refinería de Barrancabermeja

**Instrucción de seguridad:** Para la ejecución de la tarea de mantenimiento se tiene en cuenta un tipo de seguridad relevante, con el fin de prevenir y advertir al personal sobre posibles accidentes. En algunos casos no es necesario tener un tipo de instrucción de seguridad, debido a que son tareas de inspección simples. Las diferentes instrucciones de seguridad son:

- Aislamiento seguro de equipo: Es necesario desconectar todos los sistemas de alimentación del equipo (hidráulica, neumática y eléctrica).
- Aislamiento seguro eléctrico: La alimentación eléctrica del equipo se debe bloquear e indicar con una tarjeta la ausencia de energía eléctrica en el equipo.
- Trabajo en alturas: El personal debe tener aprobado el curso de trabajo en altura, se utiliza casco y arnés de calidad aprobado por la empresa.
- Espacio confinado. Emplear un equipo de flujo de aire forzado para crear una corriente de aire limpia.
- Contacto con sustancias tóxicas: El personal debe utilizar careta “full face” con todas las etapas de filtrado de aire, guantes y traje de ser necesario.

El formato para el programa de mantenimiento se muestra en la figura 54.

Figura 54. Formato de mantenimiento programado

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS |             |          |                |            |                      |          | MTOP-001<br>Versión 1 |
|--|-------------|----------|----------------|------------|----------------------|----------|-----------------------|
| EQUIPO:  |             |          | TAG:           | UBICACIÓN: |                      |          | HOJA:                 |
| GRUPO DE TRABAJO:  |             |          | FACILITADORES: |            | AUDITOR              | FECHA:   |                       |
| No.  | DESCRIPCIÓN | ELEMENTO | FRECUENCIA     | HH (Horas) | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD |
| 1  |             |          |                |            |                      |          |                       |
| 2  |             |          |                |            |                      |          |                       |
| 3  |             |          |                |            |                      |          |                       |
| 4  |             |          |                |            |                      |          |                       |
| 5  |             |          |                |            |                      |          |                       |
| 6  |             |          |                |            |                      |          |                       |

El mantenimiento programado se aplica a dos conjuntos de equipos:

- Equipos críticos.
- Equipos de media criticidad y no críticos.


7.6.1 Plan de mantenimiento programado de equipos críticos. A partir de la aplicación del proceso RCM para los equipos críticos, el cual se muestra en el numeral 7.5, se establece una hoja de decisión RCM, donde se muestran: el tipo de tarea propuesta para prevenir los estados de falla, una breve descripción de la tarea, frecuencia de ejecución y el personal necesario para desarrollarla.

La información obtenida de la hoja de decisión RCM, se ajusta a los estándares de mantenimiento manejados por el Departamento de Mantenimiento de la GRB mediante el formato que se muestra en la figura 54, para cada uno de los equipos críticos analizados.

En la figura 55 se muestra una sección del plan de mantenimiento programado del equipo de lavado Hidrojet.

NOTA: El plan de mantenimiento programado de los equipos críticos se muestra en el anexo F.

Figura 55. Sección del plan de mantenimiento programado equipo de lavado Hidrojet

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS |   |   |  |                            |                            | MTOP-001<br>Versión 1 |                              |
|--|---|---|--|----------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------|
| EQUIPO:  |   |   | TAG:   | UBICACIÓN:                 |                            | HOJA:                 |                              |
| EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |   |   | INT-LAV-01   | TALLER DE INTERCAMBIADORES |                            | 1 de 1                |                              |
| GRUPO DE TRABAJO:  |   |   | FACILITADORES:   |                            | AUDITOR                    | FECHA:                |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   |   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                            | Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | 10/07/2014            |                              |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO  | FRECUENCIA   | HH (Horas)                 | RECURSO (Trabajador)       | ASIGNADO              | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 22   | Ajustar el filtro de aire y comprobar la fijación al alojamiento.   | Admisión de Motor Diesel                              | Mensual  | 0.25                       | 1                          | SMCMEC                | -                            |
| 23   | Ajustar tensión de la correa de transmisión de potencia.  | Bomba Agua de Alta Presión                            | Mensual  | 2                          | 1                          | SMCMEC                | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 24   | Limpiar el filtro de la línea de alimentación de agua.  | Bomba Agua de Alta Presión                            | Mensual  | 1                          | 1                          | SMCMEC                | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 25   | Montar el manómetro de pruebas de 0-30000 psi, para medir y comprobar el taraje del regulador de presión del equipo. Informar al ingeniero de mantenimiento para cambiar el instrumento en caso de no presentar control adecuado. | Bomba Agua de Alta Presión                            | Mensual  | 2                          | 1                          | SMCMEC                | -                            |
| 26   | Ajustar tensión de la correa de transmisión de potencia.  | Transmisión Motor Diesel - Bombas (Agua y Lubricante) | Mensual  | 2                          | 1                          | SMCMEC                | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 27   | Agregar agua desmineralizada a las baterías, hasta el respectivo nivel de operación.  | Baterías 12 V   | Mensual  | 0.5                        | 1                          | SMCELE                | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 28   | Cambiar aceite de lubricación de motor Diesel Doosan PU185TI. Emplear aceite 15W40.   | Motor Diesel  | 3 Meses  | 1                          | 1                          | SMCMEC                | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 29   | Cambiar los 2 filtros de aceite de lubricación de motor. Referencia: Filter Doosan 35362235   | Motor Diesel  | 3 Meses  | 1                          | 1                          | SMCMEC                | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 30   | Cambiar los filtros de combustible diesel. Referencia: 1R- 1808 Engine Oil Filter   | Inyección Motor Diesel                                | 3 Meses  | 0.5                        | 1                          | SMCMEC                | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 31   | Limpiar los conductos de circulación de aire.   | Admisión de Motor Diesel                              | 3 Meses  | 1                          | 1                          | SMCMEC                | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 32   | Reemplazar los filtros de aire de motor. Ref: Filter Air Cab Doosan.  | Admisión de Motor Diesel                              | 3 Meses  | 0.25                       | 1                          | SMCMEC                | Aislamiento Seguro de Equipo |

7.6.2 Plan de mantenimiento preventivo para equipos de media y baja criticidad. Para los equipos de media criticidad se establece un plan de mantenimiento preventivo siguiendo las recomendaciones del fabricante y las indicaciones de los operadores, con el fin de establecer una serie de rutinas que permitan la mantenibilidad del activo. La recopilación de la información se realizó de algunos catálogos existentes en la empresa, páginas WEB del fabricante y reuniones programadas con los operadores de los equipos.

En los equipos no críticos se recomienda mantener algunas rutinas de limpieza e inspección que son suficientes para asegurar el correcto funcionamiento del mismo, las cuales están basadas en información suministrada por el fabricante. La programación de las tareas de mantenimiento de equipos de media criticidad y no críticos, se ejecuta en el sistema de información Ellipse de la empresa<sup>58</sup>, como se muestra en el numeral 7.7.

NOTA: El plan de mantenimiento programado de cada uno de los equipos de media criticidad y no críticos se encuentra en el anexo G

## **7.7 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN ELLIPSE**

7.7.1 Sistema de información Ellipse. Mincom Ellipse es un software de gestión de activos empresariales totalmente integrados (EAM) que proporciona visibilidad y gestión de activos completa a las industrias intensivas en capital de Minería, Servicios Públicos, Defensa, Transporte y Gobierno<sup>59</sup>. La gestión del mantenimiento se desarrolla en la Gerencia refinería de Barrancabermeja mediante el software Mincom Ellipse. En la figura 56 se muestra la presentación

---

<sup>58</sup> ECOPETROL S.A. Gerencia Refinería Barrancabermeja

<sup>59</sup> FIND ACCOUNTING SOFTWARE. Mincom Ellipse. [Consultado el 29 de Julio de 2014], Disponible en: <http://findaccountingsoftware.com/directory/mincom/mincom-ellipse/>

del paquete Mincom Ellipse.

**Figura 56. Mincom Ellipse**



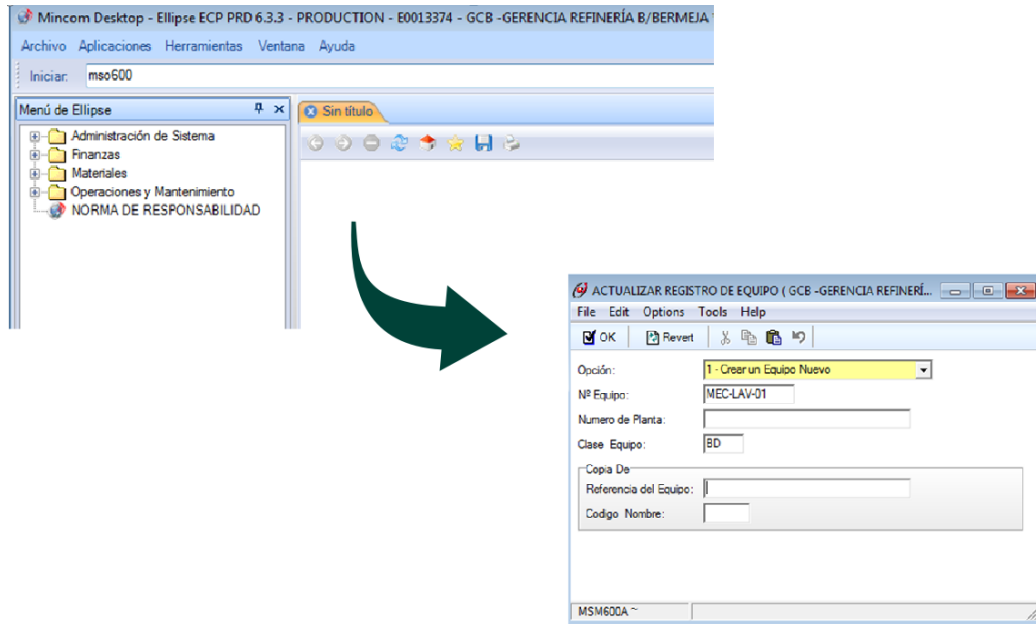
Fuente: Tamari Software and Technology

7.7.2 Registro de la información del proyecto en Ellipse. Para asegurar la organización de la información de los equipos y el cumplimiento del mantenimiento programado definido en el proyecto, se utiliza el sistema de información Ellipse. El procedimiento inicia con el registro de los equipos con su respectivo TAG, enseguida se crea un estándar de trabajo (SJ) y finalmente la tarea programada de mantenimiento (MST).

7.7.2.1 Registro de equipos en el sistema. La información de cada equipo se ingresa en el sistema de información con el TAG o código de identificación correspondiente a cada uno. La ficha técnica de equipo, es la fuente de información para consultar los datos que se registran en Ellipse. El procedimiento se muestra a continuación con el ingreso del equipo: cabina de lavado Sponge Jet:

a) Se ingresa al comando MSO 600 de la ventana de inicio de Ellipse y luego se asigna el TAG y la clase de equipo. En la figura 57 se muestra la ventana de inicio de Ellipse y el módulo de registro de nuevo equipo.

**Figura 57. Ventana de inicio Ellipse**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

b) En el módulo de características generales se ingresan los siguientes datos:

- Nombre completo del equipo, el fabricante y modelo.
- El tipo de equipo, se refiere a una característica referente a la ubicación y al servicio dentro de la empresa.
- Distrito dueño: Gerencia Refinería de Barrancabermeja
- Localización: Lugar donde se encuentra ubicado el equipo
- Unidad productiva: Representa el taller encargado de administrar el equipo.

**Figura 58. Características generales del equipo**

Fuente: Mincom Desktop – Elipse

c) En la sección de garantías se incluye:

- El código de cuenta asociado al taller encargado de administrar el equipo.

**Figura 59. Códigos de cuenta asociados a los talleres**

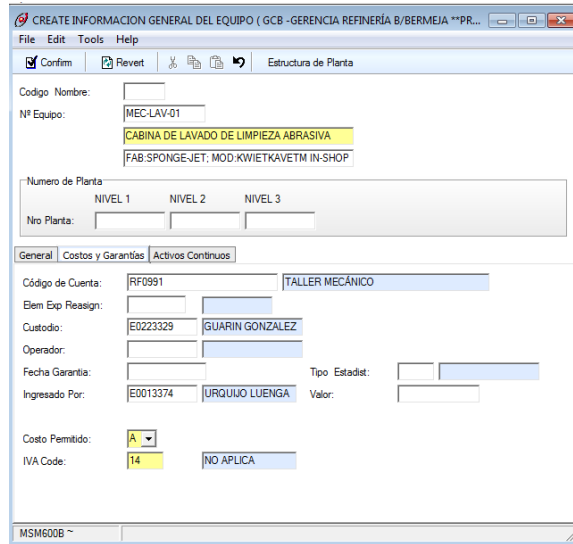
| TALLER                          | CODIGO DE CUENTA |
|---------------------------------|------------------|
| AUTOMOTRIZ                      | RF1080           |
| ELECTRICOS                      | RF0991           |
| MECANICO                        | RF1078           |
| INSTRUMENTO                     | RF1077           |
| METALISTERIA - INTERCAMBIADORES | RF1076           |
| VALVULAS                        | RF1078           |
| TUBERIAS - REFRACTARIAS         | RF1076           |

Fuente: Departamento de Mantenimiento - GRB

- El custodio, quien es la persona que administra directamente el equipo.

- El usuario que ingresa el equipo al sistema.

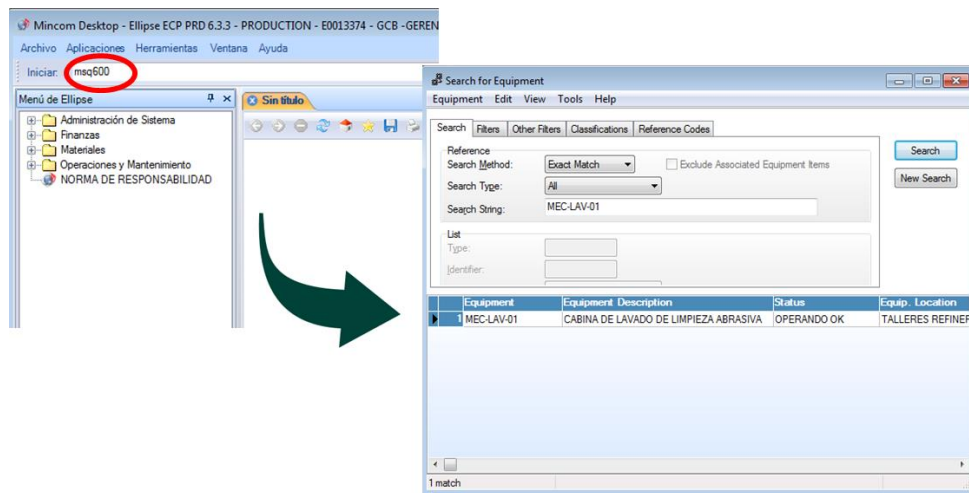
**Figura 60. Costos y garantías del equipo**



Fuente: Mincom Desktop - Ellipse

d) Para registrar otras características asociadas al equipo, se ingresa con el módulo MSQ600.

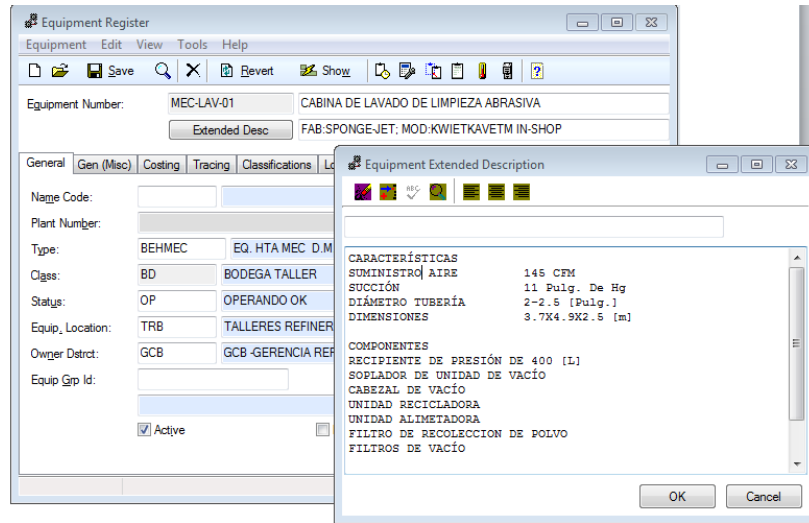
**Figura 61. Módulo de consulta de equipo**



Fuente: Mincom Desktop - Ellipse

e) Las características de diseño y componentes se ingresan en la sección de descripción extendida de equipo.

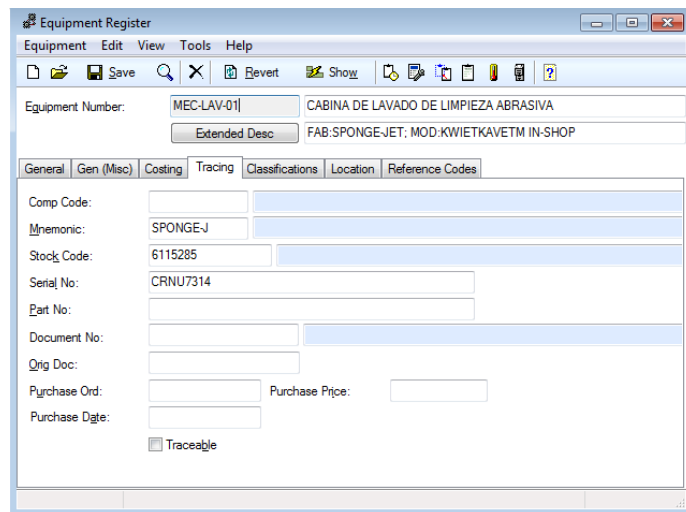
**Figura 62. Características de diseño y componentes de equipo**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

f) Trazabilidad del equipo.

**Figura 63. Trazabilidad del equipo**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

En esta sección se registra la información de trazabilidad de equipo referente al nemónico o fabricante, el código de inventario y el número de serie dado por el fabricante, como se muestra en la figura 63.

g) Clasificación del equipo. En la figura 64 se muestran los diferentes tipos de clasificación del equipo.

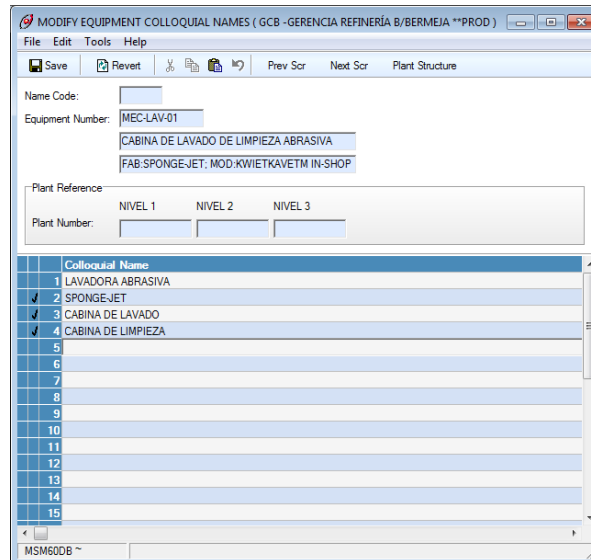
**Figura 64. Módulo de clasificación del equipo**

| General                  | Gen (Misc) | Costing | Tracing           | Classifications          | Location | Reference Codes |
|--------------------------|------------|---------|-------------------|--------------------------|----------|-----------------|
| GRP. PLANTAS/NEGOCIO     |            |         |                   | PLANTAS/AREA             | TL       | TALLERES        |
| SISTEMAS                 | 01         |         | ACABADO           | SUBSISTEMAS              | 16       | TRATAMIENTO     |
| PRODUCTO PROC/TRAN       |            |         |                   | EQUIPMENT CLASSIFIC      | 3        |                 |
| EQUIPMENT CLASSIFICA: DI |            |         | DISTRITO          | EQUIPMENT CLASSIFIC      | 7        |                 |
| TIPO DE UNIDAD           | PR         |         | UNIDADES DE PRODU | POLITICAS DE MANTEN PV   | 0        | PREVENTIVO      |
| ESPECIALIDAD DEL COM     | M          |         | MECANICA          | FAMILIA DE COMPONENTE    | 16       | COMPRESORES     |
| GRUPO DE COMPONENTE      |            |         |                   | TIPO DE COMPONENTE       |          |                 |
| CLASE DE COMPONENTE      |            |         |                   | MODEL                    | 5        |                 |
| VALORACION RAM           | M          |         | MEDIA VALORACION  | CRITICIDAD ASP           |          |                 |
| IMPACTO DE COSTOS DE     |            |         |                   | CLASIF CRITICIDAD SC: ES |          | ESENCIAL        |

Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

h) Nombre coloquial de equipo. Con el fin de facilitar la búsqueda en el sistema, se agregan nombres coloquiales que se asocian al nombre técnico del equipo. En la figura 65 se muestra el módulo de nombres coloquiales de equipo.

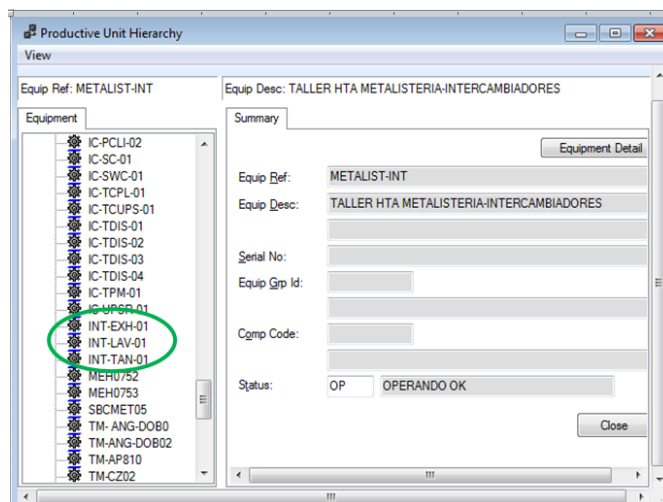
**Figura 65. Nombres coloquiales de equipo**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

Los equipos analizados en el proyecto se ingresaron en el sistema de información Ellipse. En la figura 66 se muestran los equipos ingresados al taller de intercambiadores.

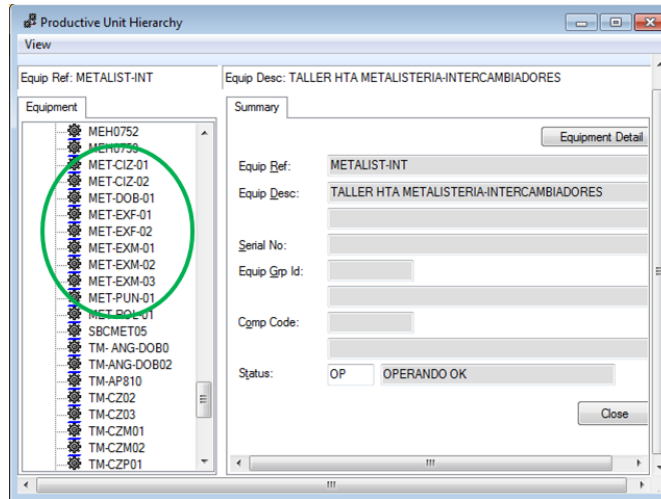
**Figura 66. Equipos registrados del taller de intercambiadores**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

En la Figura 67 se muestra la lista de equipos registrados en el Ellipse, del taller de mecánica.

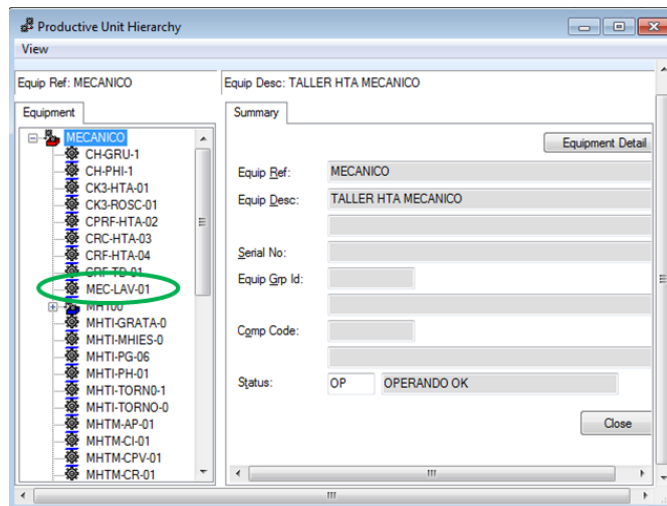
**Figura 67. Equipos registrados del taller de metalistería**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

En la figura 68 se muestra el equipo registrado del taller de mecánica.

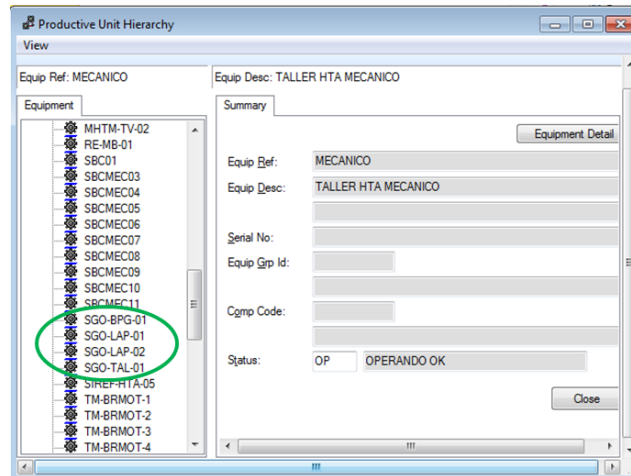
**Figura 68. Equipo registrado del taller de mecánica**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

En la Figura 69 se muestra la unidad productiva mecánico a la cual se asocia el taller de sellos y gobernadores, con los equipos registrados.

**Figura 69. Equipos registrados del taller de sellos y gobernadores.**

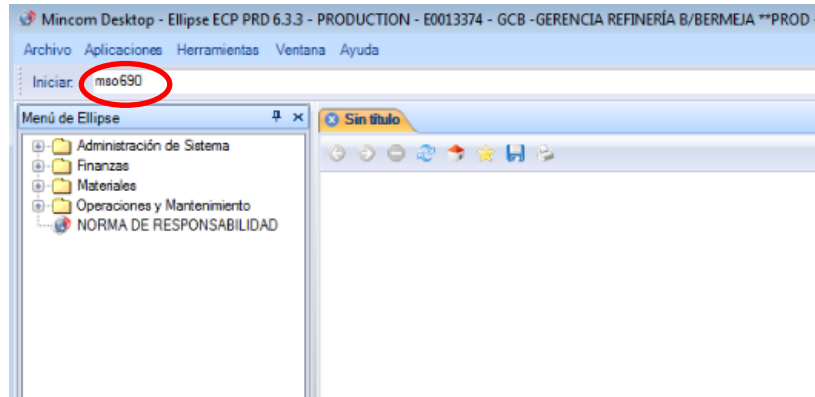


Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

7.7.2.2 Registro de las tareas de mantenimiento. Las tareas de mantenimiento se ingresan como estándares de trabajo SJ (*Standard Jobs*) en el sistema de información Ellipse. Las tareas de mantenimiento de cada equipo se agrupan por frecuencia y se establecen en un SJ asignado con un código aleatorio. El procedimiento para registrar SJ en el sistema se desarrolla a continuación, con las tareas de mantenimiento mensuales de la cabina de lavado abrasivo Sponge Jet:

a) Para crear un estándar de trabajo se ingresa con el comando MSO690. En la figura 70 se muestra el modo de inicio de creación de un SJ.

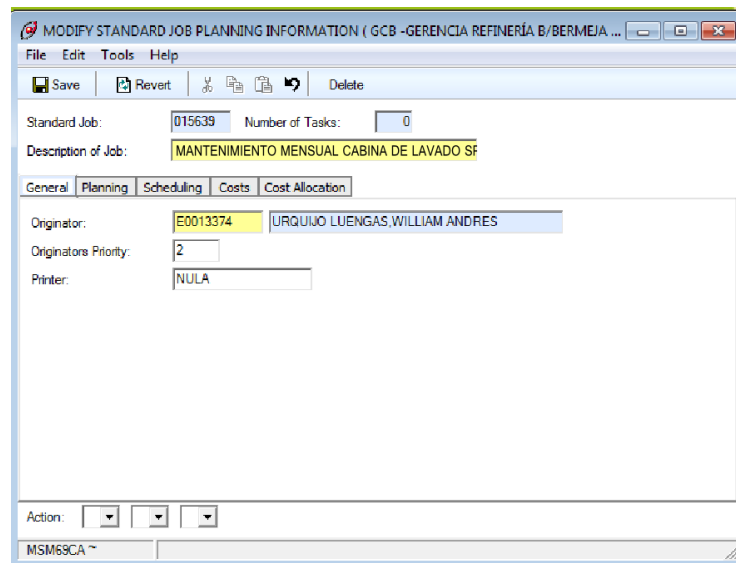
**Figura 70. Modulo de inicio Ellipse – Creación SJ**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

b) Se asigna un número de registro de SJ y la descripción general del estándar de trabajo.

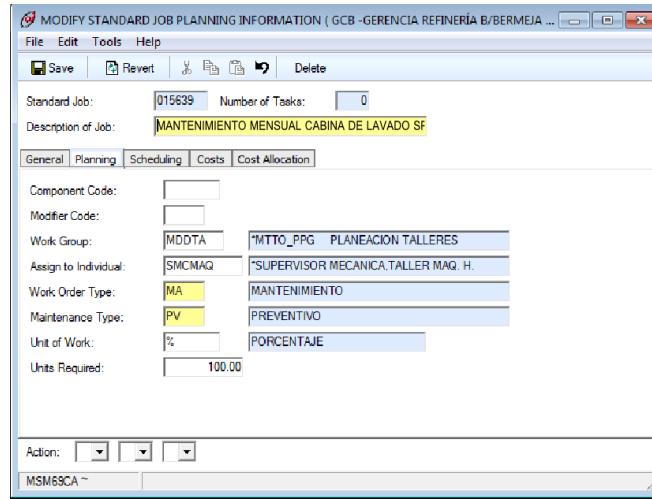
**Figura 71. Datos generales SJ (Standard Job)**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

c) La planeación se relaciona con el grupo de trabajo de la refinería que realiza las tareas de mantenimiento, el supervisor asignado para el mantenimiento y el tipo de estándar, en este caso mantenimiento. La unidad de trabajo es el porcentaje y se requiere el 100 % para la ejecución de la tarea.

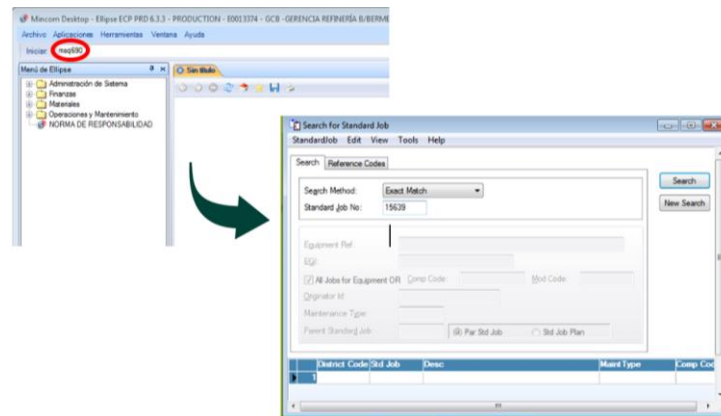
**Figura 72 Planeación del SJ (Standard Job)**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

d) La edición se realiza con el comando MSQ690 y el número del estándar de trabajo registrado.

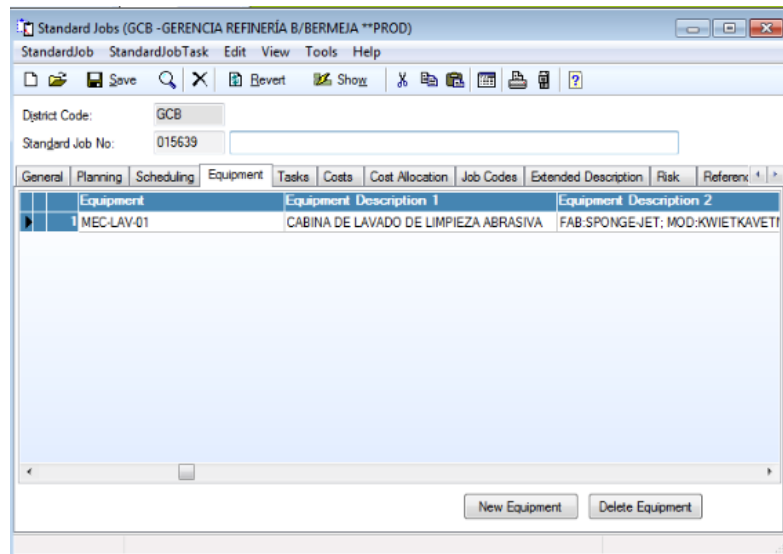
**Figura 73. Edición del SJ (Standard Job)**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

e) El equipo al cual se le aplica la tarea de mantenimiento se asocia al estándar de trabajo. Se registra con el TAG, y automáticamente se actualiza en la lista. En la figura 74 se muestra el registro de la cabina de lavado Sponge-Jet al SJ No. 15639.

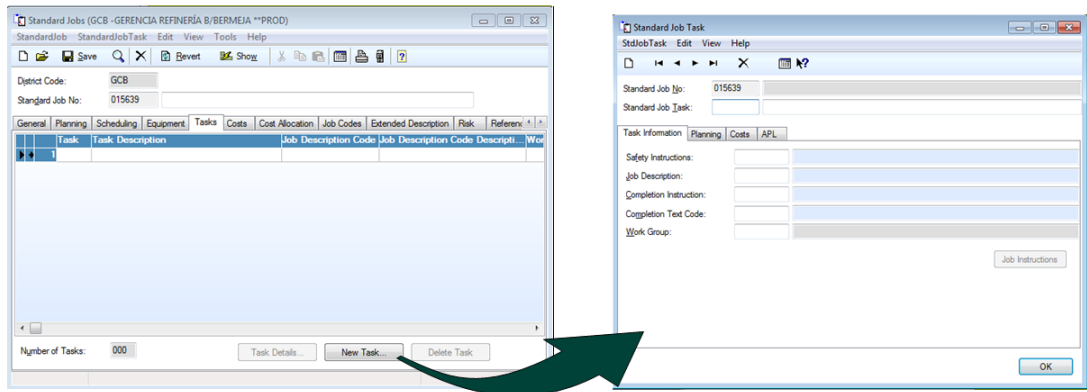
**Figura 74. Equipo asociado al SJ (Standard Job)**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

f) El siguiente paso es registrar cada una de las tareas propuestas, correspondientes a la misma frecuencia del mantenimiento programado de cada equipo. En la figura 75 se muestra la forma de registrar una tarea nueva de mantenimiento.

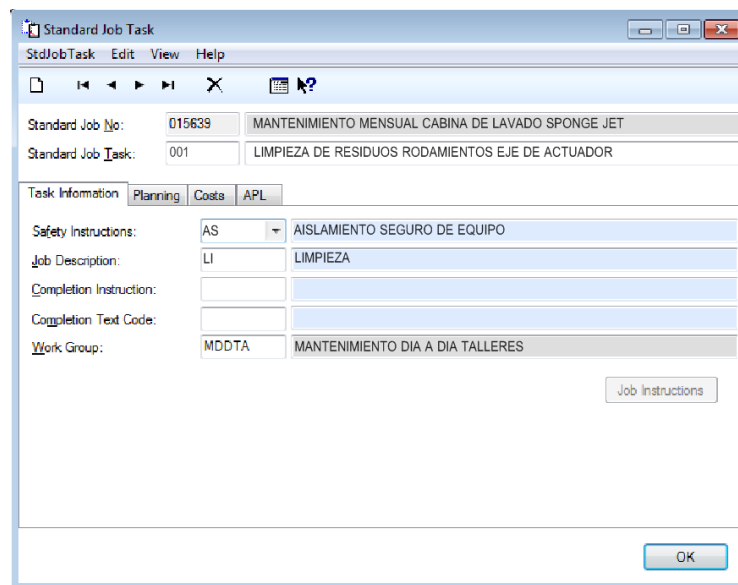
**Figura 75. Registro de nueva tarea de mantenimiento**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

g) En esta sección se asigna el nombre de la primera tarea del estándar de trabajo, el tipo de instrucción requerido, la descripción general de la tarea y el grupo de trabajo que realiza el mantenimiento, en este caso el mantenimiento día a día de talleres MDDTA.

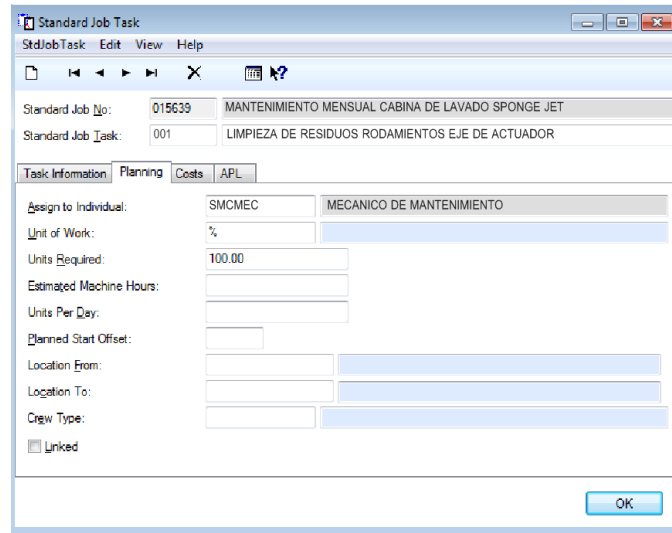
**Figura 76. Información de la tarea de mantenimiento**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

h) La planeación de la tarea se refiere al recurso usado y al porcentaje de tiempo que se requiere en la tarea de mantenimiento.

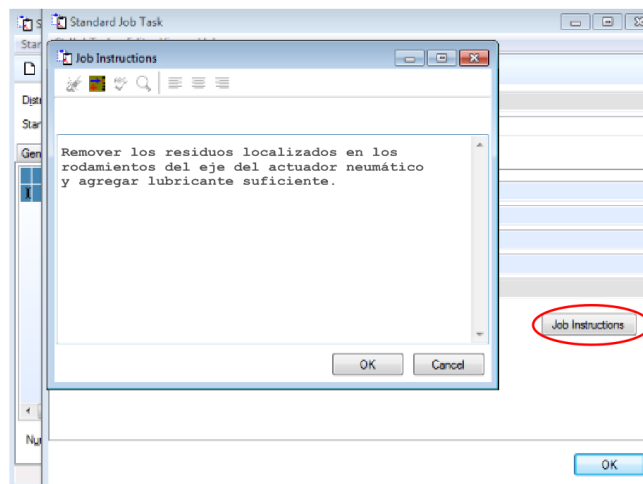
**Figura 77. Planeación de la tarea de mantenimiento**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

i) Las instrucciones de la tarea de mantenimiento se registran como se muestra en la Figura 78.

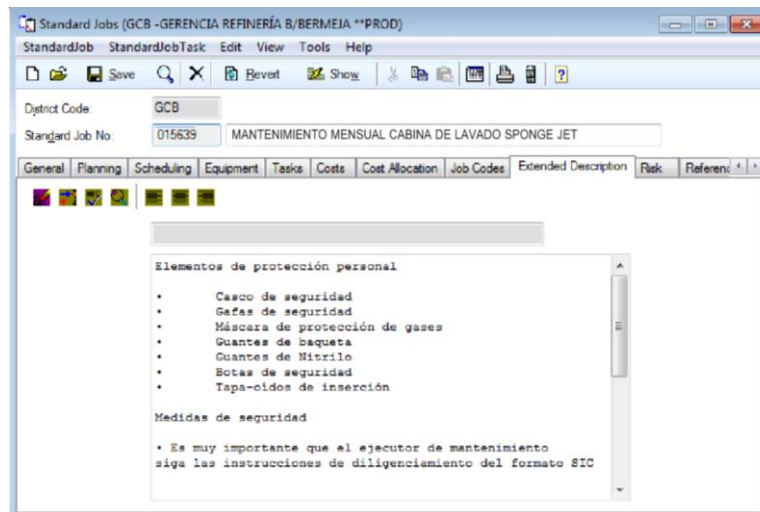
**Figura 78. Instrucciones de la tarea de mantenimiento**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

j) En la descripción general del SJ se registran los EPP (elementos de protección personal) con los que debe contar el personal y algunas recomendaciones de seguridad.

**Figura 79. Descripción general del SJ (*Standard Job*)**



Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

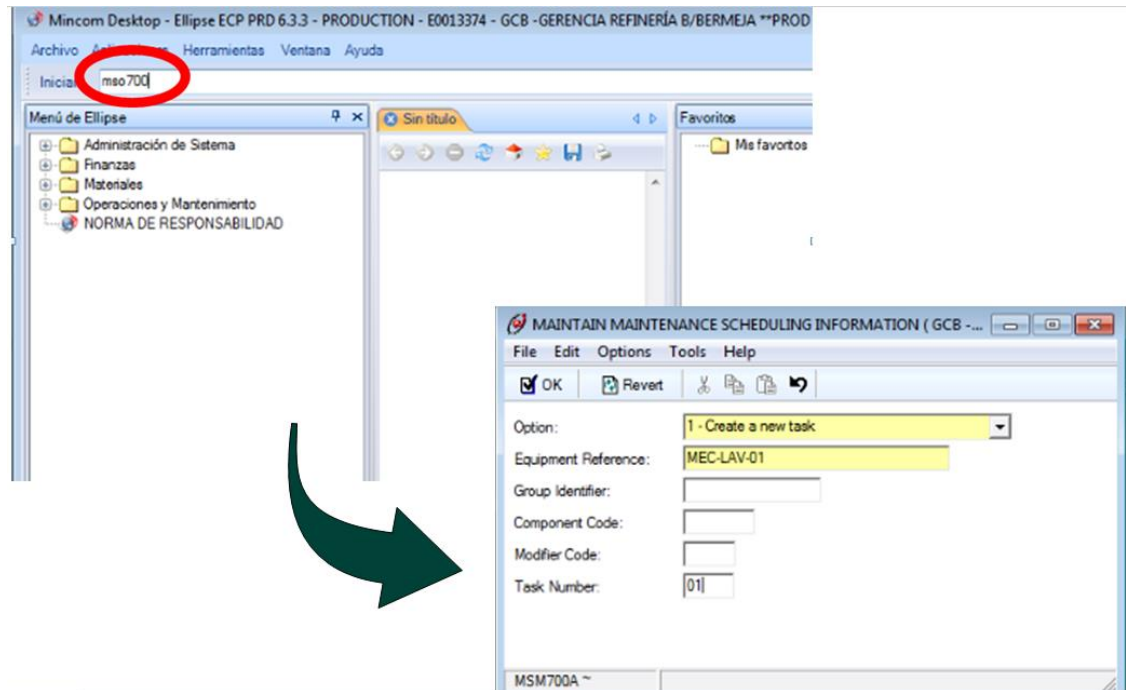
7.7.2.3 Programación de las tareas de mantenimiento. Las tareas de mantenimiento se programan en el sistema de información Ellipse mediante tareas programadas de mantenimiento MST (*Maintenance Schedule Task*) y permiten definir las fechas en las que se dispara la orden de trabajo requerida para la ejecución de la tarea. El conjunto de tareas de mantenimiento se asocia a la MST, con el número de identificación del estándar de trabajo SJ.

El siguiente procedimiento indica la forma de registrar la MST, mediante la programación del estándar de trabajo enunciado en el procedimiento del numeral 7.7.2.2:

a) Para crear una MST se ingresa el comando MSO700 en la ventana de inicio, se registra el equipo al cual se le aplica la programación del mantenimiento y el

número de la MST en este caso el número uno por ser la primera programación de este equipo.

**Figura 80. Comando MSO700 de creación de MST (Maintenance Schedule Task)**



Fuente: Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

b) Datos generales referentes a las personas que ejecutan la tarea de mantenimiento y el número del estándar de trabajo que se requiere realizar con esta programación. En este caso el asignado es el supervisor que vigila el cumplimiento del mantenimiento del equipo.

**Figura 81. Datos generales de la MST (*Maintenance Schedule Task*)**

The screenshot shows a software window titled "CREATE MAINTENANCE SCHEDULING TASK ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window has a menu bar with "File", "Edit", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for "Save", "Revert", and other standard functions. The main area is divided into several sections:

- Equipment Reference:** MEC-LAV-01
- Component:** CABINA DE LAVADO DE LIMPIEZA ABRASIVA
- Modifier:** FAB:SPONGEJET; MOD:KWIETKAVETM IN-SHOP
- Task Number:** 0001

Below these fields are four tabs: "General", "Scheduling", "Shutdown", and "Condition Monitoring". The "General" tab is active, showing the following fields:

- Job Description:** IN
- Description:** \*INSPECCIONAR
- Work Group:** MDDTA
- Assigned To:** SMCMEC
- Standard Job:** 015639
- Maintenance Type:** PV
- Automatic Reqn:** [dropdown arrow]
- History File Indicator:** Y

At the bottom of the window, there is a status bar with the text "MSM700B ~ 6623 - INDICADOR PROGRAM DEBE SER 1/2/3/4/5/6/9".

Fuente: Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

Los datos de la programación se registran en el siguiente orden: en tipo de indicador, frecuencia de programación y la fecha del último mantenimiento. El tipo de indicador indica la unidad de tiempo para la frecuencia de programación. En la figura 82 se muestra la forma de ingresar los datos referentes a la fecha de programación de la tarea de mantenimiento.

**Figura 82. Datos de programación de la MST (*Maintenance Schedule Task*)**

CREATE MAINTENANCE SCHEDULING TASK ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )

File Edit Tools Help

Save Revert

Equipment Reference: MEC-LAV-01  
CABINA DE LAVADO DE LIMPIEZA ABRASIVA  
FAB:SPONGE-JET; MOD:KWIETKAVETM IN-SHOP

Component: [ ] [ ]

Modifier: [ ] [ ]

Task Number: 0001

General Scheduling Shutdown Condition Monitoring

Scheduling Indicator: 1 Last Sched Date [ ]

Schedule Frequency: 30 [ ]

Scheduling Statistic: [ ] [ ] [ ] [ ]

Last Scheduled Statistic: [ ] [ ]

Last Performed Statistic: [ ] [ ]

Last Scheduled Date: 10/07/2014

Last Performed Date: [ ]

Next Scheduled Date: [ ]

Next Scheduled Statistic: [ ] Value: [ ]

MSM700B ~ 0258 - REQUIRED FOR SCHEDULING INDICATOR 2

Fuente: Fuente: Mincom Desktop – Ellipse

7.7.2.4 Orden de trabajo. Una vez se almacena la información en el sistema Ellipse, la MST genera una alerta al planeador de mantenimiento del Departamento de Programación de la Producción, quien se encarga de generar la orden de trabajo para organizar el recurso y el material necesario para desarrollar la tarea de mantenimiento.

## 8. CONCLUSIONES

- Se estableció para cada uno de los 19 equipos un código significativo de identificación, el cual tiene 3 niveles de indexación, el primero corresponde a la ubicación del equipo, el segundo representa el nombre o modelo del equipo y el tercero un número relacionado con la cantidad de equipos idénticos. Convirtiendo el nombre del equipo en un lenguaje natural de industria, fácil de memorizar y de implementar, siendo un logro la amplia cobertura que el equipo alcanza dentro de los registros tecnológicos y administrativos del mantenimiento en Ecopetrol S.A.
- Se realizó la catalogación de los 19 equipos, tomando el procedimiento que la norma ISO 1224 recomienda para la recolección de datos de equipo. La información se recopiló en un formato denominado ficha técnica, con características de: identificación, datos de fábrica, datos de operación, datos de registro, componentes y observaciones para cada uno de los equipos.
- Se efectuó un análisis de criticidad a 19 equipos mediante el método de factores ponderados basados en el concepto de riesgo, de los cuales se determinaron que los críticos eran el 21%, medianamente críticos el 47% y los triviales un 32%, para así establecer la jerarquía de los equipos que representan un impacto relevante en los procedimientos de mantenimiento mayor realizados en la empresa.
- Se realizó un análisis basado en RCM (*Reliability Centred Maintenance*) siguiendo la metodología de Jhon Moubray, el cual se aplicó a los equipos críticos estableciendo las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla, y se consolidaron las tareas de mantenimiento proactivo, las cuales se organizaron en un formato para cada uno de estos equipos con los parámetros necesarios de programación en el sistema de gestión de mantenimiento de la empresa.

- Se estableció un programa de mantenimiento preventivo para los 9 equipos de media criticidad y 6 no críticos, basado en la información proporcionada por el fabricante y recopilada de los operadores de cada equipo. El plan se consolidó en un formato, diseñado para integrar los parámetros necesarios para la programación en el sistema de gestión de mantenimiento de la empresa.
- Se registró en el sistema de gestión de mantenimiento Ellipse de Ecopetrol S.A, los 19 equipos, se agregó la información referente a: características técnicas, tareas de mantenimiento proactivo (*Standard Job*) y se propuso la programación (*Maintenance Schedule Task*) para cada uno.
- Se determinó que la implementación de la estrategia de mantenimiento tiene una viabilidad favorable, alcanzando un retorno sobre la inversión de 67.52 %, lo que indica que en un año se obtiene este porcentaje de la inversión como utilidad para la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

AMENDOLA, Luis José, Gestión de proyectos de activos industriales. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2006. p. 31, 34.

BORRAS, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: UIS, 2014.

BORRAS, Carlos. Principios de Mantenimiento, Bucaramanga: UIS, 2014.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Colección de Mantenimiento Industrial, Volumen 4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Organización y Gestión de la Reparación de Averías. Madrid: Editorial Renovetec, 2009.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO: Técnicas avanzadas de gestión del mantenimiento en la industria. Madrid: Editorial Renovetec, 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. ISO 14224. ISO, 2000.

MENDOZA, Karen y SALAS, Yarlin. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS DEL TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE

LA GRB ECOPETROL S.A. Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniera Industrial, (2013), Universidad Industrial de Santander.

MOUBRAY, Jonh. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. Traducido por Ellmann, Suero y Asociado. 2 ed. Ashville, North Carolina: Aladon LLC, 1997. p. 2, 7, 23, 50, 55, 57, 61, 76, 93, 106, 110, 114, 149, 174.

PARRA, Carlos y RESTREPO, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos. INGECON, 2012.

PHILLIPS, Patricia y PHILLIPS Jack. Fundamentos del ROI. Barcelona: EPISE S.A, 2007. p. 2.


SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Surface vehicle aerospace standard. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. SAE JA1011. Warrendale: SAE, 1999. p. 10.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Surface vehicle aerospace standard. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. SAE JA1012. Warrendale: SAE, 2002. 1, 8, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 54.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

### Ficha técnica del equipo cabina de lavado abrasivo Sponge - jet

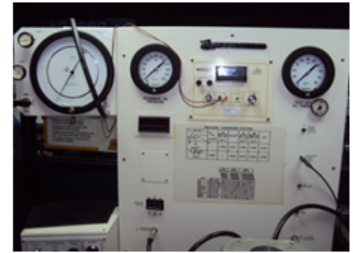
|   |   | FICHA TÉCNICA   |                    | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|--------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPELROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                    | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                    |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD   | APLICACIÓN  | CODIGO             |                                     |
| MEC-CAB-01   | CABINA DE LAVADO  | LIMPIEZA ABRASIVA   | CLAV               |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE   |                    |                                     |
| NEUMÁTICO  | NE  | CRNU7314  |                    |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |   |   |                    |                                     |
| FABRICANTE   |   |   |                    |                                     |
| SPONGE-JET   |   |   |                    |                                     |
| MODELO   |   |   |                    |                                     |
| KWIETKAVETM IN-SHOP B-VAC  |   |   |                    |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |   |   |                    |                                     |
| SUMINISTRO AIRE  | 145 CFM   |   |                    |                                     |
| SUCCIÓN  | 11 Pulg. De Hg  |   |                    |                                     |
| DIÁMETRO TUBERÍA   | 2-2.5 [Pulg.]   |   |                    |                                     |
| DIMENSIONES  | 3.7X4.9X2.5 [m]   |   |                    |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |   |   |                    |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN  | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                    |                                     |
| OPERACIÓN CONTINUA   | 2009  | MENSUAL   |                    |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | NIVEL DE RUIDO: 76 DB<br>FLUJO DE ABRASIVO: 8 [kg/min]<br>PRESIÓN DE LÍNEA: 100-125 [Psi] |   |                    |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>   |   | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                    |                                     |
| BENIGNO (Bajo techo sin exposición al ambiente)  |   | ALTO CONTENIDO DE MATERIAL PARTICULADO  |                    |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                    |                                     |
| CUSTODIO   | REG.  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN          |                                     |
| MARCO EDUARDO GUARIN G.  | E0223329  | CONTRATISTA CAPACITADO  | TALLER DE MECÁNICA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO   | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA    |                                     |
| MECANICO   | RF0991  | 6115285   | O571708            |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                    |                                     |
| RECIPIENTE DE PRESIÓN DE 400 [L]   | SOPLADOR DE UNIDAD DE VACÍO   |   |                    |                                     |
| CABEZAL DE VACÍO   | UNIDAD RECICLADORA  |   |                    |                                     |
| UNIDAD ALIMENTADORA  | FILTRO DE RECOLECCION DE POLVO  |   |                    |                                     |
| FILTROS DE VACÍO   | SILO DE ALMACENAMIENTO CICLÓNICO  |   |                    |                                     |
| CABINA   |   |   |                    |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                    |                                     |
| Cerrar perfectamente la cabina de limpieza de chorro abrasivo.   |   |   |                    |                                     |
| Es necesario para la operacion, utilizar el traje de proteccion con respirador.  |   |   |                    |                                     |
| Pasa solicitud de repuesto y posibles consultas técnicas, Visite Sponge-Jet, Inc.en <a href="http://www.spongejet.com">www.spongejet.com</a> o llame al +1-603-610-7950 (EE.UU.) |   |   |                    |                                     |
|  |   |   |                    |                                     |
|  |   |   |                    |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                    |                                     |
| ELABORÓ  | WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA                              |   | Revisó             | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo Lapeadora SS36H

|    |  | FICHA TÉCNICA   |   | PMA-PMA-001                         |
|---|--|---|---|-------------------------------------|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPEPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |   | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| IDENTIFICACIÓN  |  |   |   |                                     |
| TAG   | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO  |                                     |
| SGO-LAP-02  | LAPEADORA 36   | ACABADO SUPERFICIAL   | AS  |                                     |
| TIPO DE EQUIPO  |  | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE   |                                     |
| LAPEADORA ELECTRICA   |  | LE  | H20022  |                                     |
| DATOS DE FÁBRICA  |  |   |   |                                     |
| FABRICANTE  |  | LAPMASTER   |   |                                     |
| MODELO  |  | SS36  |   |                                     |
| CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO   |  |   |   |                                     |
| VOLTAJE   | 230 Voltios  |   |   |                                     |
| CICLO   | 60 Hz  |   |   |                                     |
| FASE  | 3  |   |   |                                     |
| POTENCIA MOTOR  | 4 KW   |   |   |                                     |
| PESO  | 1100 KG  |   |   |                                     |
| N° DE ANILLOS   | 3  |   |   |                                     |
| DIAMETRO DISCO  | 914 mm   |   |   |                                     |
| Dimensiones equipo:   | 1350 x 1640 x1200 (mm)                                       |   |   |                                     |
| DATOS DE OPERACIÓN  |  |   |   |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN   | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |   |                                     |
| ESTADO DE ESPERA  | 2008   | MENSUAL   |   |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS   |  | Velocidad del disco: 58 rpm   | Presión de agua: 100 kpa  |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)   |  |   | AMBIENTE INTERIOR   |                                     |
| MODERADO (Aislar de la intemperie, sistema de extracción activo )   |  |   | ADECUADA LIBERTAD DE DESPLAZAMIENTO<br>LUBRICACIÓN LIBRE DE IMPUREZAS |                                     |
| DATOS DE REGISTRO   |  |   |   |                                     |
| CUSTODIO  | REG  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN   |                                     |
| JAIRO ALFONSO OJEDA   | E0223297   | METALMECANICO   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES                                       |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA   | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA   |                                     |
| MECANICO  | MRF0991  | 6115221   | O854215   |                                     |
| COMPONENTES   |  |   |   |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO   |  | ANILLOS PORTAPIEZA  |   |                                     |
| MESA DE TRABAJO   |  | BOMBA Y VALVULA DOSIFICADORA  |   |                                     |
| DISCOS DE LAPEADO   |  | REDUCTOR DE TRANSMISIÓN   |   |                                     |
| PANEL DE CONTROL  |  | DÉPOSITOS   |   |                                     |
| OBSERVACIONES   |  |   |   |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación   |  |   |   |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes y calzado cerrado.  |  |   |   |                                     |
| Los repuestos de fabrica y consultas técnicas se realizan a través de: <a href="http://www.lapmaster.com/contact/default.html">http://www.lapmaster.com/contact/default.html</a> o llamando al 1-877-352-8637 EE.UU |  |   |   |                                     |
| FICHA TÉCNICA   |  |   |   |                                     |
| ELABORÓ   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   | REVISÓ  | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo banco de prueba de gobernadores



|   |  | FICHA TÉCNICA   |                                 | PMA-PMA-001                         |
|--|--|---|---------------------------------|-------------------------------------|
|  |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                                 | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |  |   |                                 |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO                          |                                     |
| SGO-BPG-01   | BANCO DE PRUEBA  | PRUEBA DE GOBERNADORES  | PG                              |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   | NOMENCLATURA   | NUMERO DE SERIE   |                                 |                                     |
| BANCO HIDRAULICO   | BH   | 16386582  |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |  |   |                                 |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |  |   |                                 |                                     |
| WOODWARD   |  |   |                                 |                                     |
| <b>MODELO</b>  |  |   |                                 |                                     |
| 8909-053   |  |   |                                 |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |  |   |                                 |                                     |
| VOLTAJE  | 220 Voltios  |   |                                 |                                     |
| CICLO  | 50/60 Hz   |   |                                 |                                     |
| FASE   | 3  |   |                                 |                                     |
| POTENCIA   | 5 HP - 3,7 KW  |   |                                 |                                     |
| MAX PRESION ACEITE GOBERNADOR  | 600 Psi  |   |                                 |                                     |
| PESO   | 450 Kg   |   |                                 |                                     |
| AMP MAX  | 40 Amp   |   |                                 |                                     |
| Dimensiones equipo:  | 1200 x 1200 x1800 (mm)                                       |   |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |  |   |                                 |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                                 |                                     |
| ESTADO DE ESPERA   | 2009   | MENSUAL   |                                 |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | Velocidad Max servomotor: 2490 rpm                           |   | Caudal de bombeo: 20 L          |                                     |
|  | Rango presión aceite de prueba: 0-100 psi                    |   |                                 |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)  |  | AMBIENTE INTERIOR   |                                 |                                     |
| MODERADO (Aislar de la intemperie en sitio cerrado)  |  | ADECUADA CALIDAD DE ACEITE  |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |  |   |                                 |                                     |
| CUSTODIO   | REG  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN                       |                                     |
| JAIRO ALFONSO OJEDA  | E0223297   | METALMECANICO   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA                 |                                     |
| MECANICO   | MRF0991  | 7013395   | O851254                         |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |  |   |                                 |                                     |
| SERVOMOTOR   | DEPÓSITOS DE ACEITE  |   |                                 |                                     |
| BOMBA HIDRÁULICA   | VÁLVULAS REGULADORAS   |   |                                 |                                     |
| PANEL DE CONTROL   | MOTOR ASÍNCRONO  |   |                                 |                                     |
| MANÓMETROS   | UNIDAD MULTIPLICADORA DE VELOCIDAD                           |   |                                 |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |  |   |                                 |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación  |  |   |                                 |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes de nitrilo y calzado cerrado antideslizante.   |  |   |                                 |                                     |
| FACTORES: Datos de conversión y análisis rápido de unidades.   |  |   |                                 |                                     |
| Los repuestos requeridos y consultas técnicas se realizan a través del Email y sitio web —www.woodward.com ó llamando al teléfono +1 (970) 482-5811, Colorado USA. |  |   |                                 |                                     |
| <b>RESPONSABLES</b>  |  |   |                                 |                                     |
| ELABORÓ  | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   | REVISÓ                          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |





## Ficha técnica del equipo cizalla de corte Bronx

|   |   | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD   | APLICACIÓN  | CODIGO                 |                                     |
| MET-CIZ-01   | CIZALLA DE CORTE  | CORTES METÁLICOS  | CM                     |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE   |                        |                                     |
| CIZALLA ELECTRO/NEUMÁTICA  | CEM   | 27267   |                        |                                     |
| DATOS DE FÁBRICA   |   | EQUIPO  |                        |                                     |
| FABRICANTE   |   |       |                        |                                     |
| BRONX ENGLAND  |   |   |                        |                                     |
| MODELO   |   |   |                        |                                     |
| UW614  |   |   |                        |                                     |
| CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO  |   |   |                        |                                     |
| POTENCIA   | 10 [BHP]  |   |                        |                                     |
| RPM  | 1600  |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 220 [V]   |   |                        |                                     |
| PESO   | 4 Ton   |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES:   | 2500x1400x2500 mm   |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN  | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                        |                                     |
| INTERMITENTE   | 1982  | TRIMESTRAL  |                        |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | CAPACIDAD DE CORTE: 1/4" x 6 [ft];<br>Acero Carbón 3/16"; Acero Inoxidable: 1/8 " |   |                        |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)  |   | AMBIENTE INTERIOR (Condiciones Necesarias)  |                        |                                     |
| MODERADOS (Humedad media)  |   | MODERADO (Libre de residuos metálicos)  |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                        |                                     |
| CUSTODIO   | REG.  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN              |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659  | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO   | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA        |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969  | 6020109   | O721548                |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO 220 [v]  |   |   |                        |                                     |
| COMPRESOR RECIPROCANTE   |   |   |                        |                                     |
| EMBRAGUE NEUMÁTICO   |   |   |                        |                                     |
| CUCHILLA DE CORTE  |   |   |                        |                                     |
| REDUCTOR SIN FIN- CORONA   |   |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de Operación (Ecopetrol) y planos de diseño.  |   |   |                        |                                     |
| EPP NECESARIOS OPERACIÓN: Guantes de baqueta, gafas, casco, tapa oídos y calzado tipo bota de seguridad.   |   |   |                        |                                     |
| Contacto Bronx Ingenieria internacional a traves de sitio web : <a href="http://www.bronxintl.com">http://www.bronxintl.com</a> , Email: <a href="mailto:info@brons.co.uk">info@brons.co.uk</a> ó llamando al Tel: +61 2 9534 4233, Peakhurst Australia. |   |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                        |                                     |
| ELABORÓ  | WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA                      |   | Revisó                 | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo anguladora / dobladora Bronx

|   |  | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|--|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |  |   |                        |                                     |
| <b>TAG</b>   | <b>CLASE DE UNIDAD</b>   | <b>APLICACIÓN</b>   | <b>CODIGO</b>          |                                     |
| MET-DOB-01   | MÁQUINA DOBLADORA  | LAMINAS DE METAL  | DOB                    |                                     |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>  | <b>NOMENCLATURA</b>  | <b>NUMERO DE SERIE</b>  |                        |                                     |
| DOBLADORA ELECTRO/HIDRAULICA   | DEH  | 932-K   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |  |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |  |   |                        |                                     |
| BRONX  |  |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>  |  |   |                        |                                     |
| 120T-3600  |  |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |  |   |                        |                                     |
| POTENCIA   | 6 [HP] @220 [V]  |   |                        |                                     |
| CAPACIDAD  | 120.000 [Kgf]  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES  | 3600x3000x1500 [mm]  |   |                        |                                     |
| PESO   | 8 [Ton]  |   |                        |                                     |
|    |  |   |                        |                                     |
|  |  |   |                        |                                     |
| <b>MODO DE OPERACIÓN</b>   | <b>AÑO DE INSTALACIÓN</b>  | <b>PERIODO DE SEGUIMIENTO</b>   |                        |                                     |
| ESTADO DE ESPERA   | 1980   | TRIMESTRAL  |                        |                                     |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>   | ESPESOR DEL MATERIAL<br>5/8" ACERO CARBÓN<br>1/2" ACERO INOXIDABLE |   |                        |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>   |  | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                        |                                     |
| BENIGNO (Bajo techo sin exposición al ambiente)  |  | GRASA DE LUBRICACIÓN LIBRE DE IMPUREZAS   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |  |   |                        |                                     |
| <b>CUSTODIO</b>  | <b>REG.</b>  | <b>OPERADOR (ES)</b>  | <b>UBICACIÓN</b>       |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659   | METALMECÁNICOS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| <b>UNIDAD PRODUCTIVA</b>   | <b>CENTRO DE COSTO</b>   | <b>NUMERO DE INVENTARIO</b>   | <b>ORDEN DE COMPRA</b> |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969   | 6020385   | O45215                 |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |  |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO PRINCIPAL TRIFÁSICO 220 V  |  | PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO  |                        |                                     |
| TRANSMISIÓN DE VOLANTE-POLEA   |  | MOTOREDUCTOR DE APROXIMACIÓN 110 V  |                        |                                     |
| EMBRAGUE NEUMÁTICO   |  | ACUMULADOR NEUMÁTICO  |                        |                                     |
| TRANSMISIÓN DE CADENA  |  | TORNILLOS DE POTENCIA   |                        |                                     |
| PERFILES DE CURVADO  |  |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |  |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Instructivo de Operación y planos de planta.   |  |   |                        |                                     |
| IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD PARA OPERACIÓN: Gafas, Tapa-oidos, Guantes de Nitrilo, Casco y bota de seguridad  |  |   |                        |                                     |
| Contacto Bronx Ingeniería internacional a través de sitio web : <a href="http://www.bronxintl.com">http://www.bronxintl.com</a> , Email: <a href="mailto:info@brons.co.uk">info@brons.co.uk</a> o llamando al Tel: +61 2 9534 4233, Peakhurst Australia. |  |   |                        |                                     |
| <b>RESPONSABLES</b>  |  |   |                        |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>   | WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA       |   | <b>REVISÓ</b>          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo Lapeadora 24SS2

|    |  | FICHA TÉCNICA   |                                 | PMA-PMA-001                         |
|---|--|---|---------------------------------|-------------------------------------|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                                 | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |  |   |                                 |                                     |
| TAG   | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO                          |                                     |
| SGO-LAP-01  | LAPEADORA 24   | ACABADO SUPERFICIAL   | AS                              |                                     |
| TIPO DE EQUIPO  |  | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE                 |                                     |
| LAPEADORA ELECTRICA   |  | LE  | 4H08012                         |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |  |   |                                 |                                     |
| FABRICANTE  |  |       |                                 |                                     |
| LAPMASTER   |  |   |                                 |                                     |
| MODELO  |  |   |                                 |                                     |
| 24SS2   |  |   |                                 |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |  |   |                                 |                                     |
| VOLTAJE   | 230 Voltios  |   |                                 |                                     |
| CICLO   | 60 Hz  |   |                                 |                                     |
| FASE  | 3  |   |                                 |                                     |
| PESO  | 575 Kg   |   |                                 |                                     |
| N° DE ANILLOS   | 3  |   |                                 |                                     |
| POTENCIA MOTOR  | 1,5 KW   |   |                                 |                                     |
| DIAMETRO DISCO  | 610 mm   |   |                                 |                                     |
| Dimensiones equipo:   | 1100 x 1350 x1140 (mm)                                       |   |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |  |   |                                 |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN   | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                                 |                                     |
| ESTADO DE ESPERA  | 2008   | TRIMESTRAL  |                                 |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS   | Velocidad del disco: 70 rpm<br>Presión de agua: 100 Kpa      |   |                                 |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)   |  | AMBIENTE INTERIOR   |                                 |                                     |
| MODERADO (Aislar de la intemperie, sistema de extracción activo)  |  | ADECUADA LIBERTAD DE DESPLAZAMIENTO<br>LUBRICACION LIBRE DE IMPUREZAS                   |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |  |   |                                 |                                     |
| CUSTODIO  | REG  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN                       |                                     |
| JAIRO ALFONSO OJEDA   | E0223297   | METALMECANICO   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA   | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA                 |                                     |
| MECANICO  | MRF0991  | 7013395   | 0752153                         |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>  |  |   |                                 |                                     |
| MOTOR ELECTRICO   |  | ANILLOS PORTAPIEZA  |                                 |                                     |
| MESA DE TRABAJO   |  | BOMBA Y VALVULA DOSIFICADORA  |                                 |                                     |
| DISCOS DE LAPEADO   |  | REDUCTOR DE TRANSMISION   |                                 |                                     |
| PANEL DE CONTROL  |  | DEPOSITOS   |                                 |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |   |                                 |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación   |  |   |                                 |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes y calzado cerrado.  |  |   |                                 |                                     |
| FACTORES: Datos de conversión y análisis rápido de unidades.  |  |   |                                 |                                     |
| Los repuestos de fabrica y consultas técnicas se realizan a través de: <a href="http://www.lapmaster.com/contact/default.html">http://www.lapmaster.com/contact/default.html</a> ó llamando al 1-877-352-8637 EE.UU |  |   |                                 |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |  |   |                                 |                                     |
| ELABORÓ   | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | REVISÓ                          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo extractor de haces, autopropulsado – Idrojet

|    |   | FICHA TÉCNICA   |   | PMA-PMA-001                         |
|---|---|---|---|-------------------------------------|
|   |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |   | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |   |   |   |                                     |
| TAG   | CLASE DE UNIDAD   | APLICACIÓN  | CODIGO  |                                     |
| INT-EXH-01  | EXTRACTOR DE HACES  | EXTRAER HACES DE TUBOS (INT)  | EHT   |                                     |
| TIPO DE EQUIPO  | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE   |   |                                     |
| HIDRAULICO /DIESEL  | HD  | KE 110411   |   |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |   |   |   |                                     |
| FABRICANTE  |   |   |   |                                     |
| IDROJET   |   |   |   |                                     |
| MODELO  |   |   |   |                                     |
| SELF PROPELLED EXTRACTOR 622010/B   |   |   |   |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |   |   |   |                                     |
| POTENCIA MOTOR DIESEL   | 33 [Hp]   |   |   |                                     |
| CILINDRAJE MOTOR  | 1716 [cc]   |   |   |                                     |
| VELOCIDAD MOTOR   | 3000 [rpm]  |   |   |                                     |
| PRESION BOMBA   | 350 [Bar]; 5000 [psi]   |   |   |                                     |
| PESO  | 4800 [Kg]   |   |   |                                     |
| DIMENSIONES   | 7000x1020x2215 [mm]   |   |   |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |   |   |   |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN   | AÑO DE INSTALACIÓN  | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |   |                                     |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE   | 2011  | TRIMESTRAL  |   |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS   | Altura máxima de trabajo: 6000 mm<br>Altura mínima de trabajo: 610 mm<br>Longitud máxima de haz de tubos: 7500 mm<br>Diámetro máximo del haz de tubos: 2000 mm<br>Máxima fuerza de tracción del cabrestante: 40.000 kg<br>Rotación del equipo extractor, 90 grados con respecto a la posición lineal. |   | Velocidad de desplazamiento: 12 Km/h.<br>Velocidad de extracción: 5000mm/min<br>Peso Máximo del haz: 25000 [Kg].<br>Giro de las ruedas a 180 Grados en ambas direcciones. |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>  |   | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |   |                                     |
| MODERADAS (expuesto al ambiente)  |   | ACEITE HIDRAULICO LIBRE DE PARTICULAS   |   |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |   |   |   |                                     |
| CUSTODIO  | REG.  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN   |                                     |
| MAURICIO ACUÑA  | E0203225  | TECNICO METALMECANICO   | TALLER DE INTERCAMBIADORES  |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA   | CENTRO DE COSTO   | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA   |                                     |
| METALIST-INT  | MRF0991   | 6011144   | M256452   |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>  |   |   |   |                                     |
| BOMBA HIDRÁULICA DE CAUDAL VARIABLE (BOMBA PARKER)  |   | RADIADOR ENFRIADOR DE ACEITE  |   |                                     |
| MOTORES HIDRÁULICOS PARA LAS RUEDAS   |   | DEPOSITO ACEITE HIDRÁULICO DE 30 GALONES  |   |                                     |
| 12 CILINDROS HIDRÁULICOS  |   | CABEZAL DE ANCLAJE PARA EXTRACCIÓN  |   |                                     |
| MOTOR DIÉSEL Mod. 2L41C   |   |   |   |                                     |
| BLOQUE DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS.   |   |   |   |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |   |   |   |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación.  |   |   |   |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes de baqueta y calzado cerrado antideslizante, casco, tapa oídos y traje impermeable.   |   |   |   |                                     |
| Se requiere seguir paso a paso el instructivo de operación para evitar errores en procedimientos de operación y movimiento del equipo.  |   |   |   |                                     |
| Las consultas técnicas y requerimientos de repuestos son realizadas a través de sitio Web: <a href="http://www.kidextractor.net">www.kidextractor.net</a> , Email: <a href="mailto:info@idextractor.net">info@idextractor.net</a> , o llamando a Tel: 00356 2146 2891, Móvil: 00356 7943 9751. Zebbug, Malta. |   |   |   |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |   |   |   |                                     |
| ELABORÓ   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS  |   | Revisó  | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo extractor de humo Miller 1; mod: mwx-s.

|   |   | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD   | APLICACIÓN  | CODIGO                 |                                     |
| MET-EXM-01   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL   | EXTRAER HUMO DE SOLDAR  | EXH                    |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   |   | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE        |                                     |
| ELÉCTRICO  |   | ELE   | MB022712U              |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |   |   |                        |                                     |
| MILLER   |   |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>  |   |   |                        |                                     |
| MWX-S  |   |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |   |   |                        |                                     |
| POTENCIA   | 1 [HP]  |   |                        |                                     |
| FLUJO NOMINAL  | 875 [CFM]   |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 115 V/60HZ  |   |                        |                                     |
| PESO   | 136 Kg  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES  | 1219x794x883 [mm]   |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN  | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                        |                                     |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE  | 2009  | SEMESTRAL   |                        |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | CAPTURA DE HUMO: 95%<br>HUMOS DE SOLDADURA: MIG, TIG, Flux Cored, STICK<br>NIVEL DE SONIDO: 70 DB |   |                        |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)  |   | AMBIENTE INTERIOR   |                        |                                     |
| MODERADO (Seco)  |   | SEVERO (Partículas)   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                        |                                     |
| CUSTODIO   | REG.  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN              |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659  | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO   | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA        |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969  | 7014413   | 07952145               |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO 1 HP, 120 V/60 HZ/12 A   |   |   |                        |                                     |
| FILTRO DE PARTÍCULAS   |   |   |                        |                                     |
| DUCTO DE SUCCIÓN DE HUMOS  |   |   |                        |                                     |
| CAMPANA DE SUCCIÓN   |   |   |                        |                                     |
| EQUIPO PORTATIL  |   |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de funcionamiento, partes y plano estructural.  |   |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD PARA EL MANTENIMIENTO: Máscara de protección de gases y partículas, gafas, guantes de nitrilo y tapa oídos.  |   |   |                        |                                     |
| Se recomienda para la limpieza de filtro, emplear aire totalmente seco.  |   |   |                        |                                     |
| Para repuesto y consultas técnicas, contactar CODINTER S.A. COLOMBIA a través del sitio web:<br><a href="http://www.codinter.com/contactenos/">http://www.codinter.com/contactenos/</a> , Email: <a href="mailto:serviclientecali@codinter.com">serviclientecali@codinter.com</a> o llamando al Telefono +57-2 3351214 COLOMBIA. |   |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                        |                                     |
| ELABORÓ  | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS                                      |   | Revisó                 | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |



## Ficha técnica del equipo extractor de humo Miller 2; mod: mwx-s.

|   |   | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>TAG</b>   | <b>CLASE DE UNIDAD</b>  | <b>APLICACIÓN</b>   | <b>CODIGO</b>          |                                     |
| MET-EXM-02   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL   | EXTRAER HUMO DE SOLDAR  | EXH                    |                                     |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>  | <b>NOMENCLATURA</b>   | <b>NUMERO DE SERIE</b>  |                        |                                     |
| ELÉCTRICO  | ELE   | MB022713U   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |   |   |                        |                                     |
| MILLER   |   |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>  |   |   |                        |                                     |
| MWX-S  |   |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |   |   |                        |                                     |
| POTENCIA   | 1 [HP]  |   |                        |                                     |
| FLUJO NOMINAL  | 875 [CFM]   |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 115 V/60HZ  |   |                        |                                     |
| PESO   | 136 Kg  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES  | 1219x794x883 [mm]   |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>MODO DE OPERACIÓN</b>   | <b>AÑO DE INSTALACIÓN</b>   | <b>PERIODO DE SEGUIMIENTO</b>   |                        |                                     |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE  | 2009  | SEMESTRAL   |                        |                                     |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>   | CAPTURA DE HUMO: 95%<br>HUMOS DE SOLDADURA: MIG, TIG, Flux Cored, STICK<br>NIVEL DE SONIDO: 70 DB |   |                        |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>   |   | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                        |                                     |
| MODERADO (Seco)  |   | SEVERO (Partículas)   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                        |                                     |
| <b>CUSTODIO</b>  | <b>REG.</b>   | <b>OPERADOR (ES)</b>  | <b>UBICACIÓN</b>       |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659  | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| <b>UNIDAD PRODUCTIVA</b>   | <b>CENTRO DE COSTO</b>  | <b>NUMERO DE INVENTARIO</b>   | <b>ORDEN DE COMPRA</b> |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969  | 7014416   | 07952148               |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO 1 HP, 120 V/60 HZ/12 A   |   |   |                        |                                     |
| FILTRO DE PARTÍCULAS   |   |   |                        |                                     |
| DUCTO DE SUCCIÓN DE HUMOS  |   |   |                        |                                     |
| CAMPANA DE SUCCIÓN   |   |   |                        |                                     |
| EQUIPO PORTATIL  |   |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de funcionamiento, partes y plano estructural.  |   |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD PARA EL MANTENIMIENTO: Máscara de protección de gases y partículas, gafas, guantes de nitrilo y tapa   |   |   |                        |                                     |
| Se recomienda para la limpieza de filtro, emplear aire totalmente seco.  |   |   |                        |                                     |
| Para repuesto y consultas técnicas, contactar CODINTER S.A. COLOMBIA a través del sitio web:<br><a href="http://www.codinter.com/contactenos/">http://www.codinter.com/contactenos/</a> , Email: <a href="mailto:serviciientecali@codinter.com">serviciientecali@codinter.com</a> o llamando al Telefono +57-2 3351214 COLOMBIA. |   |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                        |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>   | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS                                      |   | <b>Revisó</b>          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |



## Ficha técnica del equipo extractor de humo Miller 3; mod: mwx-s.

|   |   | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPELROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD   | APLICACIÓN  | CODIGO                 |                                     |
| MET-EXM-03   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL   | EXTRAER HUMO DE SOLDAR  | EXH                    |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE   |                        |                                     |
| ELÉCTRICO  | ELE   | MB022714U   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |   |   |                        |                                     |
| MILLER   |   |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>  |   |   |                        |                                     |
| MWX-S  |   |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |   |   |                        |                                     |
| POTENCIA   | 1 [HP]  |   |                        |                                     |
| FLUJO NOMINAL  | 875 [CFM]   |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 115 V/60HZ  |   |                        |                                     |
| PESO   | 136 Kg  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES  | 1219x794x883 [mm]   |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN  | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                        |                                     |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE  | 2009  | SEMESTRAL   |                        |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | CAPTURA DE HUMO: 95%<br>HUMOS DE SOLDADURA: MIG, TIG, Flux Cored, STICK<br>NIVEL DE SONIDO: 70 DB |   |                        |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)  |   | AMBIENTE INTERIOR   |                        |                                     |
| MODERADO (Seco)  |   | SEVERO (Partículas)   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                        |                                     |
| CUSTODIO   | REG.  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN              |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659  | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO   | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA        |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969  | 7014418   | O7952152               |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO 1 HP, 120 V/60 HZ/12 A   |   |   |                        |                                     |
| FILTRO DE PARTÍCULAS   |   |   |                        |                                     |
| DUCTO DE SUCCIÓN DE HUMOS  |   |   |                        |                                     |
| CAMPANA DE SUCCIÓN   |   |   |                        |                                     |
| EQUIPO PORTATIL  |   |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de funcionamiento, partes y plano estructural.  |   |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD PARA EL MANTENIMIENTO: Máscara de protección de gases y partículas, gafas, guantes de nitrilo y tapa   |   |   |                        |                                     |
| Se recomienda para la limpieza de filtro, emplear aire totalmente seco.  |   |   |                        |                                     |
| Para repuesto y consultas técnicas, contactar CODINTER S.A. COLOMBIA a través del sitio web:<br><a href="http://www.codinter.com/contactenos/">http://www.codinter.com/contactenos/</a> , Email: <a href="mailto:serviclientecali@codinter.com">serviclientecali@codinter.com</a> o llamando al Telefono +57-2 3351214 COLOMBIA. |   |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                        |                                     |
| ELABORÓ  | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS                                      |   | Revisó                 | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |


## Ficha técnica del equipo extractor de humo fijo Lincoln 1

|   |   | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>TAG</b>   | <b>CLASE DE UNIDAD</b>  | <b>APLICACIÓN</b>   | <b>CODIGO</b>          |                                     |
| MET-EXF-01   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL   | EXTRAER HUMO DE SOLDAR  | EXH                    |                                     |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>  | <b>NOMENCLATURA</b>   | <b>NUMERO DE SERIE</b>  |                        |                                     |
| ELÉCTRICO  | ELE   | FAN -120  |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |   |       |                        |                                     |
| LINCOLN ELECTRIC   |   |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>  |   |   |                        |                                     |
| PUSH/PULL WELD FUME CONTROL SYSTEM   |   |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |   |   |                        |                                     |
| FLUJO DE AIRE  | 6000 [cfm]  |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 380-480 [V]   |   |                        |                                     |
| FRECUENCIA   | 50 - 60 [Hz]  |   |                        |                                     |
| POTENCIA MAX.  | 10 HP   |   |                        |                                     |
| PESO   | 620 [kg]  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES  | 2865x1200x2438 [mm]   |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>MODO DE OPERACIÓN</b>   | <b>AÑO DE INSTALACIÓN</b>   | <b>PERIODO DE SEGUIMIENTO</b>   |                        |                                     |
| OPERACIÓN CONTINUA   | 2010  | SEMESTRAL   |                        |                                     |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>   | Nivel de ruido máximo: 68 [db]; T° Mínima: 20°C - Max: 45°C<br>Area de operación: Longitud 10-50 [m]; Anchura: 5-23 [m] |   |                        |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>   |   | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                        |                                     |
| MODERADO (Seco)  |   | SEVERO (Partículas)   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                        |                                     |
| <b>CUSTODIO</b>  | <b>REG.</b>   | <b>OPERADOR (ES)</b>  | <b>UBICACIÓN</b>       |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659  | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| <b>UNIDAD PRODUCTIVA</b>   | <b>CENTRO DE COSTO</b>  | <b>NUMERO DE INVENTARIO</b>   | <b>ORDEN DE COMPRA</b> |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969  | 6115813   | 0768542                |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                        |                                     |
| EXTRACTOR (PULL) CON REJILLAS PARA FLUJO DE AIRE   |   |   |                        |                                     |
| FILTRO AUTOLIMPIABLE   |   |   |                        |                                     |
| VENTILADOR (PULLING)   |   |   |                        |                                     |
| SISTEMA DE RECIRCULACIÓN (PUSH)  |   |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de funcionamiento y planos de diseño.   |   |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD PARA MANTENIMIENTO: Máscara de protección de gases, gafas, guantes de nitrilo, casco y botas.  |   |   |                        |                                     |
| Es importante realizar la limpieza del filtro con aire totalmente seco.  |   |   |                        |                                     |
| Para repuestos y consultas técnicas contáctese con LINCOLN SOLDADORAS DE COLOMBIA, LTDA al PBX: (57 1) 247-0585 o a través del sitio Web: <a href="http://www.lincolnelectric.com.co/">http://www.lincolnelectric.com.co/</a> , Email de ventas: <a href="mailto:ventas@lincolnelectric.com.co">ventas@lincolnelectric.com.co</a> , Bogotá Colombia. |   |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                        |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS  |   | <b>Revisó</b>          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo extractor de humo fijo Lincoln 2

|   |   | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|---|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |   | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |   |   |                        |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD   | APLICACIÓN  | CODIGO                 |                                     |
| MET-EXF-02   | EXTRACTOR DE HUMO MÓVIL   | EXTRAER HUMO DE SOLDAR  | EXH                    |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE   |                        |                                     |
| ELÉCTRICO  | ELE   | FAN -121  |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |   |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |   |   |                        |                                     |
| LINCOLN ELECTRIC   |   |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>  |   |   |                        |                                     |
| PUSH/PULL WELD FUME CONTROL SYSTEM   |   |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |   |   |                        |                                     |
| FLUJO DE AIRE  | 6000 [cfm]  |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 380-480 [V]   |   |                        |                                     |
| FRECUENCIA   | 50 - 60 [Hz]  |   |                        |                                     |
| POTENCIA MAX.  | 10 HP   |   |                        |                                     |
| PESO   | 620 [kg]  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES  | 2865x1200x2438 [mm]   |   |                        |                                     |
|    |   |   |                        |                                     |
|  |   |   |                        |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN  | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                        |                                     |
| OPERACIÓN CONTINUA   | 2010  | SEMESTRAL   |                        |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | Nivel de ruido máximo: 68 [db]; T° Mínima: 20°C - Max: 45°C<br>Área de operación: Longitud 10-50 [m]; Anchura: 5-23 [m] |   |                        |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)  |   | AMBIENTE INTERIOR   |                        |                                     |
| MODERADO (Seco)  |   | SEVERO (Partículas)   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |   |   |                        |                                     |
| CUSTODIO   | REG.  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN              |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659  | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO   | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA        |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969  | 6115814   | O768544                |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |   |   |                        |                                     |
| EXTRACTOR (PULL) CON REJILLAS PARA FLUJO DE AIRE   |   |   |                        |                                     |
| FILTRO AUTOAMPLIABLE   |   |   |                        |                                     |
| VENTILADOR (PULLING)   |   |   |                        |                                     |
| SISTEMA DE RECIRCULACIÓN (PUSH)  |   |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |   |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de funcionamiento y planos de diseño.   |   |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD PARA MANTENIMIENTO: Máscara de protección de gases, gafas, guantes de nitrilo, casco y botas.  |   |   |                        |                                     |
| Es importante realizar la limpieza del filtro con aire totalmente seco.  |   |   |                        |                                     |
| Para repuestos y consultas técnicas contáctese con LINCOLN SOLDADURAS DE COLOMBIA, LTDA al PBX: (57 1) 247-0585 o a través del sitio Web: <a href="http://www.lincolnelectric.com.co/">http://www.lincolnelectric.com.co/</a> , Email de ventas: <a href="mailto:ventas@lincolnelectric.com.co">ventas@lincolnelectric.com.co</a> , Bogotá Colombia. |   |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |   |   |                        |                                     |
| ELABORÓ  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS  |   | Revisó                 | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |


## Ficha técnica del equipo cizalla de corte Edwards

|     |  | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|--|--|---|------------------------|-------------------------------------|
|  |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| IDENTIFICACIÓN   |  |   |                        |                                     |
| TAG  | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO                 |                                     |
| MET-CIZ-02   | CIZALLA DE CORTE   | CORTES METÁLICOS  | CM                     |                                     |
| TIPO DE EQUIPO   | NOMENCLATURA   | NUMERO DE SERIE   |                        |                                     |
| CIZALLA ELECTRO/HIDRAULICA   | CEH  | 818820850   |                        |                                     |
| DATOS DE FÁBRICA   |  |   |                        |                                     |
| FABRICANTE   |  |       |                        |                                     |
| EDWARDS  |  |   |                        |                                     |
| MODELO   |  |   |                        |                                     |
| 13/3000  |  |   |                        |                                     |
| CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO  |  |   |                        |                                     |
| POTENCIA MAXIMA  | 26 [Hp]  |   |                        |                                     |
| PRESION BOMBA  | 5000 [psi]   |   |                        |                                     |
| VOLTAJE  | 220 [V]  |   |                        |                                     |
| CAPACIDAD  | 10 X 3080 [mm]   |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES:   | 3200*1500*1700 [mm]  |   |                        |                                     |
| DATOS DE OPERACIÓN   |  |   |                        |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN  | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                        |                                     |
| OPERACIÓN CONTINUA   | 1985   | TRIMESTRAL  |                        |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS  | VOLTAJE OPERATIVO: 220 [V] - POTENCIA OPERATIVA: 12 [Hp]     |   |                        |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)  |  | AMBIENTE INTERIOR   |                        |                                     |
| MODERADA (Baja humedad)  |  | BENIGNO (Bajo nivel de partículas: polvo, escoria)                                      |                        |                                     |
| DATOS DE REGISTRO  |  |   |                        |                                     |
| CUSTODIO   | REG.   | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN              |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO  | E0223659   | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA  | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA        |                                     |
| METALIST-INT   | RF0969   | 6020391   | 0754215                |                                     |
| COMPONENTES  |  |   |                        |                                     |
| MOTOREDUCTOR ELÉCTRICO 1 [HP] @1700 [RPM]  |  |   |                        |                                     |
| BOMBA HIDRÁULICA DE ENGRANAJES   |  |   |                        |                                     |
| CUCHILLA DE CORTE  |  |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO  |  |   |                        |                                     |
| CILINDROS HIDRÁULICOS DE 6 PULGADAS DE DIÁMETRO                                      |  |   |                        |                                     |
| OBSERVACIONES  |  |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Instructivo de Uso, Factura de Compra, Planos de diseño.     |  |   |                        |                                     |
| MANTENIMIENTO: Personal de operación realiza mantenimiento                           |  |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD: Guantes de baqueta, casco, tapa oídos y calzado tipo bota punta de acero. |  |   |                        |                                     |
| FICHA TÉCNICA  |  |   |                        |                                     |
| ELABORÓ  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | Revisó                 | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica tanque de almacenamiento de Agua.

|    |  | FICHA TÉCNICA   |                            | PMA-PMA-001                         |
|---|--|---|----------------------------|-------------------------------------|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                            | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |  |   |                            |                                     |
| TAG   | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO                     |                                     |
| INT-TAN-01  | TANQUE DE ALMACENAMIENTO   | SUMINISTRO DE AGUA  | TAN                        |                                     |
| TIPO DE EQUIPO  | NOMENCLATURA   | NUMERO DE SERIE   |                            |                                     |
| EQUIPO A PRESIÓN  | TAGUA  | 20793   |                            |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |  |   |                            |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>   |  |       |                            |                                     |
| AQUA ENERY  |  |   |                            |                                     |
| MODELO  |  |   |                            |                                     |
| -   |  |   |                            |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |  |   |                            |                                     |
| CAPACIDAD   | 750 [Gal]  |   |                            |                                     |
| MATERIAL  | ACERO COOL ROLL  |   |                            |                                     |
| ESPESOR DE LAMINA   | 5/8 "  |   |                            |                                     |
| FLUIDO  | AGUA   |   |                            |                                     |
| ALTURA  | 3.000 [mm]   |   |                            |                                     |
| MANHOLE   | DIÁMETRO: 60 [cm]  |   |                            |                                     |
| DIMENSIONES   | DIÁMETRO: 120 [cm]<br>LONGITUD: 250                              |   |                            |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |  |   |                            |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN   | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                            |                                     |
| ABIERTO/CERRADO NORMALMENTE   | 2005   | SEMESTRAL   |                            |                                     |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>  | TEMPERATURA DE OPERACIÓN 40 [°C]<br>CAUDAL DE DESCARGA: 20 [gpm] |   |                            |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>  |  | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                            |                                     |
| SEVEROS (Intemperie)  |  | BAJA HUMEDAD, T° Y PRESIÓN CONTROLADA   |                            |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |  |   |                            |                                     |
| CUSTODIO  | REG.   | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN                  |                                     |
| MAURICIO ACUÑA  | E0203225   | TECNICOS METALMECANICOS   | TALLER DE INTERCAMBIADORES |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA   | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA            |                                     |
| METALIST-INT  | MRF0991  | 6520152   | O259816                    |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>  |  |   |                            |                                     |
| NIVEL DE TANQUE K-0751 (Controlador Lógico Programable)   |  |   |                            |                                     |
| VÁLVULAS ELÉCTRONICAS   |  |   |                            |                                     |
| MIRILLA TRANSLUCIDA DE NIVEL  |  |   |                            |                                     |
| MANHOLE DE ACCESO INTERNO   |  |   |                            |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |   |                            |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Planos de diseño estructural.   |  |   |                            |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes de baqueta y calzado cerrado antideslizante, casco, tapa oídos y traje impermeable. |  |   |                            |                                     |
| Es indispensable que el ejecutor de las actividades de mantenimiento use el arnés recomendado para trabajo en alturas.      |  |   |                            |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |  |   |                            |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS     |   | <b>Revisó</b>              | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo punzonadora, mod: 210 AD/16.

|    |  | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|---|--|---|------------------------|-------------------------------------|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPELROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |  |   |                        |                                     |
| <b>TAG</b>  | <b>CLASE DE UNIDAD</b>   | <b>APLICACIÓN</b>   | <b>CODIGO</b>          |                                     |
| MET-PUN-01  | PUNZONADORA  | TROQUELAR   | TR                     |                                     |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>   | <b>NOMENCLATURA</b>  | <b>NUMERO DE SERIE</b>  |                        |                                     |
| ELECTRO/MECÁNICO  | EM   | 520B062   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |  |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>   |  |   |                        |                                     |
| PEDDINGHAUS   |  |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>   |  |   |                        |                                     |
| 210AD/16  |  |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |  |   |                        |                                     |
| POTENCIA  | 3 [HP]   |   |                        |                                     |
| VOLTAJE   | 220 [V]  |   |                        |                                     |
| CARGA DE IMPACTO  | 10.000 [Kgf]   |   |                        |                                     |
| PESO  | 2 [Ton]  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES   | 2000x2200x800 [mm]   |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |  |   |                        |                                     |
| <b>MODO DE OPERACIÓN</b>  | <b>AÑO DE INSTALACIÓN</b>  | <b>PERIODO DE SEGUIMIENTO</b>   |                        |                                     |
| INTERMITENTE  | 1985   | TRIMESTRAL  |                        |                                     |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>  | <b>ESPECIFICACIONES DE CAPACIDAD</b><br>PERFIL ANGULAR DE 90°: 130 X 13 [mm];      CILINDROS: 50 [mm]<br>PERFIL ANGULAR DE 45°: 100 X 11 [mm];      CUADRADO: 200 [mm]<br>PERFIL T 90°: 130 X 13 [mm]<br>PERFIL T 45°: 100 X 11 [mm] |   |                        |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>  |  | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                        |                                     |
| MODERADO (Aislar del agua y permitir ventilación)   |  | ALTA CALIDAD EN ACEITE DE LUBRICACIÓN   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |  |   |                        |                                     |
| <b>CUSTODIO</b>   | <b>REG.</b>  | <b>OPERADOR (ES)</b>  | <b>UBICACIÓN</b>       |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO   | E0223659   | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| <b>UNIDAD PRODUCTIVA</b>  | <b>CENTRO DE COSTO</b>   | <b>NUMERO DE INVENTARIO</b>   | <b>ORDEN DE COMPRA</b> |                                     |
| METALIST-INT  | RF0969   | 6020388   | O49521                 |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>  |  |   |                        |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO 3 HP - 220 V  |  |   |                        |                                     |
| TABLERO DE CONTROL  |  |   |                        |                                     |
| TRANSMISIÓN DE ENGRANAJE  |  |   |                        |                                     |
| TRANSMISIÓN DE BANDA AL MOTOR   |  |   |                        |                                     |
| DADOS DE INTERCAMBIO  |  |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Instructivo de Operación Y Planos del partes.   |  |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de seguridad, Calzado cerrado Steel Toe, Guantes de Nitrilo.   |  |   |                        |                                     |
| Para soporte tecnico y repuestos, conectar al sitio web: <a href="http://www.peddinghaus.com/">http://www.peddinghaus.com/</a> y para asistencia remota en Español llame a: +52 81 1001 7087, Washington USA. |  |   |                        |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |  |   |                        |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS   |   | <b>Revisó</b>          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |



## Ficha técnica del equipo roladora de lámina

|  |  | FICHA TÉCNICA   |                        | PMA-PMA-001                         |
|---|--|---|------------------------|-------------------------------------|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                        | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |  |   |                        |                                     |
| TAG   | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO                 |                                     |
| MET-ROL-01  | ROLADORA DE LÁMINAS HIDRAULICA   | CURVAR LAMINAS  | LA                     |                                     |
| TIPO DE EQUIPO  | NOMENCLATURA   | NUMERO DE SERIE   |                        |                                     |
| ELECTRO/HIDRAULICA  | EH   | 821205  |                        |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |  |   |                        |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>   |  |   |                        |                                     |
| FACCIN WALTER   |  |   |                        |                                     |
| <b>MODELO</b>   |  |   |                        |                                     |
| FW - 010  |  |   |                        |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |  |   |                        |                                     |
| POTENCIA  | 18 [Hp]  |   |                        |                                     |
| VOLTAJE   | 220 [V]  |   |                        |                                     |
| PRESIÓN DE AJUSTE   | 5000 [psi]   |   |                        |                                     |
| PESO  | 8 [Ton]  |   |                        |                                     |
| DIMENSIONES   | 1300x1150x5500 [mm]  |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |  |   |                        |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN   | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE MONITOREO  |                        |                                     |
| OPERACIÓN CONTINUA  | 1982   | TRIMESTRAL  |                        |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS   | Espesor Máximo de Laminado: 30 [mm]<br>Longitud Máxima: 2550 [mm]<br>Diámetro Mínimo de Rolado: 400 [mm]<br>Velocidad máxima de giro de los rodillos: 20 [rpm] |   |                        |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)                                     | AMBIENTE INTERIOR  |   |                        |                                     |
| BENIGNO (Bajo techo sin exposición al ambiente)                                   | ALTA CALIDAD EN ACEITE HIDRÁULICO  |   |                        |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |  |   |                        |                                     |
| CUSTODIO  | REG.   | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN              |                                     |
| NELSON PEREZ FRANCO   | E0223659   | METALISTAS  | TALLER DE METALISTERÍA |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA   | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA        |                                     |
| METALIST-INT  | RF0969   | 6020391   | O51659                 |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>  |  |   |                        |                                     |
| 2 MOTORES ASÍNCRONOS TRIFÁSICOS 220 V   |  | BANCO DE VÁLVULAS DIRECCIONALES   |                        |                                     |
| 3 BOMBAS HIDRÁULICAS DE ENGRANAJES  |  | PANEL DE CONTROL  |                        |                                     |
| 1 MOTOR HIDRÁULICO DE PISTONES RADIALES   |  | DEPÓSITO DE ACEITE HIDRÁULICO (25 Gal)  |                        |                                     |
| 5 CILINDROS HIDRÁULICOS   |  |   |                        |                                     |
| 3 CILINDROS DE ROLADO DE ALTA CAPACIDAD   |  |   |                        |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |   |                        |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Instructivo de Operación.                                 |  |   |                        |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de seguridad, Calzado cerrado Steel Toe, Guantes de nitrilo.     |  |   |                        |                                     |
|   |  |   |                        |                                     |
| <b>RESPONSABLES</b>   |  |   |                        |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS   |   | <b>Revisó</b>          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo lavadora de ultrasonido

|    |  | FICHA TÉCNICA   |                                 | PMA-PMA-001                         |
|---|--|---|---------------------------------|-------------------------------------|
|   |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPELROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |                                 | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>   |  |   |                                 |                                     |
| TAG   | CLASE DE UNIDAD  | APLICACIÓN  | CODIGO                          |                                     |
| SGO-ULT-01  | LAVADORA DE ULTRASONIDO                                      | LIMPIEZA SUPERFICIAL  | LS                              |                                     |
| TIPO DE EQUIPO  |  | NOMENCLATURA  | NUMERO DE SERIE                 |                                     |
| AGITACION / ULTRASONIDO   |  | AU  | 312-2T                          |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>   |  |   |                                 |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>   |  |       |                                 |                                     |
| LAPMASTER   |  |   |                                 |                                     |
| <b>MODELO</b>   |  |   |                                 |                                     |
| AGI-LM3122T   |  |   |                                 |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>  |  |   |                                 |                                     |
| Potencia ultrasonido:   | 3000 Watts   |   |                                 |                                     |
| Capacidad tanque:   | 74 Gls   |   |                                 |                                     |
| Potencia electrica:   | 240 V/3P/60 HZ   |   |                                 |                                     |
| Calor generado  | 6000 Watts   |   |                                 |                                     |
| Presion aire  | 80 psi   |   |                                 |                                     |
| Frecuencia  | 50/60 Hz   |   |                                 |                                     |
| Dimensiones equipo:   | 1500 x 1000 x1800 (MM)                                       |   |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>   |  |   |                                 |                                     |
| MODO DE OPERACIÓN   | AÑO DE INSTALACIÓN   | PERIODO DE SEGUIMIENTO  |                                 |                                     |
| ESTADO DE ESPERA  | 2008   | 2 MESES   |                                 |                                     |
| PARÁMETROS OPERATIVOS   | Carga máxima: 200 lb   | Tiempo de agitación: 15 min   |                                 |                                     |
|   | Tiempo de ultrasonido: 20 min                                | Tiempo operación: 4 horas/ día  |                                 |                                     |
| FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)   |  | AMBIENTE INTERIOR   |                                 |                                     |
| MODERADO (No dejar a la interperie)   |  | ADECUADA FILTRACIÓN DE PARTÍCULAS   |                                 |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>  |  |   |                                 |                                     |
| CUSTODIO  | REG  | OPERADOR (ES)   | UBICACIÓN                       |                                     |
| JAIRO alonso OJEDA  | E0223297   | TECNICO MECANICO  | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                                     |
| UNIDAD PRODUCTIVA   | CENTRO DE COSTO  | NUMERO DE INVENTARIO  | ORDEN DE COMPRA                 |                                     |
| MECANICO  | MRF0991  | 7013394   | O756218                         |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>  |  |   |                                 |                                     |
| MOTOBOMBA ELÉCTRICA   |  | TANQUE DE INMERSIÓN   |                                 |                                     |
| UNIDAD DE ULTRASONIDO   |  | SISTEMA DE POTENCIA NEUMÁTICO   |                                 |                                     |
| UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA   |  |   |                                 |                                     |
| FILTROS DE RECIRCULACIÓN  |  |   |                                 |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |  |   |                                 |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación   |  |   |                                 |                                     |
| SEGURIDAD: Operar el equipo usando gafas de protección, guantes aislantes y calzado cerrado.  |  |   |                                 |                                     |
| Los repuestos de fabrica y consultas técnicas se realizan a través de: <a href="http://www.lapmaster.com/contact/default.html">http://www.lapmaster.com/contact/default.html</a> o llamando al 1-877-352-8637 EE.UU |  |   |                                 |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>  |  |   |                                 |                                     |
| ELABORÓ   | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   | REVISÓ                          | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## Ficha técnica del equipo taladro de pedestal

|   |  | FICHA TÉCNICA   |   | PMA-PMA-001                         |
|--|--|---|---|-------------------------------------|
|  |  | GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA - ECOPETROL S.A.<br>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO |   | Versión 1<br>Hoja 1 de 1            |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b>  |  |   |   |                                     |
| <b>TAG</b>   | <b>CLASE DE UNIDAD</b>                                       | <b>APLICACIÓN</b>   | <b>CODIGO</b>   |                                     |
| SGO-TAL-01   | TALADRO  | PERFORACIÓN   | TAL   |                                     |
| <b>TIPO DE EQUIPO</b>  |  | <b>NOMENCLATURA</b>   | <b>NUMERO DE SERIE</b>  |                                     |
| TALADRO DE PEDESTAL  |  | TP  | 802-N   |                                     |
| <b>DATOS DE FÁBRICA</b>  |  |   |   |                                     |
| <b>FABRICANTE</b>  |  |       |   |                                     |
| IBARMIA  |  |   |   |                                     |
| <b>MODELO</b>  |  |   |   |                                     |
| A-40   |  |   |   |                                     |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>   |  |   |   |                                     |
| Potencia eléctrica Delta:  | 220V   |   |   |                                     |
| Potencia eléctrica Y:  | 380V   |   |   |                                     |
| Frecuencia:  | 60 Hz  |   |   |                                     |
| Amperios:  | 9 A  |   |   |                                     |
| Potencia   | 2.2 Kw   |   |   |                                     |
| Fase   | 85   |   |   |                                     |
| Dimensiones equipo:  | 500x 800 x2400 (mm)  |   |   |                                     |
| <b>DATOS DE OPERACIÓN</b>  |  |   |   |                                     |
| <b>MODO DE OPERACIÓN</b>   |  | <b>AÑO DE INSTALACIÓN</b>   | <b>PERIODO DE SEGUIMIENTO</b>   |                                     |
| ESTADO DE ESPERA   |  | 2008  | TRIMESTRAL  |                                     |
| <b>PARÁMETROS OPERATIVOS</b>   |  | Temperatura motor eléctrico: 40 oC<br>Velocidad del motor: 1410 rpm                     | Max Profundidad de perforación: 200mm<br>Rotación de la mesa: -90<math>\phi</math> <math>\phi</math> 90 |                                     |
| <b>FACTORES AMBIENTALES (Condiciones Necesarias)</b>   |  |   | <b>AMBIENTE INTERIOR</b>  |                                     |
| MODERADO (Aislar del agua y permitir ventilación)  |  |   | ADECUADA LIBERTAD DE DESPLAZAMIENTO<br>LUBRICACIÓN LIBRE DE IMPUREZAS                                   |                                     |
| <b>DATOS DE REGISTRO</b>   |  |   |   |                                     |
| <b>CUSTODIO</b>  | <b>REG</b>   | <b>OPERADOR (ES)</b>  | <b>UBICACIÓN</b>  |                                     |
| JAIRO ALFONSO OJEDA  | E0223297   | METALMECANICO   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES   |                                     |
| <b>UNIDAD PRODUCTIVA</b>   | <b>CENTRO DE COSTO</b>                                       | <b>NUMERO DE INVENTARIO</b>   | <b>ORDEN DE COMPRA</b>  |                                     |
| MECANICO   | MRF0991  | 6022132   | O658452   |                                     |
| <b>COMPONENTES</b>   |  |   |   |                                     |
| MOTOR ELÉCTRICO  |  | PRENSA DE SUJECIÓN  |   |                                     |
| MESA DE TRABAJO  |  |   |   |                                     |
| ILUMINACIÓN  |  |   |   |                                     |
| CONTROLES  |  |   |   |                                     |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |  |   |   |                                     |
| DOCUMENTOS DISPONIBLES: Manual de fabricante e instructivo de operación  |  |   |   |                                     |
| SEGURIDAD: Gafas de protección, guantes y calzado cerrado.   |  |   |   |                                     |
| Para solicitud de repuestos y asistencia técnica, conectarse al sitio web: <a href="http://www.ibarmia.com/es/ibarmia/contacto/">http://www.ibarmia.com/es/ibarmia/contacto/</a><br>email: <a href="mailto:ibarmia@ibarmia.com">ibarmia@ibarmia.com</a> o al telefono +34 943 857 130 - 000 en (Gipuzkoa) Spain. |  |   |   |                                     |
| <b>FICHA TÉCNICA</b>   |  |   |   |                                     |
| <b>ELABORÓ</b>   | DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   | <b>REVISÓ</b>   | Ing. JULIO CESAR TRISTANCHO MIRANDA |

## ANEXO B. CONSOLIDADO DE LA EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>CONSOLIDADO DE LA EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS</b> |  |            |    |    |    |    |    |     |              |            |                  |  |
|---|--|------------|----|----|----|----|----|-----|--------------|------------|------------------|--|
| No.   | EQUIPO                                     | TAG        | FF | IO | TP | FR | CR | ISM | CONSECUENCIA | CRITICIDAD | VALORACIÓN       |  |
| 1   | CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET     | MEC-CAB-01 | 3  | 5  | 7  | 3  | 3  | 5   | 46           | 138        | CRÍTICO          |  |
| 2   | LAPEADORA SS36H                            | SGO-LAP-02 | 3  | 5  | 7  | 3  | 3  | 2   | 43           | 129        | CRÍTICO          |  |
| 3   | EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                  | INT-LAV-01 | 3  | 4  | 7  | 3  | 3  | 5   | 39           | 117        | CRÍTICO          |  |
| 4   | BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES            | SGO-BPG-01 | 3  | 4  | 7  | 2  | 3  | 2   | 35           | 105        | CRÍTICO          |  |
| 5   | ROLADORA DE LÁMINAS                        | MET-ROL-01 | 3  | 4  | 5  | 2  | 3  | 2   | 27           | 81         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 6   | CIZALLA DE CORTE EDWARDS                   | MET-CIZ-02 | 3  | 4  | 5  | 2  | 3  | 1   | 26           | 78         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 7   | ANGULADORA/DOBLADORA BRONX                 | MET-DOB-01 | 2  | 4  | 5  | 3  | 3  | 2   | 28           | 56         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 8   | CIZALLA DE CORTE BRONX                     | MET-CIZ-01 | 2  | 4  | 5  | 2  | 3  | 1   | 26           | 52         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 9   | PUNZONADORA; MOD:210 AD/16                 | MET-PUN-01 | 2  | 4  | 5  | 1  | 3  | 1   | 25           | 50         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 10  | LAVADORA DE ULTRASONIDO                    | SGO-ULT-01 | 2  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3   | 21           | 42         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 11  | TALADRO DE PEDESTAL                        | SGO-TAL-01 | 2  | 4  | 3  | 3  | 3  | 2   | 20           | 40         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 12  | EXTRACTOR DE HACES, AUTOPROPULSADO IDROJET | INT-EXH-01 | 1  | 4  | 5  | 2  | 3  | 2   | 27           | 27         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 13  | LAPEADORA 24SS2                            | SGO-LAP-01 | 1  | 4  | 5  | 1  | 3  | 2   | 26           | 26         | MEDIA CRITICIDAD |  |
| 14  | TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA           | INT-TAN-01 | 2  | 4  | 1  | 1  | 1  | 5   | 11           | 22         | NO CRÍTICO       |  |
| 15  | EXTRACTOR DE HUMO MILLER 1; MOD:MWX-S      | MET-EXM-01 | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 5   | 9            | 18         | NO CRÍTICO       |  |
| 16  | EXTRACTOR DE HUMO MILLER 2; MOD:MWX-S      | MET-EXM-02 | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 5   | 9            | 18         | NO CRÍTICO       |  |
| 17  | EXTRACTOR DE HUMO MILLER 3; MOD:MWX-S      | MET-EXM-03 | 2  | 1  | 1  | 2  | 1  | 5   | 9            | 18         | NO CRÍTICO       |  |
| 18  | EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN 1           | MET-EXF-01 | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4   | 7            | 14         | NO CRÍTICO       |  |
| 19  | EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN 2           | MET-EXF-02 | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 4   | 7            | 14         | NO CRÍTICO       |  |

## ANEXO C. JERARQUÍA DE PARTES DE EQUIPOS

### Sistemas de la cabina de lavado abrasivo – Sponge Jet

**EYECTOR DE VACIO DE ALTO VOLUMEN Y BAJO RUIDO**



**SILO DE ALMACENAMIENTO CICLÓNICO DE RECUPERACIÓN**



**UNIDAD DE ALIMENTACIÓN 400 HP**



**CABINA DE LAVADO**



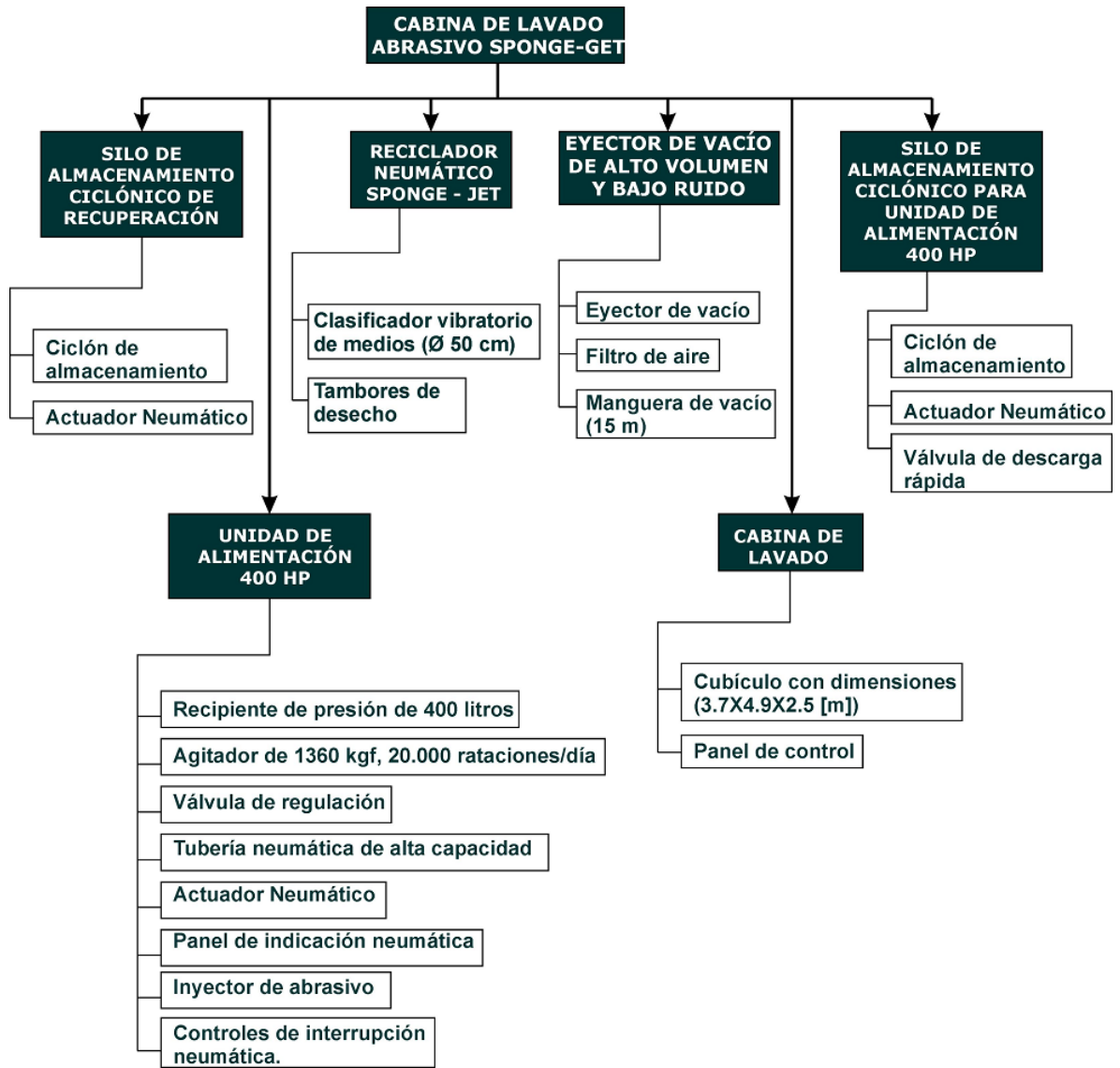
**RECICLADOR NEUMÁTICO SPONGE - JET**



**SILO DE ALMACENAMIENTO CICLÓNICO PARA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN 400 HP**



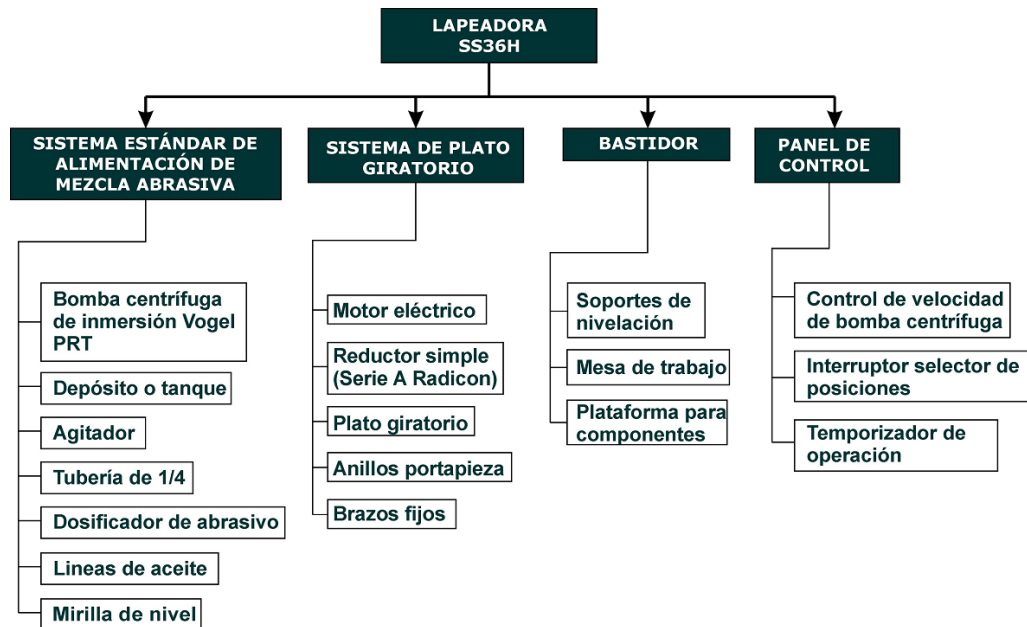
## Jerarquía de partes Cabina de lavado abrasivo – Sponge Jet



## Sistemas de la lapeadora SS36H



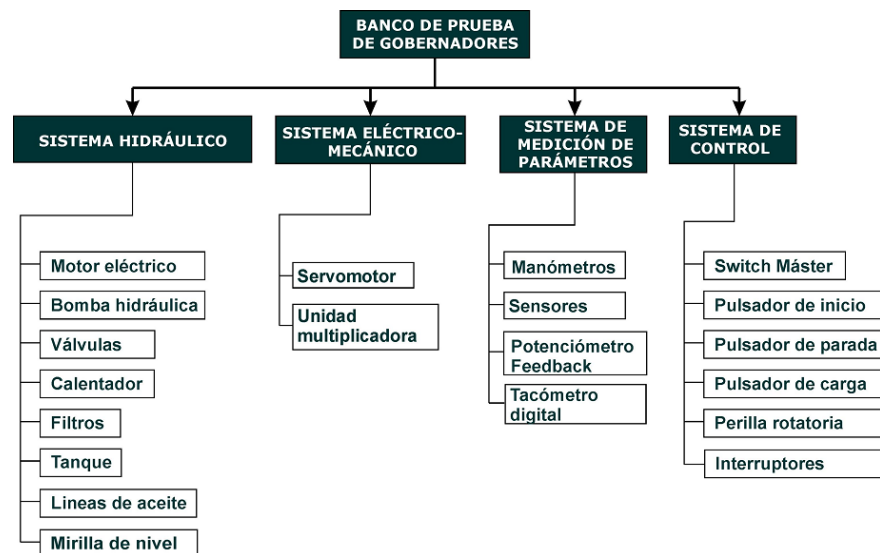
## Jerarquía de partes lapeadora SS36H



## Sistemas del banco de prueba de gobernadores




## Jerarquía de partes banco de prueba de gobernadores.



## ANEXO D. HOJA DE INFORMACIÓN RCM EQUIPOS CRÍTICOS

### Hoja de información RCM Equipo de lavado Hidrojet

|  |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACION RCM |  |   |   |                             | HRCM-001<br>Versión 1 |    |                                  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|---|-----------------------------|-----------------------|----|----------------------------------|--|--|---|
| <b>EQUIPO:</b><br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                                   |  | <b>MARCA:</b> AGUA ENERGY                                    | <b>TAG:</b> INT-LAV-01                                 | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>HOJA:</b><br>1 de 15     |                       |    |                                  |  |  |   |
|   |  | <b>MODELO:</b> C-500-PU158TI                                 | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |                       |    |                                  |  |  |   |
| SI  | SISTEMA  | C  | COMPONENTE   | F   | FUNCIÓN   | FF                          | FALLAS FUNCIONALES    | MF | MODOS DE FALLA                   | EFECTOS DE FALLA   |  |   |
| 1   | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | A  | REFRIGERACION DEL MOTOR                                | 1   | Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de 80 oC para su funcionamiento optimo. | A                           | Sobrecalentamiento    | 1  | Falta de refrigerante            | Esto permite la elevación de la temperatura del motor siendo indicada en el manómetro, calentándose hasta el punto de afectar el material de la culata ocasionando fracturas, quemando la junta y causando la parada del equipo por apagado del motor. La corrección requiere de 3 días de reparación para reemplazo de juntas, prueba de hermeticidad en la culata, abastecimiento de refrigerante y ajustes pertinentes. |  |   |
|   |  |  |  |   |   |                             |                       | 2  | Bomba de refrigerante defectuosa | Cuando la bomba de refrigerante no hace recirculación del fluido causa la elevación de la temperatura alcanzando hasta los 100 °C por la estanqueidad que se produce. La corrección requiere de 1 día de parada del equipo para reemplazo o reparación de la bomba.  |  |   |
|   |  |  |  |   |   |                             |                       | B  | Consumo excesivo de refrigerante | 1  | Junta de la culata presenta fugas internas     | Con la fuga del refrigerante en la junta, la temperatura del motor se eleva al igual que el consumo del liquido por la vaporización que se produce, el riesgo de quemaduras aumenta y la pérdida de potencia es notable, la corrección se realiza en 3 días reemplazando la junta quemada y abasteciendo el full del liquido enfriador.         |
|   |  |  |  |   |   |                             |                       |    |                                  | 2  | Grieta interna en la culata                    | Una grieta en la culata o el bloque genera fugas de refrigerante, aumenta tanto el consumo de fluido como la temperatura del Motor siendo evidenciado en el indicador, se genera vapor de liquido y hasta mal funcionamiento del motor. La reparación requiere de 2 semanas por diagnostico, relleno de grietas y rectificación de superficies. |
|   |  |  |  |   |   |                             |                       |    |                                  | 3  | Fugas en el intercambiador enfriador de aceite | Los escapes de fluido refrigerante en el intercambiador provoca consumo anormal del liquido y elevación de la temperatura del Motor, se ocasiona mezcla de aceite con agua y posible quema de juntas. Es necesario 2 días para reparación de enfriador, cambiando sellos y reacondicionamiento del equipo.                                      |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>2 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA  | C | COMPONENTE              | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES               | MF | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |
|----|--|---|-------------------------|---|---|----|----------------------------------|----|---|---|
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | A | REFRIGERACION DEL MOTOR | 1 | Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de 80 oC para su funcionamiento optimo. | B  | Consumo excesivo de refrigerante | 4  | Deterioro de la Junta entre la camisa y el bloque                   | El deterioro de la junta de la camisa permite fugas del refrigerante circundante de la camisa hacia el Carter del aceite mezclándose con el agua, elevando el consumo del mismo y el sobrellenado del lubricante, hay calentamiento del motor y riesgo de desgastes en las partes móviles del motor. El cambio de los sellos y ajuste de asientos requiere de 5 días tener fuera de servicio el equipo.             |
|    |  |   |                         |   |   |    |                                  | 5  | Tapón del drenaje de radiador suelto                                | El tapón suelto libera el liquido refrigerante por la parte inferior dándose lugar a un consumo irregular, charcos de fluido, calentamiento del motor y hasta posible quema de empaquetaduras presentando mal funcionamiento del motor y su parada de marcha por 2 días para ajustar tapón o corregir rosca, agregar refrigerante y hacer pruebas de retención y de potencia.                                       |
|    |  |   |                         |   |   |    |                                  | 6  | Grietas en tubos o tanques del radiador                             | Por las grietas se presentan fugas de liquido que causan un consumo de refrigerante irregular pues este sale libremente dejando charcos de liquido en el piso precedido de un posible el calentamiento excesivo del motor. Se requiere sacar de servicio el equipo durante 4 días por reparación de grietas, pruebas de hermeticidad y revestimiento de las partes afectadas.                                       |
|    |  | B | LUBRICACIÓN DEL MOTOR   | 1 | Lubricar las partes móviles del Motor a una presión de 80 psi.  | A  | Caída de presión del lubricante  | 1  | Falta de lubricante   | Un bajo nivel de lubricante da cabida a la bomba para que no se genere la presión requerida, permitiendo que hayan rozamientos entre las partes del motor hasta el punto en que se afecta los materiales de los elementos de rodadura generando ruidos, calentamiento y hasta un motor frenado. La corrección requiere de 1 semana para cambio de cojinetes y partes afectadas, ajustes y abastecimiento de aceite. |
|    |  |   |                         |   |   |    |                                  | 2  | Aceite diluido con otra sustancia (Aceite combustible para motores) | A un aceite diluido le cambian sus propiedades, por lo que no circulara con la presión requerida permitiendo rozamiento y desgastes de las partes del motor, es característico el ruido, las fugas y color del lubricante. 3 días fuera de servicio son necesarios para corregir la causa del segundo fluido, reemplazar el aceite y realizar pruebas de funcionamiento.  |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>3 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA  | C | COMPONENTE            | F | FUNCIÓN  | FF | FALLAS FUNCIONALES              | MF | MODOS DE FALLA                                | EFFECTOS DE FALLA  |  |  |
|----|--|---|-----------------------|---|--|----|---------------------------------|----|---|--|--|--|
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | B | LUBRICACIÓN DEL MOTOR | 1 | Lubricar las partes móviles del Motor a una presión de 80 psi. | A  | Caída de presión del lubricante | 3  | Desgaste excesivo de los cojinetes de bancada | El desgaste del cojinete libera el aceite mas fácilmente provocando una baja resistencia y una baja presión lo que puede permitir rozamientos y desgastes excesivos en las partes, baja indicación de presión, golpeteos secos y posibles bloqueos del motor causa la parada del equipo por 8 días para cambio de cojinetes, ajuste de tolerancias y puesta en marcha del motor.   |  |  |
|    |  |   |                       |   |  |    |                                 | 4  | Filtro de aceite obstruido.                   | La obstrucción del filtro no permite la circulación del aceite por el motor a la presión necesaria pues el flujo disminuye, esto permite que se generen desgastes, rozamientos entre las piezas y se presentan indicaciones erróneas muy elevadas, golpes secos, calentamiento de piezas y hasta frenado del motor. la intervención requiere de 8 días para cambio de cojinetes, filtro y realización de ajuste y abastecimiento de aceite lubricante. |  |  |
|    |  |   |                       |   |  |    |                                 | 5  | Bomba con desgaste excesivo o dañada          | La bomba desgastada no genera la resistencia necesaria que se requiere en el aceite, permitiendo rozamientos, desgastes nocivos en las piezas de motor, golpeteos, calentamiento de las partes y frenado del motor. Se requiere de 8 días tener fuera de servicio el equipo para cambio o reparación de la bomba.  |  |  |
|    |  |   |                       |   |  |    |                                 | B  | Consumo anormal de lubricante                 | 1  | Fugas externas                                       | El irregular control de las fugas externas provoca perdidas de lubricante, un nivel bajo puede repercutir en desgastes excesivo y/o quema de los cojinetes del motor a falta e lubricación, muestras de fluido son encontradas en el piso así como baja indicación de presión encendiéndose el piloto o bajando la aguja del análogo   |
|    |  |   |                       |   |  |    |                                 |    |   | 2  | Deterioro del segmento o anillo de aceite del pistón | Cuando el anillo presenta desgaste excesivo, el aceite del motor se pasa en pequeñas cantidades a la cámara de combustión alterando la mezcla y generándose un consumo de aceite de manera anormal, presentando humo azul, taponamiento de inyectores por carbón con perdida de potencia del motor. La corrección requiere 10 días parar para cambiar anillos y reparar inyectores |

| ecopETROL                                |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACION RCM |                       |   |   |  |   | HRCM-001<br>Versión 1 |                                     |  |  |
|--|--|--|-----------------------|---|---|--|---|-----------------------|-------------------------------------|--|--|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET |  | MARCA: AGUA ENERGY   |                       | TAG: INT-LAV-01                                 |   | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | HOJA:<br>4 de 15      |                                     |  |  |
|  |  | MODELO: C-500-PU158TI  |                       | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES |   | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   | FECHA:<br>10/07/2014  |                                     |  |  |
| SI                                       | SISTEMA  | C  | COMPONENTE            | F   | FUNCIÓN   | FF   | FALLAS FUNCIONALES                                  | MF                    | MODOS DE FALLA                      | EFFECTOS DE FALLA  |  |
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | B  | LUBRICACIÓN DEL MOTOR | 1   | Lubricar las partes móviles del Motor a una presión de 80 psi.                              | B  | Consumo anormal de lubricante                       | 3                     | Fugas internas por juntas           | Las fugas internas permite que hayan intercomunicación entre los sistemas lubricación refrigeración, presentando mal funcionamiento del motor con un consumo de aceite excesivo, riesgo de desgastes, calentamiento por mezcla de aceite / refrigerante y cambio de coloración del lubricante. El cambio de juntas defectuosas requiere de 6 días de para del equipo.                        |  |
|  |  |  |                       |   |   |  |   |                       | 4                                   | Guías de las válvulas desgastadas  | El desgaste de las guías permite el paso de aceite hacia la cámara de combustión alterando la mezcla y generándose un consumo de aceite de manera anormal, el humo azul es característico. Para el cambio de las guías es necesario parar el equipo durante 4 días.  |
|  |  |  |                       |   |   |  |   |                       | 5                                   | Sellos de turbocompresor defectuosos   | Las fugas a través del sellado del turbocompresor conllevan un consumo de lubricante mayor del habitual. Además el turbocompresor no funciona bien causando baja potencia y poco rendimiento del motor, El humo sale con coloración azul y el olor a aceite es percibido. Es necesario 4 días para reemplazo de bujes o cambio del turbocompresor por uno nuevo.                   |
|  |  | C  | INYECCION DEL MOTOR   | 1   | Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión requerida. | A  | La presión del combustible es superior a la máxima. | 1                     | El tarado del inyector es muy alto. | Como el taraje del inyector es muy alto, el combustible entra al cilindro a mayor presión de la requerida, se presenta mayor consumo de combustible, una combustión ineficiente con pérdida de potencia y humo negro, De acuerdo a esto se retrasan los trabajos de lavado durante 3 días por la parada del equipo para retirar los inyectores y en banco de pruebas lavarlos y calibrarlos. |  |
|  |  |  |                       |   |   |  |   |                       | 2                                   | Tobera parcialmente obstruida  | Toda tobera obstruida hace que la presión del combustible se eleve dentro de la bomba, pero no permite que llegue fluido al cilindro a la presión requerida para ser bien pulverizado, presentando así una inadecuada combustión humo bastante negro. Se deben bajar las toberas para limpieza sacando de línea el equipo por 3 horas.   |
|  |  |  |                       |   |   |  |   |                       | 3                                   | Alto Taraje en la válvula de retorno de combustible.   | El retorno del combustible a tanque esta dado por el paso a través de esta válvula que al estar con un alto taraje se sobrecargara la línea elevando la presión en el sistema y provocando una entrega de combustible excesiva lo que ocasiona mala combustión, pérdida de potencia y humo negro característico. La calibración de la válvula requiere 2 días de parada del equipo |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>5 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA  | C | COMPONENTE          | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES  | MF | MODOS DE FALLA  | EFECTOS DE FALLA   |
|----|--|---|---------------------|---|---|----|---|----|---|--|
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | C | INYECCION DEL MOTOR | 1 | Inyectar la cantidad de combustible necesaria en el momento preciso a la presión requerida. | B  | La presión del combustible es inferior a la mínima requerida. | 1  | Fugas en la línea de inyección.                                     | Con pérdida de combustible en las líneas, la presión del sistema no será la adecuada lo que ocasionara una combustión deficiente por la falta de combustible el la mezcla, el exceso de humo es característico junto a la baja potencia. Cambiar la línea o soldarla para repararla requiere de 2 días de parada del equipo, retrasando el procedimiento de lavado planeado. |
|    |  |   |                     |   |   |    |   | 2  | Fractura del resorte de taraje de la válvula de retorno de la bomba | La válvula permitirá paso de combustible con facilidad despresurizando el sistema y no entregando el combustible de manera eficiente, bajando la potencia por escases de combustible y presentando humo negro por mala mezcla. Es necesario 2 días para cambio de resorte y calibración de la válvula, para el lavado de los equipos en reparación.                          |
|    |  |   |                     |   |   |    |   | 3  | Leva de la bomba desgastada   | La leva desgastada no realiza el desplazamiento suficiente del pistón reciproco que comprime el combustible, entregando el combustible con baja presión y en una cantidad diferente a la requerida, provocando baja potencia y humo negro en la combustión debido a la mala mezcla. El cambio de la leva o eje de levas de la bomba requiere de 4 días de parada del equipo. |
|    |  |   |                     |   |   |    |   | 4  | Filtro de combustible obstruido                                     | La pérdida de flujo de combustible por la obstrucción del filtro, dejara sin alimentación a la bomba perdiendo la capacidad de entregar el combustible a la presión necesaria, dando lugar a mala combustión, humo de color negro y apagada del motor. El cambio de filtro, limpieza de las líneas y deposito requiere de 2 días de recurso humano.                          |
|    |  | D | ADMISION DEL MOTOR  | 1 | Ingresar aire limpio a los cilindros del motor  | A  | El aire no llega a los cilindros                              | 1  | Obstrucción en los conductos de circulación                         | Un conducto obstruido no permite circular aire hacia los cilindros, produciendo una ineficiente combustión, pérdida de potencia del motor y humo negro en consecuencia de la mala mezcla. La corrección conlleva el mantenimiento detallado de los ductos, deteniendo el equipo durante 8 horas.   |
|    |  |   |                     |   |   |    |   | 2  | Filtro de aire colmatado  | El filtro en ese estado no permite circular aire hacia los cilindros, produciendo una ineficiente combustión, pérdida de potencia del motor y humo negro en consecuencia de la mala mezcla. La corrección conlleva el reemplazo del filtro por uno nuevo deteniendo el equipo durante 8 horas, afectando el tiempo de lavado de los equipos.                                 |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>6 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA  | C | COMPONENTE                              | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES                        | MF | MODOS DE FALLA   | EFFECTOS DE FALLA   |
|----|--|---|---|---|---|----|---|----|--|---|
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | D | ADMISION DEL MOTOR                      | 1 | Ingresar aire limpio a los cilindros del motor  | B  | El aire llega a los cilindros sin filtrar | 1  | Mala instalación del filtro  | Un filtro de aire mal instalado deja pasar partículas que producen ralladura en las camisas de los cilindros y daño en los asientos de las válvulas, permitiendo escapes de compresión bajando la potencia del motor, escuchándose explosiones dentro del ducto de admisión. La corrección toma de 8 días de parada del equipo para cambio de válvulas, asientos, diagnostico de camisa de cilindro y ajuste o cambio del filtro de aire. |
|    |  |   |   |   |   |    |   | 2  | Ruptura del filtro de aire   | la ruptura del filtro deja pasar partículas que producen ralladura en las camisas de los cilindros y daño en los asientos de las válvulas, permitiendo escapes de compresión bajando la potencia del motor, escuchándose explosiones dentro del ducto de admisión. El cambio de válvulas, asiento s y filtro toma de 7 días de parada del equipo y atraso de lavado de partes.  |
|    |  | E | ESCAPE DEL MOTOR                        | 1 | Extraer los gases de la combustión desde los cilindros hacia el medio   | A  | Fuga de los gases de escape               | 1  | Excesivo deterioro de superficies de sello del multiple de escape. | Al estar deterioradas las superficies se presentan fugas de humos por lugares inadecuados y fuertes ruidos, el riesgo de inhalación de gases es inminente. La rectificación de superficiales y cambio de sellos requiere de parar el equipo durante 2 días.   |
|    |  |   |   |   |   |    |   | 2  | Ruptura de los ductos del silenciador.                             | La perforaciones de los ductos presentan fugas de gases tóxicos por lugares inadecuados además de fuertes ruidos, manchas de hollín en las superficies del motor, calentamiento y probabilidad de inhalación de gases. La reparación con revestimientos y soldadura requiere de 2 días de detención del proceso de lavado y apagada del equipo.   |
|    |  |   |   |   |   |    |   | B  | Obstrucción del flujo de los gases                                 | 1   |
|    |  | F | DISTRIBUCION Y SINCRONIZACION DEL MOTOR | 1 | Ajustar la combinación requerida para comprimir el aire de admisión a la presión requerida para la combustión | A  | El aire no alcanza la presión requerida   | 1  | Muelle de válvula roto.  | Un muelle de válvula roto, hace que la válvula no se abra y cierre como se requiere causando problemas en la combustión, golpes fuertes y bloqueo del motor por caiga de la válvula dentro del cilindro. Corregir el problema requiere 8 días de parada del equipo por reemplazo de válvula, muelle, pines, juntas y calibración del válvulas.  |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>7 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA  | C | COMPONENTE                              | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES                      | MF | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |
|----|--|---|---|---|---|----|---|----|---|---|
| 1  | SISTEMA DE GENERACION DE POTENCIA MOTOR DIESEL | F | DISTRIBUCION Y SINCRONIZACION DEL MOTOR | 1 | Ajustar la combinación requerida para comprimir el aire de admisión a la presión requerida para la combustión | A  | El aire no alcanza la presión requerida | 2  | válvula o asiento quemado   | La hermeticidad en el cilindro no es correcta lo que provoca una baja compresión, una combustión ineficiente, disminución de la potencia y explosiones en el ducto de admisión. Es necesario sacar de servicio el equipo durante 8 días para cambio de asiento y válvula realizando su respectiva calibración y ajuste.   |
|    |  |   |   |   |   |    |   | 3  | Descompensación en la calibración de válvulas o reglaje de taques | La descalibración hace que las válvulas golpeen fuerte por las altas tolerancias, el cierre y apertura se presenta en forma descompensada interfiriendo en la toma de aire y la evacuación de gases, llevando a una combustión anormal, ruidos extraños, baja potencia del motor y recalentamiento. Se requiere sacar de servicio el equipo durante 4 días para calibrar las válvulas siguiendo el orden de encendido y realizando pruebas de funcionamiento. |
| 2  | SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA                      | A | LUBRICACION DE LA BOMBA PRINCIPAL       | 1 | Lubricar las partes móviles de la bomba de agua de alta presión   | A  | Aceite con presión insuficiente         | 1  | Bomba con desgaste excesivo                                       | El mal estado de la bomba no suministra aceite a la presión adecuada, permitiendo rozamientos, desgastes nocivos en los cojinetes del cigüeñal, golpeteos y calentamiento de las partes. Se requiere de 8 días tener fuera de servicio el equipo para cambio o reparación de la bomba de lubricación y reemplazo de cojinetes de llegar a ser afectados.  |
|    |  |   |   |   |   |    |   | 2  | Tolerancias internas entre cojinetes demasiado altas              | Las tolerancia altas permiten liberar el aceite mas fácilmente y por ello hay baja presión, causando rozamientos y desgastes excesivos en las partes involucradas, baja indicación de presión es admirable y golpeteos secos que causan la parada del equipo por 5 días para cambio de cojinetes, ajuste de tolerancias y abastecimiento de aceite.   |
|    |  |   |   |   |   |    |   | 3  | Polea y banda de la bomba se deslizan entre si.                   | Que la polea y banda deslicen entre si causa disminución de la velocidad de giro de la bomba de lubricación, bajando su eficiencia y permitiendo que se presenten desgastes en las partes lubricadas debido a rozamientos. Un ruido agudo es apreciable al deslizar las superficies y el olor a caucho quemado es característico. Se requiere detener los procedimientos durante de 4 días para cambio de partes desgastadas, reemplazo y ajuste de la banda. |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>8 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                   | C | COMPONENTE                        | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES                   | MF                      | MODOS DE FALLA                      | EFFECTOS DE FALLA  |
|----|---------------------------|---|-----------------------------------|---|---|----|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|
| 2  | SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA | A | LUBRICACION DE LA BOMBA PRINCIPAL | 1 | Lubricar las partes móviles de la bomba de agua de alta presión | A  | Aceite con presión insuficiente      | 4                       | Filtro del aceite obstruido         | La obstrucción del filtro no permite la circulación del aceite desde la bomba de lubricación hasta las partes lubricadas, esto permite que se generen desgastes internos, presiones en el filtro muy elevadas, posibles golpeteos entre los cojinetes y calentamiento. la intervención requiere de 4 días para cambio de filtro, diagnóstico y reparaciones partes afectadas así como abastecimiento de nuevo aceite lubricante. |
|    |                           |   |                                   |   |   |    |                                      | 5                       | Aceite diluido                      | A un aceite diluido le cambian sus propiedades, por lo que no circulara con la presión requerida permitiendo rozamiento y desgastes de las partes de la bomba, es característico golpes internos, facilidad de fugas y color del lubricante. 1 día fuera de servicio son necesarios para reemplazar el aceite y realizar pruebas de funcionamiento.  |
|    |                           |   |                                   |   |   |    | B                                    | Gasto anormal de aceite | 1                                   | Desgaste en sellos de los ejes de las bielas y/o sellos del cigüeñal   |
|    |                           |   |                                   |   |   |    |                                      | 2                       | Tubos del enfriador de aceite rotos | La fuga de aceite por un tubo roto del enfriador genera una pérdida de aceite hacia el agua, bajando el nivel de lubricante, se presenta una mezcla de aceite- agua en el lavado, se afecta el filtro del agua y el proceso de bombeo a presión baja su eficiencia. El cambio del tubo roto o el taponamiento, tomara de 2 días del trabajo del equipo atrasando así el proceso.   |
|    |                           | B | BOMBA DE PRESION                  | 1 | Suministrar agua a alta presión                                 | A  | Baja presión de precarga de la bomba | 1                       | Bomba de precarga desgastada.       | Una baja presión de precarga por la bomba desgastada, conlleva a una baja presión de entrega de la bomba de alta presión, saliendo agua para el lavado con poca capacidad, retrasando el proceso de limpieza y la entrega del equipo en la planta. Sera necesario durante 2 días parar el equipo para cambio de anillo, paletas y tapas de la bomba o cambiar definitivamente de ser necesario.                                  |




DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>9 de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                   | C | COMPONENTE       | F | FUNCIÓN  | FF | FALLAS FUNCIONALES                                    | MF   | MODOS DE FALLA   | EFECTOS DE FALLA   |
|----|---------------------------|---|------------------|---|--|----|---|--|--|--|
| 2  | SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA | B | BOMBA DE PRESION | 1 | Suministrar agua a alta presión                              | A  | Baja presión de precarga de la bomba                  | 2  | Filtro de agua obstruido por partículas externas   | Un mínimo caudal de precarga por la obstrucción del filtro, causara un déficit en la entrega de la bomba de alta presión, calentamiento de la bomba de precarga y aumento de la temperatura del aceite de lubricación de la bomba de alta presión, el retraso del proceso de lavado es inminente debido a parada del equipo por 2 días para reemplazar el filtro y realizar mantenimiento tanto a los ductos como al alojamiento del filtro. |
|    |                           |   |                  |   |  |    | La entrega de agua a alta presión es nula             | 1  | Válvula del cabezal de succión pegada  | Con la válvula pegada, no se tiene disposición de agua a alta presión para realizar la limpieza, puesto que no hay entrada de agua al cabezal de succión, las partes para lavados no se entregan a tiempo atrasando el plan de trabajo de la planta. Para realizar la restauración se requiere de 2 días para reparar la válvula o ser instalada una nueva.  |
|    |                           |   |                  |   |  |    |   | 2  | Bloqueo de la válvula de cabezal de compresión   | El bloqueo de esta válvula invalida el equipo para proporción agua a alta presión siendo notable en nulo flujo en la salida del ducto de lavado, causando que los procedimientos de limpieza se retrasen alterando el plan de trabajo programado. Para la pronta puesta en marcha del equipo se requiere una parada del equipo por 2 días para reparación o reemplazar la válvula afectada.  |
|    |                           |   |                  |   |  |    | 3   | Regulador de presión de mando manual ubicado en 0 psi. | EL regulador ubicado en cero controla que no haya entrega de agua a presión, anulando así el flujo hacia el patio de lavado y afectando el tiempo establecido para la limpieza de las piezas. La capacitación del personal de operación es lo que se requiere y consta de curso de 12 horas hábiles, manteniendo el equipo fuera de servicio mientras esto ocurre. |  |
|    |                           |   |                  |   | La presión de entrega de la bomba no sube a mas de 1000 PSI. | C  | Taraje inadecuado en la válvula reguladora de presión | 1  |  | La válvula con calibración errónea no entregara la presión suficiente, observándose una inadecuada calidad de lavado requiriendo así mas tiempo para realizar el procedimiento. Es necesario detener el equipo por 1 día para calibrar la válvula al taraje optimo que permita ejecutar el proceso con mejores resultados.   |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB</b><br><b>HOJA DE INFORMACION RCM</b> |                           |   |   |                     |   |  |  | <b>HRCM-001</b><br><b>Versión 1</b> |  |   |
|--|---------------------------|---|---|---------------------|---|--|--|-------------------------------------|--|---|
| <b>EQUIPO:</b><br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |                           |   | <b>MARCA:</b> AGUA ENERGY<br><br><b>MODELO:</b> C-500-PU158TI |                     | <b>TAG:</b> INT-LAV-01<br><br><b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES                                  |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS<br><br><b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |                                     | <b>HOJA:</b><br>10 de 15<br><br><b>FECHA:</b><br>10/07/2014    |   |
| SI   | SISTEMA                   | C | COMPONENTE  | F                   | FUNCIÓN   | FF   | FALLAS FUNCIONALES   | MF                                  | MODOS DE FALLA   | EFECTOS DE FALLA  |
| 2  | SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA | B | BOMBA DE PRESION  | 1                   | Suministrar agua a alta presión   | C  | La presión de entrega de la bomba no sube a mas de 1000 PSI.   | 2                                   | Perdida de sello entre los pistones de compresion y la camisa  | Las tolerancias por desgaste en el sistema pistón-camisa de la bomba reciprocante, hacen que la compresión del agua no sea la adecuada resultando en una pérdida de presión y flujo, es notable la baja calidad del proceso de lavado de equipos y al extensión en tiempo de limpieza. Se requiere detener el equipo por 4 días para cambiar las camisas de deslizamiento de los pistones de compresión y los sellos realizando los ajustes pertinentes.                            |
|  |                           |   | C   | ENFRIADOR DE ACEITE | 1   | Refrigerar el aceite de lubricación de la bomba logrando la estabilidad de sus propiedades | A  | Aceite con temperatura elevada      | 1  | No hay flujo de agua de transferencia   |
|  |                           |   |   |                     |   |  |  | 2                                   | Tubos del intercambiador obstruidos                            | Con tubos obstruidos, el intercambio de calor no se presenta según el diseño, lo que provoca que el calor que no se retira del aceite aumente la temperatura del mismo, ocasionando que este pierda sus propiedades y de cabida a rozamientos y desgastes en los cojinetes. La corrección se logra sacando de servicio el equipo durante 4 días para realizar procedimiento de limpieza a los tubos del enfriador, viéndose atrasando el programa de limpieza de componentes.       |
| 3  | SISTEMA DE TRANSMISION    | A | TRANSMISION MOTOR DIESEL - BOMBAS                             | 1                   | Transmitir potencia mecánica del motor diésel a la bomba de agua de alta presión, disminuyendo la velocidad de 1:0,5. | A  | La bomba no gira   | 1                                   | La banda de transmisión tiene el dentado excesivamente gastado | El dentado de la banda asegura la transmisión banda - engranaje de bomba, de estar desgastada, se producirá un deslizamiento, detenimiento de la bomba y ruidos de traslape entre las superficies, los atrasos del proceso de lavado de equipos son considerables y la pérdida de tiempo del recurso humano durante 2 días es causado por la parada del equipo para reemplazo de la banda y ajustes pertinentes .   |
|  |                           |   |   |                     |   |  |  | 2                                   | Banda de transmisión rota                                      | La rotura de la banda de transmisión de potencia ocasiona que la bomba sea inhabilitada para entregar agua a presión, los golpes que se generan por el choque entre la banda y el conjunto protector son fuertes, el riesgo de incrustarse en las otras bandas así como el atraso en el proceso de lavado de equipos son considerados. Se realiza el cambio de la banda, retiro de los fragmentos dispersos y se hacen los ajustes correspondientes en 2 días de parada del equipo. |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>11 de 15    |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                       | C  | COMPONENTE                        | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES | MF | MODOS DE FALLA                                 | EFECTOS DE FALLA   |
|----|-------------------------------|--|-----------------------------------|---|---|----|--------------------|----|--|--|
| 3  | SISTEMA DE TRANSMISION        | A  | TRANSMISION MOTOR DIESEL - BOMBAS | 1 | Transmitir potencia mecánica del motor diésel a la bomba de agua de alta presión, disminuyendo la velocidad de 1:0,5. | A  | La bomba no gira   | 3  | Fractura de la chaveta de la polea de la bomba | La chaveta fracturada conlleva a que la rotación de la polea no sea transmitida al eje de la bomba deteniéndose el proceso de compresión del agua que es enviada para el patio de lavado, el ruido agudo es característico por la rodadura en seco que se presentara en las superficies con riesgo a que la polea se salga del eje ocasionando un choque fuerte. La entrega de partes limpias se atrasa debido a la parada del equipo por 3 días para realizar cambio de la chaveta, reparación del chavetero, montaje de la polea y ajuste de la banda. |
|    |                               |  |                                   |   |   |    |                    | 2  | La tensión de la banda es insuficiente         | La tensión asegura la transmisión cuando se trata de una banda de este tipo, de esta manera si no hay tensión suficiente la banda deslizará y la bomba no girará continuamente causando una intermitente entrega de agua de precarga y poco flujo de aceite de lubricación hacia la bomba de alta presión, dando cabida a desgastes, calentamientos y ruidos agudos. La corrección requiere de 1 día para dar el ajuste correspondiente a la banda.  |
|    |                               |  |                                   |   |   |    |                    |    |  | 2  |
| 3  | Bomba rodamientos defectuosos | Los rodamientos con un punto crítico de vida útil e inadecuada lubricación quedan frenados, bloqueando el giro de la bomba lo que ocasiona la no entrega de agua de precarga e inadecuada lubricación de la bomba principal, generando desgastes y ruidos fuertes. El cambio de rodamientos y las correcciones respectivas tomarán de 2 días de parada del equipo. |                                   |   |   |    |                    |    |  |  |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>12 de 15    |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA           | C | COMPONENTE        | F | FUNCIÓN  | FF | FALLAS FUNCIONALES                | MF | MODOS DE FALLA                | EFFECTOS DE FALLA   |  |
|----|-------------------|---|-------------------|---|--|----|-----------------------------------|----|-------------------------------|---|--|
| 4  | SISTEMA ELECTRICO | A | MOTOR DE ARRANQUE | 1 | Entregar un impulso de rotación inicial al motor diésel, brindándole la energía para el despegue inercial y su puesta en marcha. | A  | No hay giro del motor de arranque | 1  | Motor con escobillas quemadas | La energía de rotación inicial que requiere el motor diésel para el encendido no se presenta, lo que lleva a la no puesta en marcha del equipo, al atrasando los trabajos de limpieza y al diagnostico y reparación inmediata del motor de arranque que tomara 2 días de recurso humano por cambio de escobillas, embobinado y reemplazo de rodamientos.  |  |
| 4  | SISTEMA ELECTRICO | A | MOTOR DE ARRANQUE | 1 | Entregar un impulso de rotación inicial al motor diésel, brindándole la energía para el despegue inercial y su puesta en marcha. | A  | No hay giro del motor de arranque | 2  | Contactos eléctricos aislados | El aislamiento de la energía de alimentación del motor de arranque no permite que este genere la rotación inicial que requiere el motor diésel para ser encendido, no logrando la puesta en marcha del equipo ni la entrega de agua a presión requerida, ocasionando atraso en los trabajos de limpieza, calentamiento de cableado y quema de elementos de seguridad. Son necesarios 2 días para limpiar los contactos, ajustarlos y reemplazar los fusibles averiados. |  |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                                   | B  | 1                             | Dentado del Piñón del motor de arranque excesivamente desgastado  | Al estar desgastado el piñón no hay engrane entre el motor de arranque y el motor diésel, escuchándose ruidos fuertes y no logrando la puesta del equipo, se ocasiona el atraso de entrega de partes para ser instalados debido a la parada del equipo durante 2 días para reemplazar el piñón y realizar pruebas de funcionamiento.   |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                                   |    | 2                             | Automático de salida del Piñón del motor de arranque esta quemado   | La quema del automático del motor de arranque hace que no salga el piñón del motor de arranque al encuentro con la cremallera del motor diésel, escuchándose el ruido de giro del arranque pero no logrando el engrane y tampoco la puesta en marcha del motor, el atraso en los procedimientos del lavado es inevitable ocasionando alteraciones en el PDT. Se requieren 2 días para cambio de automático, pruebas y montaje de componente. |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>13 de 15    |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA           | C | COMPONENTE        | F | FUNCIÓN  | FF | FALLAS FUNCIONALES               | MF | MODOS DE FALLA   | EFECTOS DE FALLA   |   |  |   |                             |   |   |   |
|----|-------------------|---|-------------------|---|--|----|----------------------------------|----|--|--|---|--|---|-----------------------------|---|---|---|
| 4  | SISTEMA ELECTRICO | A | MOTOR DE ARRANQUE | 1 | Entregar un impulso de rotación inicial al motor diésel, brindándole la energía para el despegue inercial y su puesta en marcha.                           | C  | Motor de arranque gira muy lento | 1  | Energía insuficiente para poner en marcha el motor de arranque | El motor de arranque requiere de un alto voltaje y corriente para su funcionamiento, con energía insuficiente, el motor de arranque no girara con alta velocidad por lo que el motor de combustión no alcanzara su punto de arranque lo que ocasionara que no se ponga en marcha el equipo. Es necesario 2 días para recargar las baterías o de ser necesario reemplazarlas. |   |  |   |                             |   |   |   |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                                  |    | B  | ALTERNADOR (PLANTA)  | 1   | Generar 10 Amperios regulados de energía eléctrica para reemplazar la descarga de las baterías generada por la puesta en marcha del motor y la operación normal del mismo. | A | No genera energía eléctrica | 1 | Desgaste de escobillas y/o perdida de contacto de las escobillas con el rotor | El alternador pierde la capacidad de general energía, aunque el funcionamiento del motor Diésel continuara de manera normal mientras la batería posea carga, de lo contrario se detendrá el equipo por completo, no obteniendo el agua a presión para realizar los procedimientos y atrasando el lavado de partes. Se requiere de 2 días de parada de operación para reparación de la planta o según diagnostico reemplazarla de ser necesario. |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                                  |    |  |  |   |  |   |                             |   | 2   | No hay energía de inducción a la carga  |
|    |                   | C | SERVOACELERADOR   | 1 | Acelerar el motor Diésel de manera controlada siguiendo una señal retroalimentada que esta en función de los requerimientos de caudal y presión de lavado. | A  | No hay aceleración del motor     | 1  | Señal de retroalimentación aislada                             | El motor Diesel no tendrá la capacidad de acelerar ni controlar sus revoluciones, alterandose la entrega de presión requerida y afectandose la calidad de procedimiento de lavado, se detecta que el ruido del motor es constante aunque se este exigiendo potencia. Se requiere 2 días para diagnostico, limpieza de contactos, cambios de cableado y pruebas pertinentes.  |   |  |   |                             |   |   |   |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                                  |    | 2  | Servoacelerador se encuentra quemado   | La capacidad de acelerar y controlar las revoluciones del motor diésel es nula, alterándose la entrega de presión requerida y afectándose la calidad del proceso de limpieza de partes, se detecta que el ruido del motor es constante aunque se este requiriendo potencia. Se requiere 2 días para reemplazo de servoacelerador, ajuste de mecanismos y pruebas pertinentes. |  |   |                             |   |   |   |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                                  |    |  |  |   |  |   |                             |   |   |   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>14 de 15    |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA           | C | COMPONENTE        | F | FUNCIÓN  | FF | FALLAS FUNCIONALES        | MF | MODOS DE FALLA                     | EFECTOS DE FALLA   |
|----|-------------------|---|-------------------|---|--|----|---------------------------|----|------------------------------------|--|
| 4  | SISTEMA ELECTRICO | D | BATERIA           | 1 | Alimentar de energía el equipo con un voltaje de 24 Voltios continuos supliendo así con todos requerimientos eléctricos. | A  | Voltaje no supera los 5 V | 1  | Bajo nivel de agua desmineralizada | El bajo nivel de agua hará perder la capacidad de almacenar energía en la batería incapacitando el funcionamiento del equipo para la puesta en marcha mas exactamente, ocasionando la inhabilidad de comprimir el agua para ser entregada para el lavado y requiriendo de 2 días para abastecer de agua las baterías y cargarlas a sus 12 voltios.       |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                           | 2  | Batería en cortocircuito interno   | No será fuente útil, y no permitirá la puesta en marcha del motor de arranque y demás componentes eléctricos, los procedimientos de lavado presentan atraso, el riesgo de explosión de la batería y al contacto con acido son de alta probabilidad. Es necesario de 1 día para reemplazo de batería, corregir conexiones y realizar pruebas pertinentes. |
|    |                   |   |                   |   |  |    |                           | 3  | Batería descargada                 | No logra la capacidad de entrega energetica requerida y no permitirá la puesta en marcha del motor de arranque para encendido del motor diesel, atrasandose el inicio de los procedimientos de lavado y requiriendo de 2 dias de recarga continua de 5 A hasta alcanzar su voltaje nominal de 12 V.  |
|    |                   | E | SWICH DE ARRANQUE | 1 | Conectar de manera manual y controlada la fuente de energía con el motor de arranque.                                    | A  | No gira                   | 1  | Swich pegado                       | Dar inicio de arranque al motor es un inconveniente causado por el daño, se atrasan los procedimiento de lavado de piezas y se altera así el Plan detallado de trabajo establecido. La corrección requiere de 1 día para cambio del elemento, conectarlo y realizar pruebas respectivas.   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                       |   |  |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | MARCA: AGUA ENERGY    | TAG: INT-LAV-01                                 | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>15de 15     |
|  | MODELO: C-500-PU158TI | UBICACIÓN: TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA | C | COMPONENTE        | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES | MF | MODOS DE FALLA              | EFFECTOS DE FALLA  |
|----|---------|---|-------------------|---|---|----|--------------------|----|-----------------------------|--|
|    |         | E | SWICH DE ARRANQUE | 1 | Conectar de manera manual y controlada la fuente de energía con el motor de arranque. | A  | No gira            | 1  | Swich pegado                | Dar inicio de arranque al motor es un inconveniente causado por el daño, se atrasan los procedimientos de lavado de piezas y se altera así el Plan detallado de trabajo establecido. La corrección requiere de 1 día para cambio del elemento, conectarlo y realizar pruebas respectivas.  |
|    |         |   |                   |   |   | B  | No hay voltaje     | 1  | Contactos externos aislados | No se lograra dar marcha al equipo debido a que los contactos aislados no hacen puente correcto entre la fuente y el motor de arranque, el atraso en la limpieza de equipos es inevitable. Es necesario sacar de servicio el equipo durante 2 días para reemplazar del swich y habilitar cableado defectuoso junto con las terminales de conexión. |

Fuente: Autores del proyecto

## Hoja de información RCM Cabina de lavado Sponge-Jet

| ecopETROL                              |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB |  |   |  |    |  | HRCM-001  |   |  |  |   |
|--|--|-------------------------------------|--|---|--|----|--|-----------|---|--|--|---|
|  |  | HOJA DE INFORMACIÓN RCM             |  |   |  |    |  | Versión 1 |   |  |  |   |
| EQUIPO:                                |  |                                     | MARCA:   |   | TAG:   |    | FACILITADORES:   |           |   |  |  |   |
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET |  |                                     | SPONGE-JET   |   | MEC-LAV-01   |    | WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA           |           |   |  |  |   |
|  |  |                                     | MODELO:  |   | UBICACIÓN:   |    | REVISÓ:  |           |   |  |  |   |
|  |  |                                     | KWIETKAVETM IN-SHOP B<br>VAC                       |   | TALLER DE MECÁNICA   |    | CARLOS BORRAS PINILLA  |           |   |  |  |   |
|  |  |                                     |  |   |  |    | HOJA:  |           |   |  |  |   |
|  |  |                                     |  |   |  |    | 1 de 5   |           |   |  |  |   |
|  |  |                                     |  |   |  |    | FECHA:   |           |   |  |  |   |
|  |  |                                     |  |   |  |    | 10 - 07-2014   |           |   |  |  |   |
| SI                                     | SISTEMAS   | C                                   | COMPONENTES  | F | FUNCION  | FF | FALLAS FUNCIONALES   | MF        | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA  |  |   |
| 1                                      | SILO DE ALMACENAMIENTO O CICLÓNICO DE RECUPERACIÓN | A                                   | Ciclón almacenamiento de                           | 1 | Contener el proceso de separación de mezcla  | A  | Pérdida de contención  | 1         | Grietas en la lámina estructural  | En las paredes del silo se presentan grietas, con fugas de material abrasivo al exterior del equipo. La pérdida de flujo no permite mantener un chorro uniforme para la limpieza de partes. De ocurrir podría generar expulsión de partículas a alta velocidad. Tiempo para reparación de silo hasta 3 días. |  |   |
|  |  |                                     | B  |   | Actuador Neumático   |    | 1  |           | Separar el material abrasivo reciclado de la corriente de aire de vacío mediante fuerza centrífuga. | A  | No hay separación del material abrasivo      | 1   |
|  |  |                                     |  |   |  |    |  | 2         | Ducto de alimentación neumática obstruido   | Se observa ausencia de material abrasivo en el actuador neumático. La acumulación de cuerpos extraños en la manguera de alimentación neumática impide la circulación de material abrasivo hasta el punto en el cual el ducto es perforado. Tiempo para cambiar el ducto 1 día.                               |  |   |
| 2                                      | RECICLADOR NEUMÁTICO SPONGE-JET                    | A                                   | Clasificador vibratorio de medios (Diámetro 50 cm) | 1 | Separar los diferentes tamaños de material abrasivo para recircular el que mantiene sus características. | A  | Alimentación de material con tamaño mayor al requerido para el proceso | 1         | Tamiz central desgastado  | El chorro de material abrasivo contiene granos de mayor tamaño al requerido. El desgaste en el tamiz de separación permite el paso de granos de tamaños superior al necesario para la limpieza de partes. Tiempo de parada de máquina para cambio de tamiz es 1 día.   |  |   |
|  |  |                                     |  |   |  |    | B  |           | El movimiento oscilatorio no es suficiente para separar los medios                                  | 1  | Exceso de material abrasivo en el reciclador | Cantidades altas de material abrasivo en el clasificador. La sobrecarga de medio abrasivo impide el movimiento oscilatorio del equipo. Es necesario 1 día de parada de la máquina para mantenimiento detallado y liberación del mecanismo bloqueado.  |
|  |  |                                     |  |   |  |    |  |           |   | 2  | Desajuste en mecanismo de oscilación         | Bajas vibraciones y movimiento lento en el clasificador vibratorio. Valores altos en las tolerancias del mecanismo de oscilación no permiten la transmisión correcta del movimiento. Tiempo de parada de máquina para instalación de rotulas, guías y resortes requiere de 2 días sin programación. |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
HOJA DE INFORMACIÓN RCM

HRCM-001  
Versión 1

| EQUIPO:                                |   | MARCA:     | TAG:                     | FACILITADORES:   | HOJA:  |    |   |    |   |   |   |   |                                       |   |
|--|---|------------|--------------------------|--|--|----|---|----|---|---|---|---|---------------------------------------|---|
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET |   | SPONGE-JET | MEC-LAV-01               | WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA | 2 de 5   |    |   |    |   |   |   |   |                                       |   |
| SI                                     | SISTEMAS                                      | C          | COMPONENTES              | F  | FUNCION  | FF | FALLAS FUNCIONALES  | MF | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |   |   |                                       |   |
| 2                                      | RECICLADOR NEUMÁTICO SPONGE-JET               | B          | Tambores de desecho      | 1  | Almacenar material residual  | A  | No hay espacio de almacenamiento en los tambores              | 1  | Material de desecho supera el nivel máximo del tambor               | Partículas de material abrasivo dispersas alrededor del equipo, donde el contacto con el personal de operación es inevitable.   |   |   |                                       |   |
|  |   |            |                          |  |  | B  | El flujo de desecho en la descarga está parcialmente detenido | 1  | Acumulación excesiva en el ducto de descarga de material abrasivo   | Disminución en el flujo de abrasivo por la tubería de descarga hacia el tambor de desecho. No es posible almacenar el material residual en los tambores. El tiempo de parada de equipo por limpieza de tubería es de 3 horas.   |   |   |                                       |   |
| 3                                      | EYECTOR DE VACÍO DE ALTO VOLUMEN Y BAJO RUIDO | A          | Eyector de vacío         | 1  | Succionar los medios abrasivos Sponge del cabezal de vacío a través de los componentes no presurizados | A  | No hay succión de medio abrasivo                              | 1  | Válvula de suministro de aire atascada en posición cerrada          | El material abrasivo no circula por los diferentes sistemas despresurizados. No hay presencia de abrasivo en la mezcla para realizar las operaciones de limpieza. Tiempo de parada del equipo para cambiar válvula es de 1 día. |   |   |                                       |   |
|  |   |            |                          |  |  | B  | Filtro de aire  | 1  | Bloquear el paso de partículas en la corriente de aire del eyector. | A   | Entrada de partículas externas al eyector | 1 | Malla de filtrado desgastada          | Material externo presente en la corriente de aire. El aire no es filtrado y se presenta alteración en la composición de la mezcla de abrasivo, afectando la calidad de la limpieza de la superficie. Atraso en los procedimientos por requerir doble Tiempo para dar óptimo resultado de limpieza.  |
|  |   |            |                          |  |  |    |   |    |   | B   | Flujo de aire restringido                 | 1 | Filtro obstruido con material externo | El flujo de aire se reduce en un alto porcentaje debido a las restricciones que se presentan por la acumulación de partículas. Los requerimientos de succión neumática necesarios para el transporte de los medios abrasivos no son suficientes para cumplir con la demanda necesaria. Parada del equipo durante 1 día por reemplazo de filtro y limpieza de contenedor respectivo. |
|  |   | C          | Manguera de Vacío (15 m) | 1  | Transportar el flujo de vacío desde el cabezal hasta la unidad de alimentación                         | A  | Paso restringido de material abrasivo                         | 1  | Contracción por sobrecarga de succión                               | Un tramo de manguera se encuentra contraído. El paso de mezcla abrasiva es restringido. Tiempo de parada de máquina para cambio de manguera de succión hasta 2 días.  |   |   |                                       |   |
|  |   |            |                          |  |  |    |   | 2  | Acumulación de material Sponge                                      | Concentración de material particulados al interior de la manguera de vacío. Paso limitado de la corriente de vacío. Tiempo de parada de máquina para limpiar interior de manguera 2 horas.                                      |   |   |                                       |   |
|  |   |            |                          |  |  | B  | Fugas de aire   | 1  | Corte transversal de la manguera                                    | Manguera de vacío con algunos cortes. Succión de material abrasivo insuficiente por pérdida de la corriente de vacío. Tiempo de parada de máquina por cambio de manguera de vacío alrededor de 2 días.                          |   |   |                                       |   |




DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
HOJA DE INFORMACIÓN RCM

HRCM-001  
Versión 1


| EQUIPO:                                |  | MARCA:                            | TAG:  | FACILITADORES:   | HOJA:  |    |  |    |   |   |
|--|--|-----------------------------------|---|--|--|----|--|----|---|---|
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET |  | SPONGE-JET                        | MEC-LAV-01                                  | WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA | 3 de 5   |    |  |    |   |   |
|  |  | MODELO: KWIETKAVETM IN-SHOP B VAC | UBICACIÓN: TALLER DE MECÁNICA               | REVISÓ: CARLOS BORRAS PINILLA                                | FECHA: 10 - 07-2014  |    |  |    |   |   |
| SI                                     | SISTEMAS   | C                                 | COMPONENTES                                 | F  | FUNCION  | FF | FALLAS FUNCIONALES                                       | MF | MODOS DE FALLA                          | EFFECTOS DE FALLA   |
| 3                                      | EYECTOR DE VACÍO DE ALTO VOLUMEN Y BAJO RUIDO                            | C                                 | Manguera de Vacío (15 m)                    | 1  | Transportar el flujo de vacío desde el cabezal hasta la unidad de alimentación                         | B  | Fugas de aire  | 2  | Desacople en uniones                    | Fugas en los acoples de los extremos de la manguera de vacío. Insuficiencia en la corriente de vacío para succionar el medio abrasivo. Tiempo de parada de máquina por cambio de uniones aproximadamente 1 día.   |
| 4                                      | SILO DE ALMACENAMIENTO O CICLÓNICO PARA LA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN 400 HP | A                                 | Ciclón de almacenamiento                    | 1  | Contener el proceso de separación mezcla.  | A  | Pérdida de contención                                    | 1  | Grietas en la lámina estructural        | Grietas en las paredes del silo, con fugas de material abrasivo al exterior del equipo a alta velocidad. La pérdida de flujo no permite la alimentación continua de material abrasivo. Expulsión de partículas a gran velocidad al exterior del equipo. Tiempo de parada por reparación de silo hasta 3 días. |
|  |  | B                                 | Actuador Neumático                          | 1  | Separar el material abrasivo reutilizable de la corriente de aire de vacío mediante fuerza centrífuga. | A  | No hay separación del material abrasivo                  | 1  | Presión de aire insuficiente            | Poca cantidad de material abrasivo en la unidad de alimentación. baja calidad de remoción de material en las piezas a limpiar y sobrecargas de abrasivo en los demás componentes de la línea de vacío. Pérdida de tiempo por reprocesos de limpieza.  |
|  |  | C                                 | Válvula de descarga rápida                  | 1  | Permitir la descarga de material abrasivo reutilizable a la unidad de alimentación                     | A  | Disminución en el flujo de descarga de material abrasivo | 1  | Bloqueo del accionamiento de la válvula | Estrangulamiento de flujo de abrasivo al paso de la válvula. Entrega insuficiente de abrasivo en la corriente de aire de proceso. Tiempo para cambio de válvula, alrededor de 2 días.   |
| 5                                      | UNIDAD DE ALIMENTACIÓN 400 H.P.  | A                                 | Recipiente de presión de 400 Litros         | 1  | Mantener la presión de aire para entrega eficiente de abrasivo   | A  | Fugas de aire  | 1  | Empaques de puertos desgastados         | Escape de aire presurizado por los puertos de descarga o succión del recipiente. Los empaques desgastados permiten la pérdida de presión neumática. El tiempo de parada del equipo para rectificación de superficies en puertos de succión y descarga es de 3 días.   |
|  |  | B                                 | Agitador de 1360 kgf, 20.000 rotaciones/día | 1  | Mezclar uniformemente el material abrasivo   | A  | El material abrasivo se aglutina                         | 1  | El motor eléctrico del agitador no gira | El motor del agitador se detiene por falta de alimentación eléctrica. Los terminales en las conexiones del motor se encuentran sulfatados o en mal contacto. El tiempo que se requiere para retirar el material dañado toma de 1 día de parada del equipo.  |
|  |  |                                   |   |  |  |    |  | 2  | Fractura de hélices                     | Altos niveles de vibración en la estructura del agitador acompañado de ruidos y golpes fuertes. El bloqueo de la salida de abrasivo hacia la boquillas es inevitable y el aumentando del tiempo de procedimiento es considerable. El cambio de la hélice toma 2 días de parada del equipo.                    |

| EQUIPO:                                |                                 | MARCA:     | TAG:                                      | FACILITADORES:   | HOJA:  |    |  |    |   |   |
|--|---------------------------------|------------|---|--|--|----|--|----|---|---|
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET |                                 | SPONGE-JET | MEC-LAV-01                                | WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA | 4 de 5   |    |  |    |   |   |
| SI                                     | SISTEMAS                        | C          | COMPONENTES                               | F  | FUNCION  | FF | FALLAS FUNCIONALES   | MF | MODOS DE FALLA  | EFECTOS DE FALLA  |
| 5                                      | UNIDAD DE ALIMENTACIÓN 400 H.P. | C          | Válvula de regulación                     | 1  | Regular la cantidad entregada de medios abrasivos a la cabina de limpieza.               | A  | Disminución en el flujo de medio abrasivo                  | 1  | Acumulación de abrasivos en los asientos de la válvula. | Cúmulos de material en el asiento de la válvula. Si se presenta es posible que circule restringidamente el material abrasivo, no cumple con los requerimientos necesarios para la limpieza abrasiva. Los asientos de la válvula se desgastan, el tiempo de parada para cambio de válvula es de 2 días.  |
|  |                                 |            |   |  |  | B  | No hay flujo de medio abrasivo, válvula cerrada en modo ON | 1  | Contactos de solenoide sulfatados                       | El material abrasivo no es expulsado al interior de la cabina de limpieza. Es posible que no se complete correctamente la operación de limpieza para la pieza sobre la que se esté trabajando. Tiempo de parada requerido para cambiar los contactos eléctricos aproximadamente 5 horas.  |
|  |                                 | D          | Tubería neumática de alta capacidad       | 1  | Transporta el medio abrasivo hacia la cabina de limpieza                                 | A  | Pérdida parcial del flujo de abrasivo                      | 1  | Agrietamiento en el cuerpo longitudinal de la tubería   | Tubería con grietas en el cuerpo principal. Flujo de material insuficiente por pérdida de la corriente presurizada. Baja calidad en los trabajos de limpieza abrasiva. Si ocurre podría expulsar material particulados a alta velocidad al ambiente Tiempo de parada de máquina por cambio de tubería alrededor de 1 día.   |
|  |                                 | E          | Panel de indicación neumática             | 1  | Indicar de forma conjunta las presiones del sistema neumático en un rango de 0 - 140 PSI | A  | No es posible tomar la lectura de presión en el manómetro  | 1  | Aguja de indicador paralizada por bloqueo en mecanismo  | La aguja no indica ninguna variación de presión . La presión puede incrementarse a niveles altos, sin recibir ninguna alerta. Tiempo requerido de parada de máquina para realizar cambio de manómetro es de 1 día.  |
|  |                                 |            |   |  |  |    |  | 2  | Obturación en el segmento de entrada del manómetro      | La aguja del indicador oscila levemente. Si ocurre se impide tener lectura de la presión del sistema. La presión puede crecer súbitamente sin que haya una indicación en el manómetro. Tiempo de parada de equipo para retirar el manómetro y extraer el material obturado 1 día.   |
|  |                                 | F          | Inyector de abrasivo (Carburo Silicónico) | 1  | Permitir el paso de la mezcla (aire-material abrasivo) al recipiente de presión          | A  | Bloqueo del flujo de medios abrasivos                      | 1  | Acumulación de medio abrasivo a la salida del inyector  | Material acumulado en el puerto de descarga del inyector de medios. Las partículas retenidas podrían causar un aumento de la presión neumática en las líneas de transporte abrasivo. La magnitud de la presurización podría sobrecargar las mangueras provocando su destrucción. El tiempo de parada de la máquina para realizar el cambio del inyector de entrada ancha 1 día aproximadamente. |

|  |                  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>HOJA DE INFORMACIÓN RCM |  |   |  |    | HRCM-001<br>Versión 1  |    |   |   |
|---|------------------|--|--|---|--|----|--|----|---|---|
| <b>EQUIPO:</b><br><br>CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET                      |                  |  | <b>MARCA:</b> SPONGE-JET                 | <b>TAG:</b> MEC-LAV-01                  | <b>FACILITADORES:</b><br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA                      |    | <b>HOJA:</b><br>5 de 5   |    |   |   |
|   |                  |  | <b>MODELO:</b> KWIETKAVETM IN-SHOP VAC   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE MECÁNICA | <b>REVISÓ:</b><br>CARLOS BORRAS PINILLA  |    | <b>FECHA:</b><br>10 - 07-2014                                    |    |   |   |
| SI  | SISTEMAS         | C  | COMPONENTES                              | F                                       | FUNCION  | FF | FALLAS FUNCIONALES   | MF | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |
|   |                  | G  | Controles de interrupción neumática      | 1                                       | Evitar un incremento de presión mediante electroválvulas de seguridad                                      | A  | Sobrepresión en el sistema neumático                             | 1  | Las válvulas de seguridad no abren a la presión de tarado | Incremento de presión observado en el manómetro, superior al nivel predeterminado de seguridad. Si no se activa la válvula de seguridad podría incrementarse la presión en el recipiente y producir daños externos. Tiempo de parada de máquina para cambio de válvula de seguridad 2 días aproximadamente. |
| 6   | CABINA DE LAVADO | A  | Cubículo con dimensiones 3.7x4.9x2.5 [m] | 1                                       | Proteger el ambiente externo donde se encuentra ubicado el equipo SPONGE JET, de las partículas abrasivas. | A  | Fuga de material abrasivo particulados al ambiente               | 1  | Desprendimiento del empaque de la puerta de cabina        | Material abrasivo presente en la superficie externa donde se localiza la cabina de limpieza. Si se presentara, es posible que se contamine un ambiente ocupado por personas. Tiempo de parada por cambio de empaque en las uniones de la cabina, alrededor de 2 días.                                       |
|   |                  |  |  | 2                                       | Aislar el ruido que producen los equipos neumáticos de transporte abrasivo                                 | A  | Ruido excesivo superior a 76 Db                                  | 1  | Material de aislamiento (espuma aislante) desgastada.     | El nivel de ruido es alto. Si se presenta, se produce un incremento sonoro perjudicial para la salud, en un recinto donde se localizan personas trabajando.   |
|   |                  | B  | Panel de control                         | 1                                       | Controlar el encendido y la regulación del chorro de material abrasivo.                                    | A  | No es posible activar el chorro abrasivo                         | 1  | Contactos eléctricos desgastados o sulfatados.            | El chorro abrasivo no se activa. El flujo necesario para la limpieza abrasiva no es suficiente para el requerimiento de la superficie. Si se presenta no es posible continuar con la operación de limpieza.   |
|   |                  |  |  | 2                                       | Controlar la iluminación de la cabina de limpieza  | A  | No se ilumina la cabina de limpieza al activar los interruptores | 1  | Contactos eléctricos corroidos                            | Los focos de iluminación no encienden. Si ocurre la operación de limpieza abrasiva se detiene por poca visibilidad.   |

Fuente: Autores del proyecto

## Hoja de información equipo Lapeadora SS36H

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACIÓN RCM |   |                  |  |                 |  | HRCM-001<br>Versión 1  |   |  |  |  |
|--|---|------------------|--|-----------------|--|--|---|--|--|--|
| EQUIPO:  |   | MARCA: LAPMASTER |  | TAG: SGO-LAP-02 |  | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | HOJA<br>1 de 4                         |  |  |
|  |   | LAPEADORA SS36H  |  | MODELO: SS36H   |  | UBICACIÓN: TALLER DE<br>SELLOS Y GOBERNADORES                                  |   | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA |  | FECHA:<br>10/07/2014   |
| SI   | SISTEMA   | S                | COMPONENTE                               | F               | FUNCIÓN  | FF   | FALLAS FUNCIONALES                      | MF                                     | MODOS DE FALLA                                       | EFECTOS DE FALLA   |
| 1  | SISTEMA ESTÁNDAR DE ALIMENTACIÓN DE MEZCLA ABRASIVA | A                | Bomba centrífuga de inmersión, Vogel PRT | 1               | Bombear mezcla de Slurry desde el depósito principal hasta el dosificador, con un caudal variable no mayor a 12 L/min. | A  | No hay transferencia de flujo de slurry | 1                                      | Terminales eléctricos del motor sueltos o corroídos. | El motor no gira. En operación no es posible el funcionamiento de la bomba para enviar el slurry al sistema de dosificación. El tiempo necesario de parada del equipo para cambiar las conexiones eléctricas del motor aproximadamente 8 horas.  |
|  |   |                  |  |                 |  |  |   | 2                                      | Impulsor obstruido                                   | La bomba presenta resistencia al giro. El motor se sobrecalienta. Al presentarse el material abrasivo no podría ser enviado al sistema de lapeado. El tiempo de parada requerido para examinar la bomba y decidir el cambio o la limpieza del impulsor, es aproximadamente 1 día.  |
|  |   |                  |  |                 |  |  |   | 3                                      | Puerto de succión obstruido totalmente               | Acumulación de slurry en la succión de la bomba. Si se presenta una obstrucción, el paso del material hasta los dosificadores se restringe afectando la operación de lapeado por la falta de solución abrasiva. El tiempo de parada necesario para retirar el material aglutinado en la succión de la bomba es de 1 día. |
|  |   |                  |  |                 |  |  |   | 1                                      | Impulsores desgastados                               | En los dosificadores se expulsa una cantidad de slurry menor a la requerida. Con el impulsor desgastado, el bombeo de material abrasivo disminuye. El tiempo de parada necesario para cambiar la bomba centrífuga de inmersión es de 3 días.   |
|  |   | B                | Depósito o tanque                        | 1               | Contener la mezcla de Slurry (aceite-material abrasivo)  | A  | Fugas de Slurry abrasivo                | 1                                      | Corrosión en las paredes del tanque                  | Grietas en las paredes del tanque de almacenamiento de slurry. Se presentan pérdidas de material abrasivo al exterior del equipo. Tiempo de parada de máquina necesario para cambiar el tanque de almacenamiento 2 días.   |
|  |   |                  |  |                 |  |  |   | 1                                      | Sellos desgastados                                   | Fugas de slurry en la carcasa de la bomba. El desgaste de los sellos permite la fuga al ambiente. Si ocurre, expulsa material contaminante al exterior del equipo en un lugar ocupado por personas. Tiempo para cambiar los sellos de la carcasa de la bomba alrededor de 1 día.   |
|  |   |                  |  |                 |  |  |   | 1                                      | Pérdida de slurry por fugas                          | Fugas de slurry en la carcasa de la bomba. El desgaste de los sellos permite la fuga al ambiente. Si ocurre, expulsa material contaminante al exterior del equipo en un lugar ocupado por personas. Tiempo para cambiar los sellos de la carcasa de la bomba alrededor de 1 día.   |
|  |   |                  |  |                 |  |  |   | 1                                      | Asientos de la válvula de drenaje con desajuste      | Escape de flujo abrasivo por medio de la válvula de drenaje del depósito. Si ocurre es posible que se pierda mezcla abrasiva al ambiente externo donde se localiza personal laborando. El tiempo de parada para cambio de válvula aproximadamente de 1 día.  |




DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACIÓN RCM

HRCM-001  
Versión 1

|                                |                  |  |  |                      |
|--------------------------------|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>LAPEADORA SS36H | MARCA: LAPMASTER | TAG: SGO-LAP-02                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA<br>2 de 4       |
|                                | MODELO: SS36H    | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA   | S | COMPONENTE   | F | FUNCIÓN   | FF | FALLAS FUNCIONALES                | MF  | MODOS DE FALLA  | EFECTOS DE FALLA   |
|----|---|---|--|---|---|----|-----------------------------------|---|---|--|
| 1  | SISTEMA ESTÁNDAR DE ALIMENTACIÓN DE MEZCLA ABRASIVA | B | Depósito o tanque  | 2 | Soportar de forma bridada la bomba centrífuga de inmersión Vogel PRT y el agitador                          | A  | Niveles de vibración altos        | 1   | Juntas bridadas sueltas                               | La bomba opera con un nivel de vibración inadmisible para su funcionamiento. Si ocurre, ocasiona daños estructurales en el depósito. Tiempo requerido de parada de equipo para ajustar juntas bridadas es de 30 minutos, si es necesario cambiar los soportes el tiempo requerido es de 1 día.                   |
|    |   |   |  |   |   |    |                                   | 2   | Soportes desgastados                                  |  |
|    |   | C | Agitador   | 1 | Mantener la mezcla (aceite-material abrasivo) evitando asentamiento de partículas en el fondo del depósito. | A  | No hay rotación en el eje         | 1   | Contactos eléctricos del motor sulfatados o corroídos | El motor se detiene en operación. La falta de alimentación eléctrica permite que el motor se detenga. Si ocurre es posible que el material abrasivo no se mezcle correctamente para desarrollar la operación de lapeado. El tiempo de parada de la máquina para cambiar las conexiones eléctricas es de 8 horas. |
|    |   | D | Tubería de 1/4"  | 1 | Transportar la mezcla abrasiva del depósito al sistema de dosificación                                      | A  | No hay flujo de mezcla abrasiva   | 1   | Tubería obstruida totalmente                          | El flujo de slurry no llega al dosificador. Si ocurre, la operación de lapeado no se puede llevar a cabo debido a la falta de abrasivo para completar la operación. El tiempo de parada de equipo necesario para realizar el cambio de la tubería es alrededor de 1 día.   |
|    |   |   |  |   |   |    |                                   | B   | Flujo irregular de slurry                             | 1  |
| E  | Dosificador de material abrasivo                    | 1 | Entregar y controlar el flujo de mezcla abrasiva al plato giratorio. | A | No hay entrega de mezcla de aceite abrasivo   | 1  | Boquilla de dosificador obstruida | El dosificador no expulsa el slurry. Podría impedir el lapeado de una pieza por falta de material abrasivo. El tiempo de parada para desarmar el dosificador y realizar cambio de boquilla es de 5 horas aproximadamente. |   |  |
| 2  | SISTEMA PLATO GIRATORIO                             | A | Motor Eléctrico  | 1 | Entregar potencia mecánica al reductor Simple (Series A-radicon)  | A  | Motor no gira                     | 1   | Cableado cortado o con interrupciones                 | Cables visiblemente desgastados. No hay alimentación eléctrica para el motor. En caso de ocurrir la corriente es expuesta al ser conducida por partes metálicas del equipo. Tiempo de parada de equipo requerido para realizar el cambio de la totalidad del cableado aproximadamente 1 día.                     |
|    |   |   |  |   |   |    |                                   | 2   | Contactador magnético deteriorado                     | No se activa el solenoide del contactor. Si ocurre el sistema de lapeado (rotación de discos) se detiene. Tiempo de parada de equipo requerido para cambiar contactor magnético 1 día.   |
|    |   |   |  |   |   |    |                                   | 3   | Motor sobrecargado                                    | El motor se enciende sin transmisión de movimiento. El ajuste del reductor no permite el libre movimiento del motor. El tiempo de parada de equipo necesario para realizar ajustes en la tolerancia del reductor o en los platos giratorios es de 1 día.   |

| ecopETROL                             |                         | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACIÓN RCM |   |   |                 | HRCM-001<br>Versión 1       |   |    |   |  |   |   |
|---------------------------------------|-------------------------|--|---|---|-----------------|-----------------------------|---|----|---|--|---|---|
| <b>EQUIPO:</b><br><br>LAPEADORA SS36H |                         | <b>MARCA:</b> LAPMASTER                                      | <b>TAG:</b> SGO-LAP-02                            | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |                 | <b>HOJA</b><br>3 de 4       |   |    |   |  |   |   |
|                                       |                         | <b>MODELO:</b> SS36H   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA   |                 | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |   |    |   |  |   |   |
| SI                                    | SISTEMA                 | S  | COMPONENTE  | F   | FUNCIÓN         | FF                          | FALLAS FUNCIONALES  | MF | MODOS DE FALLA  | EFECTOS DE FALLA   |   |   |
| 2                                     | SISTEMA PLATO GIRATORIO | A  | Motor Eléctrico                                   |   |                 | B                           | Motor gira con irregularidad  | 1  | Terminales de alimentación desgastados                        | El encendido del motor es interrumpido. Si ocurre, la operación de lapeado va demorar más de lo normal. El tiempo requerido de parada de máquina necesario para cambiar los terminales eléctricos es de 8 horas aproximadamente.   |   |   |
|                                       |                         |  |   |   |                 | C                           | Motor sobrecalentado  | 1  | Rodamientos deteriorados                                      | Temperatura alta en el eje del motor. La fricción de los rodamientos deteriorados genera incrementos en la temperatura, que generan alteraciones en el aislamiento de la bobina. El tiempo de parada de máquina necesario para cambiar los rodamientos es de 2 días aproximadamente. |   |   |
|                                       |                         |  |   |   |                 | B                           | Reductor Simple (Series A - Radicon)  | 1  | Transmitir la potencia del motor eléctrico al plato giratorio | A  | Disminución en la velocidad normal del reductor                               | 1   |
|                                       |                         |  |   |   |                 |                             |   |    |   | 2  | Desalineamiento en los ejes de engranajes                                     | Movimiento ondulatorio en los engranajes y ruidos fuertes. Posiblemente se tenga que rectificar los ejes y sus asientos. El tiempo de parada de máquina necesario para desarrollar esta labor es aproximadamente 2 días.  |
|                                       |                         |  |   |   |                 |                             |   |    |   | 3  | Lubricación deficiente  | Calentamiento y ruido excesivo en el reductor. Si ocurre, los elementos mecánicos que conforman el reductor sufren daños en su estructura por desgaste. El tiempo por parada de equipo, para el cambio de reductor por daño en sus elementos es de 3 días.  |
|                                       |                         |  |   |   |                 |                             |   | B  | Alta temperatura en sus elementos                             | 1  | Perdida de propiedades de estabilidad térmica en el lubricante                | El aceite se calienta con facilidad por la operación alterando la temperatura de los componentes, dando lugar a fracturas en los engranajes y ejes por afectación del material. El aceite presenta un color negro y los ruidos por contactos en los materiales. La parada del equipo es de 1 día para reemplazo del lubricante. |
|                                       |                         |  |   |   |                 |                             |   | C  | Vibración en nivel excesivo                                   | 1  | Engranajes desgastados  | El reductor presenta altas vibraciones. Es posible que se tenga que cambiar el sistema de reducción completo. El tiempo de parada por este cambio es aproximadamente de 3 días.   |
|                                       |                         |  |   | C   | Plato Giratorio | 1                           | Realizar el movimiento rotativo para producir la fricción con las caras de los sellos mecánicos | A  | Reducción de la velocidad del plato giratorio                 | 1  | Rozamiento entre el plato giratorio y la mesa de trabajo por desalineamientos | El movimiento del plato giratorio es lento y forzado. Si se presenta, el movimiento no es lo suficientemente rápido para desarrollar la operación del lapeado y el ruido de fricción es característico. El tiempo necesario para cambiar elementos de sujeción alrededor de 8 horas.  |
|                                       |                         |  |   |   |                 | 2                           | Perfilar de forma plana el sello mecánico   | A  | Irregularidades en la superficie del plato                    | 1  | Deformación en el plato   | Salto del sello durante el proceso, ocasionando baja calidad en el acabado superficial del sello. El tiempo de la parada del equipo para cambio del plato es de 8 días.   |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB</b><br><b>HOJA DE INFORMACIÓN RCM</b> |                                |                         |   |   |  |   | HRCM-001<br>Versión 1  |    |   |   |
|--|--------------------------------|-------------------------|---|---|--|---|--|----|---|---|
| <b>EQUIPO:</b>   |                                | <b>MARCA:</b> LAPMASTER |   | <b>TAG:</b> SGO-LAP-02                            |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |  |    |   |   |
| LAPEADORA SS36H  |                                | <b>MODELO:</b> SS36H    |   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA   |  |    |   |   |
|  |                                |                         |   |   |  | <b>HOJA</b><br>4 de 4   |  |    |   |   |
|  |                                |                         |   |   |  | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014   |  |    |   |   |
| SI   | SISTEMA                        | S                       | COMPONENTE                                  | F   | FUNCIÓN  | FF  | FALLAS FUNCIONALES   | MF | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |
| 2  | <b>SISTEMA PLATO GIRATORIO</b> | D                       | Anillos Portapieza                          | 1   | Guiar el sello mecánico sobre la superficie del plato giratorio  | A   | Disminución en la velocidad de rotación                                | 1  | Resistencia de rotación de los rodamientos de guía del anillo, alojados en los brazos fijos | Plato giratorio con movimiento forzado y lento. Un ruido de rozamiento entre el rodamiento y el anillo es característico. No es posible desarrollar la operación de lapeado correctamente. El tiempo de parada necesario para cambiar anillos portapiezas alrededor de 3 días.  |
|  |                                | E                       | Brazos fijos                                | 1   | Permitir la rotación de los anillos portapiezas en su propio centro  | A   | El brazo fijo no permite la estabilidad del anillo                     | 1  | Los sujetadores del brazo fijo desajustados   | Los anillos giran de forma descentrada. Si se presenta, las piezas a trabajar no conservan el giro con respecto al centro del anillo, lo cual produce irregularidad en las caras lapeadas. El tiempo de parada necesario para cambiar los anillos portapiezas es alrededor de 2 días.   |
| 3  | <b>BASTIDOR</b>                | A                       | Soportes de Nivelación                      | 1   | Nivelar el bastidor manualmente  | A   | Vibración excesiva en bastidor   | 1  | Soportes de nivelación con desgaste   | El bastidor se mueve constantemente. Si ocurre, es posible que se produzcan daños en su estructura. El tiempo requerido de parada de máquina para cambiar los soportes de nivelación es de 1 día.   |
|  |                                | B                       | Mesa de Trabajo                             | 1   | Permitir el manejo práctico y seguro de las partes a intervenir.   | A   | Contaminación de partes a intervenir                                   | 1  | Acumulación de residuos y escorias  | La superficie de lapeado de piezas se encuentra llena de escoria. Si ocurre, el lapeado de piezas no se realiza correctamente por la saturación de material residual (escorias). El tiempo de parada de equipo, para rectificar la superficie de lapeado 1 día.   |
|  |                                | C                       | Plataforma para Componentes                 | 1   | Soportar los componentes de alimentación de mezcla abrasiva (bomba centrífuga, depósito, agitador, tubería). | A   | Nivel alto de vibración en la plataforma                               | 1  | Desajuste en los pernos de soporte de los componentes                                       | La plataforma presenta vibración superior a la normal. Si se presenta, la operación de lapeado se ve afectada por falta de uniformidad en el movimiento de la superficie abrasiva. El tiempo de parada de máquina para ajustar los componentes de la plataforma, alrededor de 1 día.  |
| 4  | <b>PANEL DE CONTROL</b>        | A                       | Control de Velocidad de la Bomba Centrífuga | 1   | Regular la velocidad de la bomba centrífuga de inmersión   | A   | No hay contacto eléctrico en los terminales del potenciómetro          | 1  | Aislamiento de los terminales   | No se logra regular la velocidad de la bomba centrífuga. Cuando se presenta, el lapeado se restringe por los diversos niveles de flujo de slurry que se requieren, para las diferentes clases de piezas. El tiempo requerido de parada del equipo para cambiar terminales del potenciómetro o cambiar el potenciómetro es de 6 horas. |
|  |                                | B                       | Interruptor selector de posiciones          | 1   | Seleccionar una de las configuraciones de alimentación disponibles.  | A   | El sistema no responde ante los cambios del selector.                  | 2  | Selector desgastado   | Al cambiar de posición el selector, no responde el sistema de alimentación. Si ocurre, no es posible variar la alimentación de slurry según lo requerido. El tiempo de parada necesario para cambiar el selector de posiciones es de 8 horas.   |
|  |                                | C                       | Temporizador de operación                   | 1   | Controlar el intervalo de tiempo para el lapeado de piezas   | A   | El temporizador no detiene la operación al terminar el tiempo indicado | 1  | Temporizador descalibrado   | El tiempo definido de operación no es cumplido. La pieza de lapeado sufre una reducción en la superficie. No es posible recuperar el espesor de la pieza trabajada.   |

Fuente: Autores del proyecto

## Hoja de información equipo Banco de prueba de Gobernadores

| ecopETROL   |                    | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACION RCM |   |   |   | HRCM-001<br>Versión 1       |  |    |  |  |
|---|--------------------|--|---|---|---|-----------------------------|--|----|--|--|
| <b>EQUIPO:</b><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES |                    | <b>MARCA:</b> WOODWARD                                       | <b>TAG:</b> SGO-BPG-01                            | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   | <b>HOJA:</b><br>1 de 11     |  |    |  |  |
|   |                    | <b>MODELO:</b> 8909-053                                      | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |  |    |  |  |
| SI  | SISTEMA            | C  | COMPONENTES                                       | F   | FUNCION   | FF                          | FALLAS FUNCIONALES                       | MF | MODOS DE FALLA                               | EFFECTOS DE FALLA  |
| 1   | SISTEMA HIDRAULICO | A  | MOTOR ELECTRICO                                   | 1   | Transformar energía eléctrica en energía mecánica, con una potencia de salida de hasta 1hp y una velocidad de rotación de 1800 rpm. | A                           | El motor no genera potencia ni velocidad | 1  | Bobinado roto o quemado                      | Perdida de capacidad de generar el campo magnético disminuyendo del 50% al 100% la velocidad de rotación y la potencia, produciendo leves nubes de humo y la interrupción de la prueba por la inhabilidad del equipo debido al cambio o embobinado del componente, requiriendo de un tiempo de 8 horas de recurso humano.  |
|   |                    |  |   |   |   |                             |  | 2  | Corte en la alimentación eléctrica del motor | La detención del motor por el corte eléctrico, afecta la función de la bomba hidráulica y conlleva a la cancelación de la realización de la prueba por la reparación del circuito, que toma 1 día de tiempo por la complejidad en la prueba de las conexiones y diagnostico de todo el sistema eléctrico.  |
|   |                    |  |   |   |   |                             |  | 3  | Terminales de conexión sueltos               | La intermitencia del giro del motor y el humo ocasionado por el calentamiento de las conexiones que tienen terminales sueltos, afectan la continuidad de la realización de la prueba. Se puede presentar fuego por cortocircuito al perder el aislante los cables de energía, se debe contar con un tiempo de 6 horas para cambio de cables quemados y ajuste de terminales. |
|   |                    |  |   |   |   |                             |  | 4  | Eje bloqueado por rodamientos dañados        | La resistencia de los rodamientos dañados generan un bloqueo del giro del motor, ruidos anormales, sobrecalentamiento de las bases y baja velocidad, afectando el funcionamiento del banco de prueba e interrupción de los procedimientos durante 2 días en los que se realiza la reparación y el cambio de los rodamientos afectados.                                       |
|   |                    |  |   |   |   | B                           | Se presentan altas vibraciones           | 1  | Eje con pandeo                               | El funcionamiento del motor es anormal, se ocasionan ruidos por roses internos en el motor entre el rotor y el estator, ruptura en las bases de soporte, desgaste prematuro de los rodamientos y hasta la detención de la marcha del equipo, afectando el proceso de prueba del gobernador y requiriendo para reparación y cambio del eje un tiempo de 2 días.               |
|   |                    |  |   |   |   |                             |  | 2  | Desequilibrio en el rotor del motor          | La pérdida de material del rotor causa un desbalance de masa alrededor del eje de rotación provocando a altas revoluciones la vibración del equipo, se induce el desajuste de todas las partes, ruptura de bases, desgaste prematuro de los rodamientos y parada de la prueba en proceso. El equipo sale de servicio durante 2 días por reparación y balanceo del eje rotor. |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>2 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA               | C | COMPONENTES        | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES             | MF | MODOS DE FALLA   | EFFECTOS DE FALLA   |  |  |
|----|-----------------------|---|--------------------|---|---|----|--------------------------------|----|--|---|--|--|
| 1  | SISTEMA<br>HIDRAULICO | A | MOTOR<br>ELECTRICO | 1 | Transformar energía eléctrica en energía mecánica, con una potencia de salida de hasta 1hp y una velocidad de rotación de 1800 rpm. | B  | Se presentan altas vibraciones | 3  | Rodamientos con desgaste excesivo                      | El desgaste excesivo da lugar a movimientos radiales del rotor permitiendo que al girar a alta velocidad las vibraciones aparecen producto de las tolerancias entre superficies. Se induce desajuste, ruptura de soportes, ruidos fuertes y afectación directa de la prueba en proceso requiriendo que le equipo tenga un tiempo fuera de servicio de 2 días por reparación y cambio de rodamientos involucrados. |  |  |
|    |                       |   |                    |   |   |    |                                | 4  | Uno de los soportes del motor no asienta correctamente | La vibración del equipo aumenta, la probabilidad de ser fracturadas las otras bases se incrementa, puede haber pérdida de anclaje, se afecta la integridad del equipo y la prueba del gobernador en proceso ocasionando la parada del equipo durante 2 días por ajuste, toma de nivel y alineación del motor.   |  |  |
|    |                       |   |                    |   |   |    |                                | C  | La protección por cortocircuito se activa              | 1   | Fase en contacto con la carcasa  | Un contacto de esta manera causa la anulación del circuito eléctrico por la activación de los elementos de seguridad, el riesgo de electrocución aparece por el contacto con la parte exterior del equipo que al final termina por detener el motor y activar el piloto de luz dispuesto para la protección. Se debe contar con 2 días para la reparación del los contactos anormales y cambio   |
|    |                       |   |                    |   |   |    |                                |    |  | 2   | Terminal de conexión con malos contactos                               | El mal contacto produce Intermittencia en el encendido del motor ocasionando calentamiento de los terminales, sobrecargas que terminan por activar la protección, anulando el circuito eléctrico, activándose el piloto de luz roja dispuesto para la protección, apagándose todo el sistema y deteniendo la prueba en proceso, siendo necesario la parada del equipo durante 1 día por reparación de contactos y activación del circuito. |
|    |                       |   |                    |   |   |    |                                |    |  | 3   | Elemento de protección perdió su calibración y/o cumplió su vida útil. | Una protección con vida útil vencida y/o descalibrada, hasta el simple arranque normal del motor ocasiona que se active, anulando el circuito eléctrico, activando el piloto lumínico dispuesto para la protección, apagándose todo el sistema y perdiendo tiempo en el inicio de la prueba por parada del equipo durante 8 horas para cambio  |
|    |                       |   |                    |   |   |    |                                | D  | Perdida de potencia                                    | 1   | Rozamiento entre el rotor y el estator                                 | Que el rotor y el estator se rocen, producirán además de ruidos, un cortocircuito que lo mas seguro es que si la falla aumenta, el motor dejara de funcionar afectando la prueba en proceso y el sistema eléctrico sacando de servicio el equipo durante 2 días por revisión y ajustes requeridos.   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>3 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA            | C | COMPONENTES     | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES                                    | MF | MODOS DE FALLA   | EFFECTOS DE FALLA  |   |  |
|----|--------------------|---|-----------------|---|---|----|---|----|--|--|---|--|
| 1  | SISTEMA HIDRAULICO | A | MOTOR ELECTRICO | 1 | Transformar energía eléctrica en energía mecánica, con una potencia de salida de hasta 1hp y una velocidad de rotación de 1800 rpm. | D  | Perdida de potencia                                   | 2  | El ventilador roza con la estructura en dirección axial. | Con el ventilador tocando la protección estructural el ruido será característico, además el desgaste de las aspas reducirán la capacidad de extraer calor provocando calentamiento del motor con la necesidad de detener el equipo por 1 día para ajustes de tolerancias y cambio de ventilador.   |   |  |
|    |                    |   |                 |   |   |    |   | 3  | Lubricación insuficiente en los rodamientos              | El contacto seco de los objetos deslizantes de un rodamiento, causaran ruidos fuertes, desgastes forzados del rodamiento, calentamiento de las bases y hasta el bloqueo de giro del motor eléctrico, requiriendo así sacarlo de servicio durante 2 días para revisión de ductos de lubricación y cambio de los rodamientos involucrados. |   |  |
|    |                    |   |                 |   |   |    |   | E  | Alta temperatura de la carcasa                           | 1  | Suciedad abundante en la superficie de la carcasa   | La mugre interfiere que el calor se disipe, hace que la carcasa se caliente demasiado dando cabida a una fractura del material y/o perdida de forma de las piezas plásticas o cables que la rodean, ocasionando posibles cortos circuitos y deteniendo el equipo e interrumpiendo la prueba por parada de 2 días para aseo y cambio de componentes involucrados.                       |
|    |                    |   |                 |   |   |    |   |    | 2  | Ventilador con aspas rotas   | Una ventilación inadecuada a falta de integridad del elemento, producirá elevación de la temperatura del motor lo que afectara sus elementos internos y externos, limitando su funcionamiento, emitiendo ruidos y requiriendo parada durante 2 días por cambio de ventilador y revisión de los elementos afectados. |  |
|    |                    |   |                 |   |   |    |   |    |  | 3  | Rodamientos sin lubricación   | El contacto seco de dos objetos deslizándose uno sobre el otro causaran desgastes forzados del rodamiento, calentamiento de las bases con posibles fracturas y hasta el bloqueo de giro del motor eléctrico por frenado en los rodamientos, limitando el funcionamiento del motor, deteniendo la prueba en proceso y requiriendo de 2 días para cambio de rodamientos y mantenimiento. |
|    |                    |   |                 | B | BOMBA HIDRAULICA  | 1  | Entregar un caudal de bombeo hasta de 20 Litros/ min. | A  | No genera ningún caudal                                  | 1  | Paletas atascadas por elementos extraños  | Cuando las paletas no salen ni entran recorriendo la superficie del anillo, se pierde toda la capacidad de succión y entrega de la bomba, se escuchan ruidos anormales, se afecta la prueba en proceso por falta de flujo y entra en stop el equipo por parada de 3 días por desarme de la bomba, mantenimiento, cambio de paletas y anillo.   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>4 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA               | C | COMPONENTES         | F | FUNCION  | FF | FALLAS FUNCIONALES                          | MF  | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |
|----|-----------------------|---|---------------------|---|--|----|---|---|---|---|
| 1  | SISTEMA<br>HIDRAULICO | B | BOMBA<br>HIDRAULICA | 1 | Entregar un caudal de bombeo hasta de 20 Litros/ min.      | A  | No genera ningún caudal                     | 2   | Obstrucción total en el filtro de la línea de succión | La bomba no puede succionar con el filtro obstruido. Así, la entrega de presión se vera afectada y en la bomba se producirán daños por desgaste a falta de lubricación, se generan ruidos fuertes, poca entrega de flujo y finalmente se detiene la prueba. es necesario sacar de servicio el equipo y realizar en 6 horas el cambio del filtro correspondiente.                |
|    |                       |   |                     |   |  | B  | Entrega insuficiente de caudal              | 1   | Desgaste entre en el anillo y las paletas de la bomba | Si las paletas no realizan un contacto exacto con el anillo, se pierde capacidad de entrega de flujo y la capacidad de resistencia para generar presión evidenciada en el manómetro, se afecta la calidad de la prueba en proceso, requiriendo 3 días de parada del equipo para cambio de anillo y paletas o cambio de bomba total según inspección.                            |
|    |                       |   |                     | 2 | Suministrar aceite a una presión variable entre 0-100 psi. | A  | Presión en el sistema no mayor a 50 psi     | 1   | Válvula de seguridad abierta parcialmente             | La válvula de esta manera permite el paso de aceite hacia tanque evidenciando en el manómetro la baja capacidad de presión para realizar la prueba, afectando la calidad de la misma y el tiempo de procedimiento por intervención de la válvula por 1 día para realizar mantenimiento y cambio de empaquetaduras.  |
|    |                       |   |                     |   |  | 2  | Tapas con caras rayadas o excesivo desgaste | La bomba pierde fluido por las caras dañadas, evidenciándose en el manómetro el descenso de capacidad de contener presión, afectando el procedimiento de la prueba y la calidad de la misma. Es necesario un tiempo de 3 días para desarme, cambio de caras o rectificación de las mismas para ajustar sus tolerancias. |   |   |
|    |                       |   |                     | 3 | Contener el aceite en su cavidad estructural.              | A  | Fugas de aceite hacia el exterior           | 1   | Conexiones con líneas sueltas                         | Una línea suelta provoca fuga de aceite que en grandes cantidades pueden dejar el deposito vacío generando por falta de lubricación: desgastes en la bomba y caídas de presión para la prueba, el aceite en las superficies de trabajo son un riesgo de deslizamiento, lo que provoca la parada del equipo por 12 horas para ajuste de líneas y limpieza de residuos de aceite. |
|    |                       |   |                     |   |  |    |   | 2   | Desgastado el Sello mecánico del rotor de la bomba.   | El sello acabado libera el aceite en grandes cantidades y puede vaciar el deposito, ocasionando la falta de lubricación, desgastes en la bomba y caída de presión para la prueba, se prevé un riesgo de deslizamiento por los residuos de aceite y una parada de 2 días del equipo para cambiar el sello involucrado y limpiar los residuos de aceite identificados.            |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>5 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA            | C | COMPONENTES | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES                                 | MF | MODOS DE FALLA   | EFFECTOS DE FALLA   |
|----|--------------------|---|-------------|---|---|----|--|----|--|---|
| 1  | SISTEMA HIDRAULICO | C | VALVULAS    | 1 | Controlar la presión del aceite.  | A  | Perdida de contrapresión de taraje                 | 1  | Resorte esta fracturado  | Al estar el resorte fracturado, no se genera la suficiente contrapresión para regular la carga constante que se debe entregar al equipo, lo que ocasionara una sobrecarga de presión en el sistema evidenciado en el manómetro, afectando el procedimiento, aumentando el riesgo de averiar los ductos y requiriendo de 2 días para cambio de resorte o cambio de válvula.                                    |
|    |                    |   |             | 2 | Direccionar los flujos de venteo y potencia.  | A  | La conmutación no se presenta                      | 1  | Bobina del solenoide quemada                                     | Cuando el solenoide se quema el cambio de posición de la válvula no se presenta dejando el equipo en venteo por acción del reposicionamiento, se ocasiona la inhabilidad del equipo para realizar la prueba y repercute en atraso de 1 día por pruebas de accionamiento y cambio del solenoide comprometido.  |
|    |                    |   |             |   |   |    |  | 2  | El Solenoide tiene un corte en la energía de suministro          | Un corte de energía inhabilita el solenoide para realizar la conmutación y deja el equipo fuera de servicio por la ubicación automática de la válvula en venteo, ocasionando no poder realizar la prueba y repercutiendo en demora de 1 día por verificación de funcionamiento del circuito eléctrico y correcciones respectivas en contactos y cableado.   |
|    |                    | D | CALENTADOR  | 1 | Eleva la temperatura del aceite en el deposito a 93,3 grados centigrados.                     | A  | El aceite se mantiene a la temperatura ambiente    | 1  | Circuito de alimentación aislado y/o calentador quemado          | Aislado el circuito o quemado el elemento, el calentamiento del aceite no se llevara a cabo, haciendo que la prueba no se realice a temperatura de operación, afectando el ensayo del gobernador y la garantía de la prueba. Es necesario 1 día para sacar de servicio el equipo y corregir el circuito o reemplazar el calentador averiado.  |
|    |                    |   |             |   |   | B  | La temperatura del aceite se eleva a mas de 100 oC | 1  | El sensor esta rodeado de mucha suciedad y partículas aislantes. | Suciedad excesiva entre el contacto aceite/sensor, genera una señal retroalimentada errónea que provoca que el aceite llegue a mas de 100 grados y hace que la prueba no se realice a la temperatura de operación adecuada, afectando el ensayo del gobernador y la garantía de la prueba. Es necesario 2 días para realizar mantenimiento en el deposito, cambiar aceite y filtro.                           |
|    |                    | E | FILTROS     | 1 | Detener impurezas que contenga el aceite cuando retorna a tanque y se alimenta al gobernador. | A  | Filtro totalmente destruido y/o obstruido.         | 1  | Alteración de los flujos del aceite y/o ruidos en la bomba.      | El material del filtro se aloja en los ductos de aceite alterando el flujo dirigido a la bomba, produce daños severos de esta si las partículas del filtro llegan a los componentes rotativos o se queda sin aceite, manifestándose con ruidos severos y detenimiento de la prueba. Es necesario sacar de servicio el equipo por 3 días para cambiar filtro, limpiar ductos y hacer reparaciones en la bomba. |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>6 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                    | C | COMPONENTES  | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES                             | MF   | MODOS DE FALLA   | EFFECTOS DE FALLA  |
|----|----------------------------|---|--|---|---|----|--|--|--|--|
| 1  | SISTEMA HIDRAULICO         | F | TANQUE   | 1 | Contener 2 Gal (7.6 litros) de aceite de motor necesarios para realizar la prueba.  | A  | Fuga de aceite                                 | 1  | Tapón de drenaje suelto                                  | El aceite puede evacuar con facilidad al calentarse porque baja su densidad. De llegar a ocurrir, la bomba no tendrá fluido para succión y se o producirán desgastes, ruidos por falta de lubricante y deslizamientos. La prueba se detendrá junto al equipo, requiriendo de 3 días para reparación o cambio de bomba, mantenimiento del sistema hidráulico y reposición de la totalidad del aceite. |
|    |                            | G | LINEAS DE ACEITE   | 1 | Transportar aceite del deposito a la bomba, de la bomba a las válvulas, de las válvulas al gobernador y llevarlo de retorno al deposito.        | A  | Perdida de aceite                              | 1  | Manguera con porosidad a través de sus capas.            | El aceite puede fugarse a través de las perforaciones y produce que la bomba pierda presión, la presencia de aceite en las superficies del equipo y en el piso aumentando riesgo de deslizamientos, es posible que la fuga aumente y evacue todo el aceite provocando fallas internas, es necesario sacar de servicio el equipo durante 1 días para reemplazar los ductos averiados.                 |
|    |                            |   |  |   |   | B  | Desacople de la manguera                       | 1  | Racor que va pochado a la manguera sin presión de ajuste | La fuga de aceite en este caso se presentara en bastante cantidad lo que permite que la bomba pierda fluido y capacidad para entregar carga. Además, la bomba presentara desgastes excesivos y ruidos por el insuficiente lubricante, se pueden presentar deslizamientos por las superficies impregnadas de aceite. Se requiere parar el equipo por 1 día para acople o cambio de ductos.            |
| H  | MIRILLA DE NIVEL           | 1 | Permite el registro visual del nivel de aceite en el deposito. | A | No se observa ningún nivel de aceite  | 1  | Suciedad excesiva en la superficie traslucida. | La perdida de control visual del nivel de aceite, puede ocasionar que este se acabe en el deposito y la falta de aceite termine afectando el funcionamiento de la bomba y el ensayo en proceso, se presentan ruidos y calentamiento de los componentes lo que hace necesario realizar limpieza a la mirilla y abastecer de aceite al equipo lo que tomara 1 día sacar de servicio el equipo. |  |  |
| 2  | SISTEMA ELECTRICO-MECANICO | A | SERVOMOTOR   | 1 | Generar una velocidad de rotación variable, en un rango de 0-2490 rpm y entregar al actuador y gobernador una potencia requerida de hasta 5 hp. | A  | El motor no se pone en marcha                  | 1  | La protección del motor quemada.                         | El actuador no tendrá la fuente de alimentación requerida para que se lleve a cabo la prueba del gobernador, el motor no gira requiriendo de 8 horas para que la protección sea reemplazada.   |
|    |                            |   |  |   |   |    |  | 2  | Interrupción en los contactos de conexión                | La alimentación interrumpida de energía del servomotor anula el giro continuo de este presentándose una intermitencia y afectando la prueba en proceso, la integridad de las conexiones por calentamiento y el tiempo de trabajo debido a que se requiere de 1 día para cambio conexiones y cables de alimentación según inspección.   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>7 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                    | C | COMPONENTES | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES                 | MF | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA   |
|----|----------------------------|---|-------------|---|---|----|------------------------------------|----|---|---|
| 2  | SISTEMA ELECTRICO-MECANICO | A | SERVOMOTOR  | 1 | Generar una velocidad de rotación variable, en un rango de 0-2490 rpm y entregar al actuador y gobernador una potencia requerida de hasta 5 hp. | B  | El motor se calienta excesivamente | 1  | Ventilación insuficiente por fracturas de las paletas del ventilador                  | Una ventilación inadecuada a falta de integridad del elemento, producirá elevación en la temperatura del motor afectando sus elementos internos por posible riesgo de fuego, limitando el funcionamiento del equipo y requiriendo parada durante 2 días para cambio de ventilador, reparación de los elementos afectados o cambio de motor de ser necesario.                                  |
|    |                            |   |             |   |   |    |                                    | 2  | Sobrecarga de corriente   | El motor con sobrecarga excede el consumo de corriente y aumenta la temperatura directamente en el bobinado ocasionando que haya presencia de humo y posible quema del motor, siendo necesario sacar de servicio el equipo por 2 días por cambio de bobinado, diagnostico interno y reemplazo de elementos comprometidos.   |
|    |                            |   |             |   |   |    |                                    | 3  | Suciedad excesiva en la superficie  | La interferencia que la mugre provoca en la superficie al disipar calor, producirá elevación en la temperatura del motor, lo que afectara sus elementos internos y limitara el funcionamiento del motor teniendo que sacarlo de servicio por 2 días para limpieza exterior e interior, reparación de componentes involucrados y pruebas posteriores.  |
|    |                            |   |             |   |   |    |                                    | 1  | Elemento que induce la ventilación forzada roza con la estructura en dirección axial. | Las paletas del ventilador de inducción se desgastan donde se produce el roce, además se puede presentar que se rompa una de las aspas causando un atascamiento del área, ruidos a altos niveles, un posible bloqueo del motor y/o sobrecalentamiento de todo el equipo, se requiere sacar de servicio el banco por 3 días para cambio de ventilador y mantenimiento para retirar fragmentos. |
|    |                            |   |             |   |   |    |                                    | 2  | Rozamiento entre el rotor y el estator  | Que el rotor y el estator se rocen, producirán además de ruidos, un cortocircuito y riesgo de fuego que lo mas seguro es que si la falla aumenta, el motor dejara de funcionar afectando la prueba en proceso y el sistema eléctrico sacando de servicio el equipo durante 2 días para revisión y ajustes de tolerancias de trabajo.  |
|    |                            |   |             |   |   |    |                                    | 3  | Lubricación insuficiente en los rodamientos   | Un contacto seco de los objetos deslizantes de un rodamiento causaran ruidos fuertes, desgastes forzados del rodamiento, calentamiento de las bases y hasta el bloqueo de giro, requiriendo así sacarlo de servicio durante 2 días para revisión de ductos de lubricación y cambio de los rodamientos involucrados.   |
|    |                            |   |             |   |   | C  | Perdida de potencia                |    |   |   |

| ecopETROL   |                                   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB<br>HOJA DE INFORMACION RCM |   |   |   | HRCM-001<br>Versión 1       |   |    |   |  |
|---|-----------------------------------|--|---|---|---|-----------------------------|---|----|---|--|
| <b>EQUIPO:</b><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES |                                   | <b>MARCA:</b> WOODWARD                                       | <b>TAG:</b> SGO-BPG-01                            | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   | <b>HOJA:</b><br>8 de 11     |   |    |   |  |
|   |                                   | <b>MODELO:</b> 8909-053                                      | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |   |    |   |  |
| SI  | SISTEMA                           | C  | COMPONENTES                                       | F   | FUNCION   | FF                          | FALLAS FUNCIONALES  | MF | MODOS DE FALLA  | EFECTOS DE FALLA   |
| 2   | SISTEMA ELECTRICO-MECANICO        | B  | UNIDAD MULTIPLICADORA                             | 1   | Aumentar el limite de velocidad de rotación por sobre las 2490 rpm.   | A                           | Bloqueo en la rodadura de los mecanismos                      | 1  | Rodamientos con desgaste excesivo                                 | La separación entre ejes de rodadura de los engranajes debido al desgaste del rodamiento, crea una tolerancia entre los dientes causando que estos se estrellen y generen golpes que pueden generar pérdida de material del diente y/o fracturas del elemento, interviniendo la prueba en proceso por parada del equipo durante 3 días para cambio de rodamientos, engranajes y aceite.  |
|   |                                   |  |   |   |   |                             |   | 2  | Cuerpos extraños en el lubricante                                 | El lubricante puede contener partículas extrañas o de desgaste normal del reductor, dando cabida a la incrustación de este material en las caras de contacto entre los dientes, induciendo los desgastes prematuros de los engranajes, fuertes ruidos anormales y posibles fracturas de los dientes que afectan la prueba por parada de 2 días para reparaciones y cambios requeridos.   |
|   |                                   |  |   |   |   | B                           | Sobrecalentamiento  | 1  | Nivel de aceite lubricante demasiado bajo                         | El nivel de aceite bajo es causa común de la elevación de la temperatura en el sistema, afectando directamente el material de los engranajes, ejes y rodamientos haciendo que estos cambien de color y se bloqueen por dilatación, perturbando la prueba en proceso debido a la parada del equipo por cambio de componentes afectados y abastecimiento de aceite lubricante.             |
| 3   | SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARAMETROS | A  | MANOMETROS  | 1   | Indicar la presión que esta generando la bomba del banco de prueba en un rango de 0-100 psi y revelar en un rango de 0-600 psi, la presión de prueba del gobernador . | A                           | Aguja queda pegada en cualquier posición entre el intervalo   | 1  | Fricción entre mecanismos.  | El roce entre las micro partes internas obstaculiza el movimiento sensible con el que se mueve la aguja indicadora, brindando una señal errónea en relación con la entrega calibrada, afectando la calidad de la prueba y aumentando el riesgo por sobrepresiones. Para corregir ello, es necesario sacar de servicio el equipo por 1 día para reemplazar y calibrar el nuevo indicador. |
|   |                                   |  |   |   |   | B                           | El indicador no señala ningún valor de presión                | 1  | Ruptura del elemento elástico y/o tubo de bourbon debido a fatiga | El daño de este elementos causa que el manómetro no indique ningún valor de presión por escapes del fluido dentro del indicador, dando lugar a que se calibren erróneamente sobrecargas de presión en bomba y de energía en el motor perturbando la prueba en proceso y la calidad de la misma. Se requiere de 1 día para cambio del indicador y calibración del mismo.                  |
|   |                                   | B  | SENSORES  | 1   | Estimar la velocidad de rotación del servomotor.  | A                           | No hay emisión de ningún tipo de señal con el motor encendido | 1  | Fractura en la herradura del encoder                              | La fractura causara la desviación de la emisión o recepción de la señal que se corta intermitentemente entre el encoder, perdiendo su funcionalidad y entregando valores erróneos evidentes en el tacómetro que hacen determinar de manera inadecuada la velocidad del motor conllevando a una prueba errónea y la parada del equipo por 1 día para cambio del sensor.                   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001  
Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>9 de 11     |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                           | C | COMPONENTES            | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES  | MF | MODOS DE FALLA   | EFFECTOS DE FALLA  |   |  |
|----|-----------------------------------|---|------------------------|---|---|----|---|----|--|--|---|--|
| 3  | SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARAMETROS | B | SENSORES               | 1 | Estimar la velocidad de rotación del servomotor.  | A  | No hay emisión de ningún tipo de señal con el motor encendido | 2  | Fotodiodo quemado  | Cuando no hay señal emitida se pierde la funcionalidad del elemento, se evidencian nulos valores en el tacómetro y provocan el ajuste inadecuado de la velocidad del motor dando cabida a una posible sobrecarga del mismo y a la interferencia de la prueba por 1 día de parada del equipo para cambio del sensor.  |   |  |
|    |                                   |   |                        | 2 | Captar la temperatura del aceite en el deposito.  | A  | No se presenta emisión de ningún tipo de señal                | 1  | Aislamiento en las conexiones de transmisión                       | Un aislamiento de la señal involucra una entrega de valores erróneos que hacen determinar de manera inadecuada la temperatura del aceite, dando cabida a un sobrecalentamiento del fluido alterando la eficiencia de la bomba. La corrección requiere de 2 días para ajustar conexiones y cambiar cableado averiado.   |   |  |
|    |                                   | C | POTENCIOMETRO FEEDBACK | 1 | Hacer retroalimentación al circuito siguiendo la posición y el movimiento del mecanismo gobernador. | A  | No se presenta giro   | 1  | Monofilamento de tensión desconectado del mecanismo del gobernador | 1  | Con la desconexión del monofilamento el sistema no puede interpretar si la presión que esta controlando corresponde de manera exacta con la posición del gobernador, afectándose la prueba en proceso y la calidad de la misma. Se requiere de 6 horas para el equipo para ajustar el nylon en el sensor. |  |
|    |                                   |   |                        |   |   |    |   | 2  | Atascamiento del sistema de contacto interno                       | La resistencia a girar causada por daños internos hace que el sistema no pueda determinar si la presión que esta controlando corresponde de manera exacta con la posición del gobernador, causando deformación del nylon o que este revienta. la prueba se detiene y se afecta la calidad de la misma. Es necesario 2 días para el equipo para cambio del sensor y ajuste del instrumento. |   |  |
|    |                                   |   |                        |   |   |    |   | B  | Señal de resistencia emitida de manera errónea.                    | 1  | El tornillo de fijación de la polea esta suelto   | La mala fijación de la polea del elemento presenta una entrega de señal errónea, posible afectación de la prueba en proceso y la calidad de la misma. La corrección toma 2 días para cambio del instrumento y calibración del mismo. |
|    |                                   |   |                        |   |   |    |   | D  | TACOMETRO DIGITAL  | 1  | Mostrar numéricamente la velocidad de rotación a la que gira el servomotor, con un rango de 0 a 9999 rpm.   | A  |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001

Versión 1

|  |                  |  |  |                      |
|--|------------------|--|--|----------------------|
| EQUIPO:<br><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | MARCA: WOODWARD  | TAG: SGO-BPG-01                            | FACILITADORES:<br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | HOJA:<br>10 de 11    |
|  | MODELO: 8909-053 | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | AUDITOR:<br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   | FECHA:<br>10/07/2014 |

| SI | SISTEMA                           | C | COMPONENTES                                | F | FUNCION   | FF | FALLAS FUNCIONALES                          | MF   | MODOS DE FALLA  | EFFECTOS DE FALLA  |
|----|-----------------------------------|---|--|---|---|----|---|--|---|--|
| 3  | SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARAMETROS | D | TACOMETRO DIGITAL                          | 1 | Mostrar numéricamente la velocidad de rotación a la que gira el servomotor, con un rango de 0 a 9999 rpm. | B  | Aparecen muchos números y símbolos extraños | 1  | Contacto irregular en las terminales de conexión            | Los malos contactos en la entrada de energía o señal de tacómetro, ocasiona que salgan datos erróneos y provoquen una incontrolada velocidad de giro del servomotor, alterante la realización de la prueba y retrasando los ensayos durante 2 días por reparación de las conexiones y contactos en las líneas.   |
| 4  | SISTEMA DE CONTROL                | A | SWITCH MASTER                              | 1 | Energizar todo los sistemas del banco de prueba de gobernadores.  | A  | No se energiza ningún sistema               | 1  | Aislamiento y desajuste en los contactos activos del master | El aislamiento de ese sistema produce la anulación del todos los circuitos eléctricos, no permitiendo la puesta en marcha del equipo, afectando el tiempo de inicio de la prueba y aumentando la disposición de recurso humano para su revisión durante 1 día para mantenimiento del elemento o cambio.  |
|    |                                   | B | PULSADOR DE INICIO                         | 1 | Dar marcha de inicio al servomotor.   | A  | Queda pegado y no retorna                   | 1  | Resorte fracturado por fatiga                               | La incapacidad de retorno de pulsador hace que el contacto ocurra de manera indeseable iniciando la marcha del servomotor en cualquier momento generando un riesgo de lesiones y la intermitencia de funcionamiento del equipo. Es necesario sacar de servicio el equipo durante 1 día a fin de cambiar el pulsador por uno nuevo.                         |
|    |                                   |   |  |   |   | B  | Inicio de arranque es imperfecto            | 1  | Aislamiento entre los dos puntos de contacto del pulsador   | Debido a la carga de arranque que necesita el servo, al tener un contacto débil se produce intermitencia en el arranque causando sobrecargas de energía en los elementos y mal funcionamiento del motor afectando tanto la vida útil del equipo como la prueba a realizar requiriéndose así la parada del proceso durante e 1 día por cambio del pulsador. |
|    |                                   | C | PULSADOR DE PARADA                         | 1 | Detener la rotación del servomotor.   | A  | Queda pegado y no retorna                   | 1  | Resorte fracturado por fatiga                               | La incapacidad de retorno de pulsador hace que el circuito quede abierto afectando el inicio de la próxima puesta en marcha del servomotor y el tiempo de inicio de la prueba requiriendo de disposición de recurso humano para su revisión y cambio del resorte del pulsador.   |
| D  | PULSADOR DE CARGA                 | 1 | Iniciar la entrega de carga al gobernador. | A | Queda pegado y no retorna   | 1  | Resorte fracturado por fatiga               | La incapacidad de retorno de pulsador hace que el contacto ocurra de manera indeseable iniciando la entrega de carga de presión en cualquier momento poniendo en riesgo el recurso humano que opera el equipo, la prueba en curso y requiriendo de 1 día para reemplazo del resorte. |   |  |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GRB  
HOJA DE INFORMACION RCM

HRCM-001


Versión 1

| <b>EQUIPO:</b><br>BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES |                    | <b>MARCA:</b> WOODWARD  | <b>TAG:</b> SGO-BPG-01   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |  | <b>HOJA:</b><br>11 de 11    |  |   |   |   |
|---|--------------------|-------------------------|--|---|--|-----------------------------|--|---|---|---|
|   |                    | <b>MODELO:</b> 8909-053 | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |  | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |  |   |   |   |
| SI  | SISTEMA            | C                       | COMPONENTES  | F   | FUNCION  | FF                          | FALLAS FUNCIONALES                         | MF  | MODOS DE FALLA                            | EFFECTOS DE FALLA   |
| 4   | SISTEMA DE CONTROL | D                       | PULSADOR DE CARGA  | 1   | Iniciar la entrega de carga al gobernador.   | B                           | Inicio de entrega de carga imperfecta      | 1   | Aislamiento en los contactos del pulsador | Debido a la carga de arranque que necesita el motor de bomba, al tener un contacto débil se produce intermitencia en el arranque causando la no entrega de presión, sobrecargas de energía y mal funcionamiento del motor de bomba afectando tanto la vida útil del equipo como la prueba a realizar ya que se necesita sacar 1 día de servicio el equipo para cambio de pulsador.                              |
|   |                    | E                       | PERILLAS ROTATORIAS  | 1   | Controlar la velocidad de rotación del servomotor con un giro entre 0 y 270 grados, Incrementar o bajar la sensibilidad del controlador de velocidad del servo y Variar la carga entregada al gobernador | A                           | Gira 360 grados sin tener limite           | 1   | Fractura en los limitadores de giro       | La fractura de los limitadores permiten que el operario gire mas allá del rango de trabajo del elemento causando anulaciones inmediatas de control al salir del rango, perturbando la continuidad de la operación en control y teniendo bruscamente los equipos en funcionamiento dando lugar a sobrecargas y paro total de la prueba en proceso siendo necesario 1 día de parada para reemplazo de la perilla. |
|   |                    |                         |  |   |  | B                           | Salida intermitente de la señal de control | 1   | Contactos de alimentación aislados.       | La elevada carga requerida por los sistemas hace que al tener un contacto débil se produzca intermitencia de operación que al final causara sobrecargas de energía en los elementos de seguridad y mal funcionamiento de los motores, afectando tanto la vida útil del equipo como la prueba en proceso requiriendo para corregir 1 día por concepto de cambio de la perilla afectada.                          |
| F   | INTERRUPTORES      | 1                       | Invertir el sentido de giro del servomotor hacia la derecha o hacia la izquierda según corresponda, encender y apagar el calentador del aceite del deposito y el motor eléctrico que impulsa la bomba de aceite. | A   | Entrega señal de salida totalmente nula  | 1                           | Lamina y/o resorte fracturado por fatiga   | Sin la presión de contacto generada por el resorte, no se podrán activar sistemas necesarios para la realización de la prueba, lo que ocasionara la parada del equipo, extendiendo los tiempos estimados de operación por 1 día de parada del equipo para reemplazo de resorte o cambio de ser necesario. |   |   |

Fuente: Autores del proyecto

## ANEXO E. HOJAS DE DECISIÓN RCM EQUIPOS CRÍTICOS

### Hoja de decisión RCM Equipo de lavado Hidrojet

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>HOJA DE DECISIÓN RCM |   |                           |  |   |                                 |  |   |   |  |                      |                      |                        | DRCM-001<br>Versión 1       |    |   |                   |                       |
|---|---|---------------------------|--|---|---------------------------------|--|---|---|--|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|----|---|-------------------|-----------------------|
| <b>EQUIPO:</b> EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |   |                           |  |   |                                 | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   |   |  |                      |                      | <b>HOJA:</b><br>1 de 5 |                             |    |   |                   |                       |
| <b>TAG:</b> INT-LAV-01  |   |                           | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES |   |                                 |  |   |   | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |                      |                      |                        | <b>FECHA:</b><br>10-07-2014 |    |   |                   |                       |
| Equipo  |   | Referencia de Información |  |   | Evaluación de las Consecuencias |  |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1                       | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de    |                             |    | Tareas Propuestas   | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
| SI  | C | F                         | FF   | M | H                               | S  | E | O |  |                      |                      | H4                     | H5                          | S4 |   |                   |                       |
| 1   | A | 1                         | A  | 1 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Verificar el nivel de refrigerante en el depósito auxiliar, de ser necesario agregar refrigerante hasta el nivel de operación indicado.   | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | A  | 2 | S                               | N  | N | S | N  | N                    | S                    |                        |                             |    | Cambiar la empaquetadura de la bomba de refrigerante.   | Annual            | Técnico Mantenimiento |
| 1   | A | 1                         | B  | 1 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Revisar el comportamiento del fluido en el radiador, y en caso de presentar alteraciones (burbujas, ebullición) reportar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de junta.                      | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 2 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Verificar que no se presente presión en el radiador, si ocurre informar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de culata.  | Semanal           | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 3 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Inspeccionar visualmente el aceite lubricante del motor, en caso de presentarse agua o coloración blanca en el aceite, informar al ingeniero de mantenimiento para coordinar la reparación necesaria.       | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 4 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Inspeccionar visualmente el nivel de aceite lubricante, en caso de presentarse un alto nivel y coloración blanca, informar al ingeniero de mantenimiento para coordinar el cambio de la junta de la camisa. | Diario            | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 5 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Verificar visualmente el drenaje del radiador, si presenta fugas ajustar.   | Semanal           | Operador              |
| 1   | A | 1                         | B  | 6 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Inspeccionar las paredes del radiador. Si presentan coloración amarilla o escapes de agua, reportar al ingeniero de mantenimiento para realizar las tareas de reacondicionamiento del radiador.             | Semanal           | Operador              |
| 1   | B | 1                         | A  | 1 | S                               | N  | N | S | S  |                      |                      |                        |                             |    | Verificar el nivel de refrigerante en el depósito auxiliar, de ser necesario agregar refrigerante hasta el nivel de operación indicado.   | Diario            | Operador              |
| 1   | B | 1                         | A  | 2 | S                               | N  | N | S | N  | N                    | S                    |                        |                             |    | Cambiar aceite de lubricación de motor.   | Cada 300 horas    | Técnico Mantenimiento |
| 1   | B | 1                         | A  | 3 | S                               | N  | N | S | N  | N                    | S                    |                        |                             |    | Reemplazar cojinetes de bancada.  | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |
| 1   | B | 1                         | A  | 4 | S                               | N  | N | S | N  | N                    | S                    |                        |                             |    | Cambiar los 2 filtros de aceite de lubricación de motor.  | Cada 300 horas    | Técnico Mantenimiento |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**

**Versión 1**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>EQUIPO:</b> EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA:</b><br>2 de 5                     |
| <b>TAG:</b> INT-LAV-01                   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES                             | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |
|  |  | <b>FECHA:</b><br>10-07-2014                |

| Equipo |   | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |    | H1 | H2 | H3 | Acciones a falta de |    |   | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial     | A realizarse por |
|--------|---|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----|----|----|----|---------------------|----|---|-------------------|-----------------------|------------------|
| SI     | C | F                         | FF | M | H | S                               | E | O | S1 | S2 | S3 | H4 | H5                  | S4 |   |                   |                       |                  |
|        |   |                           |    |   |   |                                 |   |   | O1 | O2 | O3 |    |                     |    |   |                   |                       |                  |
| 1      | B | 1                         | A  | 5 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    | Verificar la presión de aceite de lubricación del motor, si el valor indicado es menor a 40 psi, reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la intervención de la bomba principal de aceite. | Diario            | Operador              |                  |
| 1      | B | 1                         | B  | 1 | S | N                               | S |   | S  |    |    |    |                     |    | Inspeccionar los diferentes componentes en busca de fugas de aceite lubricante, de presentarse informar al técnico de mantenimiento para procedimiento de sellado.                                      | Diario            | Operador              |                  |
| 1      | B | 1                         | B  | 2 | S | N                               | S |   | S  |    |    |    |                     |    | Observar el color de los gases de escape de motor, de presentar color azul oscuro, reportar al técnico de mantenimiento para programar reparación de cambio de anillos de pistón.                       | Semanal           | Operador              |                  |
| 1      | B | 1                         | B  | 3 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Cambiar el empaque de la culata del motor diesel.   | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | B | 1                         | B  | 4 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reemplazar las guías de válvulas de admisión y escape.  | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | B | 1                         | B  | 5 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Reacondicionar el turbocompresor cambiando los sellos.  | Anual             | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | C | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Calibrar el taraje de los inyectores de combustible.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | C | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Limpiar tobera de alimentación de combustible del inyector.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | C | 1                         | A  | 3 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Calibrar taraje de la válvula de retorno de combustible.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | C | 1                         | B  | 1 | S | N                               | S |   | S  |    |    |    |                     |    | Verificar en forma visual que no se presenten fugas en las líneas de inyección, si se presentan informar al ingeniero de mantenimiento para programar restauración.                                     | Semanal           | Operador              |                  |
| 1      | C | 1                         | B  | 2 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reemplazar la válvula de regulación de presión de combustible.  | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | C | 1                         | B  | 3 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reparar la bomba de inyección diesel  | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | C | 1                         | B  | 4 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Cambiar los filtros de combustible diesel   | Cada 300 horas    | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | D | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Limpiar los conductos de circulación de aire.   | Cada 300 horas    | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | D | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reemplazar los filtros de aire de motor.  | Cada 300 horas    | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | D | 1                         | B  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Ajustar el filtro de aire y comprobar la fijación al alojamiento.   | Mensual           | Operador              |                  |
| 1      | D | 1                         | B  | 2 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reemplazar los filtros de aire de motor.  | Cada 300 horas    | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | E | 1                         | A  | 1 | S | S                               |   |   | S  |    |    |    |                     |    | Inspeccionar visualmente las juntas de los ductos de escape del motor, y en caso de presentar fuga de gases, reportar al técnico de mantenimiento para realizar procedimiento de sellado.               | Semanal           | Operador              |                  |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**

**Versión 1**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>EQUIPO:</b> EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA:</b><br>3 de 5                     |
| <b>TAG:</b> INT-LAV-01                   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES                             | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |
|  |  | <b>FECHA:</b><br>10-07-2014                |

| Equipo |   | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |                | H1             | H2             | H3 | Acciones a falta de |    |  | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial     | A realizarse por |
|--------|---|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----------------|----------------|----------------|----|---------------------|----|--|-------------------|-----------------------|------------------|
| SI     | C | F                         | FF | M | H | S                               | E | O | S1<br>O1<br>N1 | S2<br>O2<br>N2 | S3<br>O3<br>N3 | H4 | H5                  | S4 |  |                   |                       |                  |
| 1      | E | 1                         | A  | 2 | S | N                               | S |   | S              |                |                |    |                     |    | Revisar las condiciones de los ductos del silenciador, en caso de presentar fuga de gases informar al técnico de mantenimiento para realizar labores de sellado.   |                   |                       |                  |
| 1      | E | 1                         | B  | 1 | S | N                               | S |   | N              | S              |                |    |                     |    | Retirar escorias o residuos acumulados en el interior del silenciador del escape.  | Cada 5 años       | Operador              |                  |
| 1      | F | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Revisar los resortes de las válvulas y cambiar si se encuentran rotos.   | Cada 12 meses     | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | F | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    | Cambiar conjunto válvula-asiento de la culata del motor.   | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | F | 1                         | A  | 3 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Calibrar las válvulas de admisión y escape del conjunto de cilindros.  | Cada 12 meses     | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | A | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Verificar la presión de aceite de lubricación del sistema de bombeo, si el valor indicado es menor a 30 psi, reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la intervención de la bomba de lubricación. | Diario            | Operador              |                  |
| 2      | A | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    | Reemplazar cojinetes del cigüeñal de la bomba de presión.  | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | A | 1                         | A  | 3 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Ajustar tensión de la correa de transmisión de potencia.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | A | 1                         | A  | 4 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    | Cambiar filtro de aceite del sistema de lubricación.   | Cada 6 meses      | Técnico Mantenimiento |                  |
| 3      | A | 2                         | A  | 5 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    | Cambiar el aceite lubricante de la bomba de agua de alta presión.  | Cada 6 meses      | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | A | 1                         | B  | 1 | S | N                               | S |   | S              |                |                |    |                     |    | Revisar el bloque de la bomba de presión, y en caso de presentar fugas reportar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de sellos  | Semanal           | Operador              |                  |
| 2      | A | 1                         | B  | 2 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Inspeccionar el medidor de aceite del bloque de la bomba de presión, y si presenta color blanco informar al ingeniero de mantenimiento para intervención del enfriador de aceite.                              | Diario            | Operador              |                  |
| 2      | B | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    | Cambio de impulsor en la bomba de precarga de agua.  | Cada 5 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Limpiar el filtro de la línea de alimentación de agua.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B | 1                         | B  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Cambiar válvulas del cabezal de succión.   | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B | 1                         | B  | 2 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Cambiar válvulas del cabezal de compresión.  | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B | 1                         | B  | 3 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Verificar que la posición del control de presión se encuentre en la presión de operación (15000 psi).  | Diario            | Operador              |                  |




**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**  
**Versión 1**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>EQUIPO:</b> EQUIPO DE LAVADO HIDROJET | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA:</b><br>4 de 5                     |
| <b>TAG:</b> INT-LAV-01                   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES                             | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |
|  |  | <b>FECHA:</b><br>10-07-2014                |

| Equipo |   | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |                | H1             | H2             | H3 | Acciones a falta de |    |  | Tareas Propuestas   | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
|--------|---|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----------------|----------------|----------------|----|---------------------|----|--|---|-------------------|-----------------------|
| SI     | C | F                         | FF | M | H | S                               | E | O | S1<br>O1<br>N1 | S2<br>O2<br>N2 | S3<br>O3<br>N3 | H4 | H5                  | S4 |  |   |                   |                       |
| 2      | B | 1                         | C  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    |  | Montar el manómetro de pruebas de 0-30000 psi, para medir y comprobar el taraje del regulador de presión del equipo. Informar al ingeniero de mantenimiento para cambiar el instrumento en caso de no presentar control adecuado. | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 2      | B | 1                         | C  | 2 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    |  | Cambiar el anillo de desgaste de los 3 pistones del sistema de bombeo de agua de alta presión.  | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |
| 2      | C | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    |  | Limpiar filtro de salida de flujo del tanque de alimentación de agua.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento |
| 2      | C | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    |  | Limpiar el enfriador de aceite de la bomba de alta presión.   | Annual            | Técnico Mantenimiento |
| 3      | A | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    |  | Cambiar la correa dentada de transmisión de potencia de la bomba de alta presión.   | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |
| 3      | A | 1                         | A  | 2 | S | S                               |   |   | S              |                |                |    |                     |    |  | Inspeccionar a través de la protección, el movimiento lineal de las bielas, y en caso de no presentarse informar al técnico de mantenimiento para cambio de correa inmediato.   | Diario            | Operador              |
| 3      | A | 1                         | A  | 3 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    |  | Reemplazar chaveta de la polea del eje de la bomba de alta presión.   | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |
| 3      | A | 2                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    |  | Ajustar tensión de la correa de transmisión de potencia.  | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 3      | A | 2                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    |  | Reemplazar la banda tipo V de transmisión motor - bombas (agua y lubricante)  | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |
| 3      | A | 2                         | A  | 3 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    |  | Cambiar los rodamientos de las bombas de agua y lubricante.   | Cada 3 años       | Técnico Mantenimiento |
| 4      | A | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    |  | Reacondicionar el motor de arranque, reemplazando las escobillas.   | Annual            | Técnico Eléctrico     |
| 4      | A | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    |  | Limpiar, ajustar y comprobar los contactos eléctricos del motor de arranque.  | Semestral         | Técnico Eléctrico     |
| 4      | A | 1                         | B  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    |  | Revisar el piñón del motor de arranque, y de ser necesario reemplazarlo.  | Annual            | Técnico Mantenimiento |
| 4      | A | 1                         | B  | 2 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    |  | Reemplazar automático del motor de arranque   | Annual            | Técnico Mantenimiento |
| 4      | A | 1                         | C  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    |  | Revisar el voltaje en las baterías, si es menor a 10 V; recargar o cambiar de ser necesario   | Cada 15 días      | Técnico Eléctrico     |
| 4      | B | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    |  | Reemplazar escobillas en el alternador.   | Annual            | Técnico Eléctrico     |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>HOJA DE DECISIÓN RCM</b> |   |                           |  |   |                                 |  |   |   |                      |                      |                      |                             | <b>DRCM-001</b><br><b>Versión 1</b> |    |  |                   |                   |
|---|---|---------------------------|--|---|---------------------------------|--|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----|--|-------------------|-------------------|
| <b>EQUIPO:</b> EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |   |                           |  |   |                                 | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   |   |                      |                      |                      | <b>HOJA:</b><br>5 de 5      |                                     |    |  |                   |                   |
| <b>TAG:</b> INT-LAV-01  |   |                           | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES |   |                                 | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   |   |                      |                      |                      | <b>FECHA:</b><br>10-07-2014 |                                     |    |  |                   |                   |
| Equipo  |   | Referencia de Información |  |   | Evaluación de las Consecuencias |  |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1 | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de         |                                     |    | Tareas Propuestas  | Intervalo Inicial | A realizarse por  |
| SI  | C | F                         | FF   | M | H                               | S  | E | O |                      |                      |                      | H4                          | H5                                  | S4 |  |                   |                   |
| 4   | B | 1                         | A  | 2 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Verificar que el indicador de luz no se encienda en operación, en caso de activarse, informar al técnico eléctrico para intervención de las alimentación del alternador. | Diario            | Operador          |
| 4   | C | 1                         | A  | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |    | Limpiar los contactos eléctricos del servoacelerador.  | Cada 15 días      | Técnico Eléctrico |
| 4   | C | 1                         | A  | 2 | S                               | N  | N | S | N                    | N                    | N                    |                             |                                     |    | Ningún mantenimiento programado.   | -                 | -                 |
| 4   | D | 1                         | A  | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |    | Agregar agua desmineralizada a las baterías, hasta el respectivo nivel de operación.   | Mensual           | Operador          |
| 4   | D | 1                         | A  | 2 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Cambiar baterías eléctricas, fuentes de energía del equipo.  | Cada 2 años       | Técnico Eléctrico |
| 4   | D | 1                         | A  | 3 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Revisar el voltaje en las baterías, si es menor a 10 V; recargar o cambiar de ser necesario  | Cada 15 días      | Técnico Eléctrico |
| 4   | E | 1                         | A  | 1 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Verificar el funcionamiento del switch de arranque, en caso de no iniciar el encendido del motor informar al técnico eléctrico para cambio inmediato.                    | Diario            | Operador          |
| 4   | E | 1                         | B  | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |    | Limpiar los contactos eléctricos del switch de arranque.   | Semestral         | Operador          |

Fuente: Autores del proyecto

## Hoja de decisión RCM Equipo de lavado abrasivo – Sponge Jet

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>HOJA DE DECISIÓN RCM |   |                           |                               |   |                                 |   |   |   |          |          |          |                      | DRCM-001  |    |  |                   |                       |
|---|---|---------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|---|---|----------|----------|----------|----------------------|-----------|----|--|-------------------|-----------------------|
|   |   |                           |                               |   |                                 |   |   |   |          |          |          |                      | Versión 1 |    |  |                   |                       |
| EQUIPO: CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET  |   |                           |                               |   |                                 | FACILITADORES: DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   |   |          |          |          | HOJA<br>1 de 3       |           |    |  |                   |                       |
| TAG: MEC-LAV-01   |   |                           | UBICACIÓN: TALLER DE MECÁNICA |   |                                 | AUDITOR: Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   |   |          |          |          | FECHA:<br>11-07-2014 |           |    |  |                   |                       |
| Equipo  |   | Referencia de Información |                               |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |   | H1<br>S1 | H2<br>O1 | H3<br>S3 | Acciones a falta de  |           |    | Tareas Propuestas  | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
| SI  | C | F                         | FF                            | M | H                               | S   | E | O | N1       | N2       | N3       | H4                   | H5        | S4 |  |                   |                       |
| 1   | A | 1                         | A                             | 1 | S                               | S   |   |   | S        |          |          |                      |           |    | Inspeccionar visualmente la superficie externas del ciclón y en caso de presentar grietas reportar al ingeniero de mantenimiento para programar procedimiento de reparación. | Cada 3 meses      | Operador              |
| 1   | B | 1                         | A                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Remover los residuos localizados en los rodamientos del eje del actuador neumático y agregar lubricante suficiente.  | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 1   | B | 1                         | A                             | 2 | S                               | S   |   |   | S        |          |          |                      |           |    | Revisar visualmente que en el interior del ducto de transporte neumático no haya acumulación de material abrasivo y limpiar de ser necesario.                                | Semanal           | Operador              |
| 2   | A | 1                         | A                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | N        | S        |                      |           |    | Reemplazar el tamiz central, retirando las estructura necesaria.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento |
| 2   | A | 1                         | B                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Retirar el material abrasivo acumulado en los mecanismos del clasificador vibratorio.  | Cada 15 días      | Técnico Mantenimiento |
| 2   | A | 1                         | B                             | 2 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Lubricar las rotulas del mecanismo de oscilación y dar ajuste a las guías de deslizamiento   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 2   | B | 1                         | A                             | 1 | S                               | S   |   |   | S        |          |          |                      |           |    | Revisar el nivel de material de desecho en los tambores y vaciar en sacos si se encuentra cerca al nivel máximo.   | Semanal           | Operador              |
| 2   | B | 1                         | B                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Limpiar el material acumulado en el interior del conducto de descarga.   | Mensual           | Mantenimiento         |
| 3   | A | 1                         | A                             | 1 | S                               | N   | N | S | S        |          |          |                      |           |    | Verificar la activación adecuada de la electroválvula neumática  | Semanal           | Operador              |
| 3   | B | 1                         | A                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | N        | S        |                      |           |    | Cambiar filtro de aire del eyector de vacío  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |
| 3   | B | 1                         | B                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Retirar filtro de aire y limpiar con aire presurizado a 60 psi, desde la parte interna hacia la externa.   | Cada 15 días      | Técnico Mantenimiento |
| 3   | C | 1                         | A                             | 1 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Remover el material acumulado en la parte interna del conducto de succión.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 3   | C | 1                         | A                             | 2 | S                               | N   | N | S | N        | S        |          |                      |           |    | Limpiar el interior del conducto de succión  | Mensual           | Técnico Mantenimiento |




## DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB

## HOJA DE DECISIÓN RCM

DRCM-001


Versión 1

| EQUIPO:                                |   |                           |    |   |                    |                                 |   |   |    | FACILITADORES:   |    |    |                     |    |   |                   |                         |                  |  | HOJA       |
|--|---|---------------------------|----|---|--------------------|---------------------------------|---|---|----|--|----|----|---------------------|----|---|-------------------|-------------------------|------------------|--|------------|
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET |   |                           |    |   |                    |                                 |   |   |    | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |    |    |                     |    |   |                   |                         |                  |  | 2 de 3     |
| TAG:                                   |   |                           |    |   | UBICACIÓN:         |                                 |   |   |    | AUDITOR:   |    |    |                     |    |   |                   |                         |                  |  | FECHA:     |
| MEC-LAV-01                             |   |                           |    |   | TALLER DE MECÁNICA |                                 |   |   |    | Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA                                   |    |    |                     |    |   |                   |                         |                  |  | 11-07-2014 |
| Equipo                                 |   | Referencia de Información |    |   |                    | Evaluación de las Consecuencias |   |   |    | H1   | H2 | H3 | Acciones a falta de |    |   | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial       | A realizarse por |  |            |
| SI                                     | C | F                         | FF | M | H                  | S                               | E | O | O1 | O2   | O3 | H4 | H5                  | S4 |   |                   |                         |                  |  |            |
| 3                                      | C | 1                         | B  | 1 | S                  | N                               | N | S | S  |  |    |    |                     |    | Revisar el estado superficial del ducto de vacío y reportar al técnico de mantenimiento para cambio de tramos que se encuentren cristalizados o con corte.  | Trimestral        | Operador                |                  |  |            |
| 3                                      | C | 1                         | B  | 2 | S                  | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Ajustar las uniones en los extremos del ducto de vacío  | Cada 15 días      | Operador                |                  |  |            |
| 4                                      | A | 1                         | A  | 1 | S                  | S                               |   |   | S  |  |    |    |                     |    | Revisar la superficie del silo de almacenamiento ciclónico y en caso de presentar grietas o fracturas, reportar al ingeniero de mantenimiento para la programación de las tareas de restauración.           | Cada 3 meses      | Operador                |                  |  |            |
| 4                                      | B | 1                         | A  | 1 | S                  | N                               | N | S | S  |  |    |    |                     |    | Verificar que la presión de alimentación del actuador neumático disponible sea 100 psi. Si se requiere, informar a servicios industriales para ajustar la presión en la línea.                              | Diario            | Operador                |                  |  |            |
| 4                                      | C | 1                         | A  | 1 | S                  | N                               | N | S | S  |  |    |    |                     |    | Comprobar la apertura total de la válvula de descarga rápida, accionando los controles manualmente, en caso de accionamiento parcial informar al ingeniero de mantenimiento para programar la intervención. | Semanal           | Operador                |                  |  |            |
| 5                                      | A | 1                         | A  | 1 | S                  | S                               |   |   | S  |  |    |    |                     |    | Verificar el sello hermético en los puertos de descarga y succión, si hay fugas cambiar los empaques.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento   |                  |  |            |
| 5                                      | B | 1                         | A  | 1 | S                  | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Limpiar con Loctite Super Lub los contactos de alimentación eléctrica del motor y ajustarlos si es necesario.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento   |                  |  |            |
| 5                                      | B | 1                         | A  | 2 | S                  | N                               | S |   | S  |  |    |    |                     |    | Inspeccionar los niveles de vibración en la estructura del agitador y en el caso que supere los nivel severo, informar al ingeniero de mantenimiento para programar el desmonte de la hélice.               | Mensual           | Ingeniero de Inspección |                  |  |            |
| 5                                      | C | 1                         | A  | 1 | S                  | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Limpiar los asientos de válvula de regulación y retirar el material acumulado.  | Cada 15 días      | Técnico Mantenimiento   |                  |  |            |
| 5                                      | C | 1                         | A  | 2 | S                  | N                               | N | S | S  |  |    |    |                     |    | Revisar sóque de conexión eléctrica en el solenoide de la válvula y ajustar si es necesario.  | Semanal           | Operador                |                  |  |            |
| 5                                      | D | 1                         | A  | 1 | S                  | S                               |   |   | S  |  |    |    |                     |    | Inspeccionar el ducto de alta presión y en caso de presentar fugas informar al ingeniero de mantenimiento para programar procedimientos de sustitución.   | Diario            | Operador                |                  |  |            |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>HOJA DE DECISIÓN RCM</b> |   |                           |                                      |   |                                 |  |   |   |                      |                      |                      |                             | <b>DRCM-001</b><br><b>Versión 1</b> |    |   |                   |                       |
|---|---|---------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|--|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----|---|-------------------|-----------------------|
| <b>EQUIPO:</b> CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET   |   |                           |                                      |   |                                 | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   |   |                      |                      |                      | <b>HOJA</b><br>3 de 3       |                                     |    |   |                   |                       |
| <b>TAG:</b> MEC-LAV-01  |   |                           | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE MECÁNICA |   |                                 | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   |   |                      |                      |                      | <b>FECHA:</b><br>11-07-2014 |                                     |    |   |                   |                       |
| Equipo  |   | Referencia de Información |                                      |   | Evaluación de las Consecuencias |  |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1 | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de         |                                     |    | Tareas Propuestas   | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
| SI  | C | F                         | FF                                   | M | H                               | S  | E | O | N1                   | N2                   | N3                   | H4                          | H5                                  | S4 |   |                   |                       |
| 5   | E | 1                         | A                                    | 1 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Montar el manómetro de rango 0-120 PSI, y verificar que la presión de trabajo sea 100 PSI. Si es necesario, informar la desviación en los datos del manómetro de operación para coordinar el reemplazo del instrumento.       | Cada 15 días      | Técnico Mantenimiento |
| 5   | E | 1                         | A                                    | 2 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Revisar la estabilidad del dato indicado por el instrumento. Reportar si el indicador oscila en +/- 10 % del valor indicado, para programar su limpieza.  | Diario            | Operador              |
| 5   | F | 1                         | A                                    | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |    | Retirar el inyector y extraer el material acumulado.  | Semanal           | Técnico Mantenimiento |
| 5   | G | 1                         | A                                    | 1 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Verificar en el manómetro, la presión de sistema se encuentre en un valor no mayor a 100 PSI. De exceder en un 10% despresurizar el sistema e informar al ingeniero de mantenimiento para intervenir la válvula de seguridad. | Diario            | Operador              |
| 6   | A | 1                         | A                                    | 1 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Revisar el estado de adherencia del empaque, y si presenta desprendimiento, reemplazarlo.   | semanal           | Operador              |
| 6   | A | 2                         | A                                    | 1 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Revisar el estado del aislante sonoro, en caso de presentar desprendimiento o desgaste, reemplazarlo.   | semanal           | Operador              |
| 6   | B | 1                         | A                                    | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |    | Ajustar los contactos eléctricos de los controles de operación y limpiarlos detalladamente.   | mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 6   | B | 1                         | A                                    | 2 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |    | Testear la señal en la perilla de regulación variando la posición, en caso de errores en la señal de regulación cambiar componente.   | Cada 3 meses      | Técnico Mantenimiento |
| 6   | B | 2                         | A                                    | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |    | Limpiar contactos eléctricos del sistema de iluminación.  | Cada 2 meses      | Técnico Mantenimiento |

Fuente: Autores del proyecto

## Hoja de decisión RCM. Lapeadora SS36H

|  DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>HOJA DE DECISIÓN RCM |   |                           |    |                                      |                                 |  |   |  |          |          |          |                             | DRCM-001  |    |   |                   |                       |
|---|---|---------------------------|----|--------------------------------------|---------------------------------|--|---|--|----------|----------|----------|-----------------------------|-----------|----|---|-------------------|-----------------------|
|   |   |                           |    |                                      |                                 |  |   |  |          |          |          |                             | Versión 1 |    |   |                   |                       |
| <b>EQUIPO:</b> LAPEADORA LAPMASTER SS36H  |   |                           |    |                                      |                                 | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   |  |          |          |          | <b>HOJA:</b><br>1 de 3      |           |    |   |                   |                       |
| <b>TAG:</b> SGO-LAP-02  |   |                           |    | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE MECÁNICA |                                 |  |   | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRAS PINILLA |          |          |          | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014 |           |    |   |                   |                       |
| Equipo  |   | Referencia de Información |    |                                      | Evaluación de las Consecuencias |  |   |  | H1       | H2       | H3       | Acciones a falta de         |           |    | Tareas Propuestas   | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
| SI  | C | F                         | FF | M                                    | H                               | S  | E | O  | O1<br>N1 | O2<br>N2 | O3<br>N3 | H4                          | H5        | S4 |   |                   |                       |
| 1   | A | 1                         | A  | 1                                    | S                               | N  | N | S  | N        | S        |          |                             |           |    | Limpiar y ajustar terminales eléctricos de alimentación del motor.  | Mensual           | Operador              |
| 1   | A | 1                         | A  | 2                                    | S                               | N  | N | S  | N        | S        |          |                             |           |    | Extraer el impulsor principal de la bomba y retirarle el material acumulado.  | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 1   | A | 1                         | A  | 3                                    | S                               | N  | N | S  | N        | S        |          |                             |           |    | Retirar el material presente en el puerto de succión de la bomba de alimentación.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 1   | A | 1                         | B  | 1                                    | S                               | N  | N | S  | N        | N        | S        |                             |           |    | Cambiar los impulsores de la bomba de alimentación, realizando su respectiva prueba de operación.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento |
| 1   | A | 2                         | A  | 1                                    | S                               | N  | S |  | S        |          |          |                             |           |    | Inspeccionar la carcasa de la bomba de alimentación en busca de fugas de slurry abrasivo, en caso de presentarlas informar al ingeniero de mantenimiento para establecer la tarea de cambio de sellos.                  | Semanal           | Operador              |
| 1   | B | 1                         | A  | 1                                    | S                               | N  | S |  | S        |          |          |                             |           |    | Revisar el tanque de almacenamiento en busca de grietas o irregularidades en la superficie. Informar al ingeniero de mantenimiento si es necesario, para realizar la programación de tareas de recuperación del tanque. | Semanal           | Operador              |
| 1   | B | 1                         | B  | 1                                    | S                               | N  | S |  | S        |          |          |                             |           |    | Observar si hay fugas de slurry en la válvula de drenaje del tanque de almacenamiento, si se presentan informar al ingeniero de mantenimiento para programar el ajuste de los asientos de la válvula.                   | Diario            | Operador              |
| 1   | B | 2                         | A  | 1                                    | S                               | N  | N | S  | N        | S        |          |                             |           |    | Ajustar las juntas bridadas localizadas entre el tanque y la bomba de alimentación.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 1   | B | 2                         | A  | 2                                    | S                               | N  | N | S  | N        | N        | S        |                             |           |    | Reemplazar los soportes principales de la bomba de alimentación.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |
| 1   | C | 1                         | A  | 1                                    | S                               | N  | N | S  | N        | S        |          |                             |           |    | Limpiar y ajustar terminales eléctricos de alimentación del motor (Usar Loctite Super Lub para la limpieza).  | Cada 15 días      | Operador              |
| 1   | D | 1                         | A  | 1                                    | S                               | N  | N | N  | S        |          |          |                             |           |    | Retirar la tubería de transporte de 1/4" y realizar procedimiento de limpieza, retirando material acumulado en su interior.   | Mensual           | Técnico Mantenimiento |
| 1   | D | 1                         | B  | 1                                    | S                               | S  |   |  | S        |          |          |                             |           |    | Inspeccionar la tubería de transporte de 1/4", en busca de poros o grietas, en caso de presentarse, informar al ingeniero de mantenimiento para programar la tarea de sustitución.                                      | Semanal           | Operador              |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB

HOJA DE DECISIÓN RCM

DRCM-001

Versión 1

| EQUIPO: LAPEADORA LAPMASTER SS36H |   |                           |    |   |                                 |   |   |   |                      | FACILITADORES: DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |                      |                     |    |  | HOJA:<br>2 de 3  |                   |                         |
|-----------------------------------|---|---------------------------|----|---|---------------------------------|---|---|---|----------------------|---|----------------------|---------------------|----|--|--|-------------------|-------------------------|
| TAG: SGO-LAP-02                   |   |                           |    |   | UBICACIÓN: TALLER DE MECÁNICA   |   |   |   |                      | AUDITOR: Ing. CARLOS BORRAS PINILLA   |                      |                     |    |  | FECHA:<br>11/07/2014   |                   |                         |
| Equipo                            |   | Referencia de Información |    |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1 | H2<br>S2<br>O2<br>N2  | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de |    |  | Tareas Propuestas  | Intervalo Inicial | A realizarse por        |
| SI                                | C | F                         | FF | M | H                               | S | E | O |                      |   | H4                   | H5                  | S4 |  |  |                   |                         |
| 1                                 | E | 1                         | A  | 1 | S                               | N | N | S | N                    | S   |                      |                     |    |  | Desmontar el dosificador de slurry, y realizar limpieza de boquilla para retirar material acumulado.   | Cada 15 días      | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | A | 1                         | A  | 1 | S                               | S |   |   | S                    |   |                      |                     |    |  | Revisar el cableado de alimentación eléctricos del motor, e informar al técnico de mantenimiento para el cambio de los tramos que presenten cortes o desgaste.   | Semanal           | Operador                |
| 2                                 | A | 1                         | A  | 2 | S                               | N | N | S | N                    | N   | S                    |                     |    |  | Cambiar contactor de encendido de motor.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | A | 1                         | A  | 3 | S                               | N | N | S | N                    | S   |                      |                     |    |  | Ajustar las tolerancias en los rodamientos de los engranajes, limpiar impurezas y cambiar lubricante.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | A | 1                         | B  | 1 | S                               | N | N | S | N                    | N   | S                    |                     |    |  | Cambiar terminales de alimentación eléctrica del motor.  | Anual             | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | A | 1                         | C  | 1 | S                               | N | N | S | N                    | N   | S                    |                     |    |  | Reemplazar los rodamientos del eje del motor.  | Anual             | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | B | 1                         | A  | 1 | S                               | N | N | S | S                    |   |                      |                     |    |  | Encender el equipo en vacío, medir la velocidad de rotación del plato giratorio y verificar que coincida con el valor indicado por la perilla de regulación de velocidad, en caso de variaciones informar al ingeniero de mantenimiento para programar el ajuste del reductor. | Mensual           | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | B | 1                         | A  | 2 | S                               | N | N | S | S                    |   |                      |                     |    |  | Medir vibración en el reductor y en caso de presentarlas, informar al ingeniero de mantenimiento para programar el reacondicionamiento del reductor.   | Cada 15 días      | Ingeniero de Inspección |
| 2                                 | B | 1                         | A  | 3 | S                               | N | N | S | S                    |   |                      |                     |    |  | Verificar el nivel de lubricante en el reductor, si se encuentra en un nivel bajo, reabastecer hasta nivel de operación.   | Semanal           | Operador                |
| 2                                 | B | 1                         | B  | 1 | S                               | N | N | S | N                    | N   | S                    |                     |    |  | Cambiar el aceite lubricante del reductor  | Anual             | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | B | 1                         | C  | 1 | S                               | N | N | S | N                    | S   |                      |                     |    |  | Revisar el estado de los engranajes en el reductor y reemplazar el que presente desgastes.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | C | 1                         | A  | 1 | S                               | N | N | S | S                    |   |                      |                     |    |  | Medir la holgura entre el plato giratorio y el alojamiento en la mesa, en caso de que se encuentre con tolerancia nula, reportar para procedimiento de alineación.   | Cada 15 días      | Operador                |
| 2                                 | C | 2                         | A  | 1 | S                               | N | N | S | S                    |   |                      |                     |    |  | Inspeccionar con el reloj comparador de carátula la superficie del plato giratorio.  | Mensual           | Técnico Mantenimiento   |
| 2                                 | D | 1                         | A  | 1 | S                               | N | N | S | S                    |   |                      |                     |    |  | Verificar la movilidad de los rodamientos guía en el brazo fijo, y en caso de presentar resistencia a la rotación, cambiarlos.   | Diario            | Operador                |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**

**Versión 1**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>EQUIPO:</b> LAPEADORA LAPMASTER SS36H | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA:</b><br>3 de 3                     |
| <b>TAG:</b> SGO-LAP-02                   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE MECÁNICA   | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRAS PINILLA |
|  |  | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014                |

| Equipo |   | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |                | H1             | H2             | H3 | Acciones a falta de |    |  | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial     | A realizarse por |
|--------|---|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----------------|----------------|----------------|----|---------------------|----|--|-------------------|-----------------------|------------------|
| SI     | C | F                         | FF | M | H | S                               | E | O | S1<br>O1<br>N1 | S2<br>O2<br>N2 | S3<br>O3<br>N3 | H4 | H5                  | S4 |  |                   |                       |                  |
| 2      | E | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Revisar la sujeción en el brazo fijo, en caso de estar desgastada informar al técnico de mantenimiento para realizar el cambio del conjunto de bujes y pernos.   | Diario            | Operador              |                  |
| 3      | A | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | N              | S              |    |                     |    | Cambiar los soportes de nivelación del bastidor  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 3      | B | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Limpiar los residuos acumulados en el bastidor y la mesa de trabajo  | Diario            | Operador              |                  |
| 3      | C | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N              | S              |                |    |                     |    | Ajustar los pernos de sujeción de los diferentes componentes acoplados al bastidor.  | mensual           | Operador              |                  |
| 4      | A | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Revisar terminales del potenciómetro de regulación de velocidad, ajustar y cambiarlos si es necesario.   | mensual           | Operador              |                  |
| 4      | B | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Testear posiciones del selector, e informar al ingeniero de mantenimiento en caso de no enviar señal eléctrica en alguna de ellas.   | mensual           | Técnico Eléctrico     |                  |
| 4      | C | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S              |                |                |    |                     |    | Si no se activa el temporizador, restablecer su funcionamiento. En caso de continuar con el error de no limitar el tiempo de operación, informar al técnico eléctrico para realizar la revisión interna o el cambio. | A condición       | Operador              |                  |

Fuente: Autores del proyecto

## Hoja de decisión RCM. Banco de prueba de gobernadores

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>HOJA DE DECISIÓN RCM</b> |   |                           |   |   |                                 |  |   |   |                      |                      |                      |                             | <b>DRCM-001</b><br><b>Versión 1</b> |  |  |                   |                         |
|---|---|---------------------------|---|---|---------------------------------|--|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------|-------------------------|
| <b>EQUIPO:</b> BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES  |   |                           |   |   |                                 | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   |   |                      |                      |                      | <b>HOJA</b><br>1 de 6       |                                     |  |  |                   |                         |
| <b>TAG:</b> SGO-BPG-01  |   |                           | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |   |                                 | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   |   |                      |                      |                      | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014 |                                     |  |  |                   |                         |
| Equipo  |   | Referencia de Información |   |   | Evaluación de las Consecuencias |  |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1 | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de         |                                     |  | Tareas Propuestas  | Intervalo Inicial | A realizarse por        |
| SI  | C | F                         | FF  | M | H                               | S  | E | O | H4                   | H5                   | S4                   |                             |                                     |  |  |                   |                         |
| 1   | A | 1                         | A   | 1 | S                               | N  | S |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |  | Medir la temperatura del motor y la corriente de consumo, si los valores registrados se encuentran distantes del rango de operación, informar al ingeniero de mantenimiento para intervención inmediata del motor. | Cada 15 días      | Técnico Mantenimiento   |
| 1   | A | 1                         | A   | 2 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |  | Inspeccionar el estado del cableado de alimentación eléctrica del motor, si es necesario cambiar los tramos que se encuentren cortados.  | Semanal           | Operador                |
| 1   | A | 1                         | A   | 3 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |  | Ajustar los terminales de alimentación eléctrica del motor   | Cada 15 días      | Operador                |
| 1   | A | 1                         | A   | 4 | S                               | N  | N | S | N                    | N                    | S                    |                             |                                     |  | Reemplazar rodamientos del eje del motor   | Semestral         | Técnico Mantenimiento   |
| 1   | A | 1                         | B   | 1 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |  | Inspeccionar las vibraciones en el eje del motor y de presentar vibraciones severas, desarmar para revisar alineamiento de eje y cambiar si es necesario.  | Mensual           | Ingeniero de Inspección |
| 1   | A | 1                         | B   | 2 | S                               | N  | N | S | S                    |                      |                      |                             |                                     |  | Medir vibraciones en el motor y en caso de localizarse en un nivel severo, presentar reporte para programar la revisión del balanceo del rotor.  | Mensual           | Ingeniero de Inspección |
| 1   | A | 1                         | B   | 3 | S                               | N  | N | S | N                    | N                    | S                    |                             |                                     |  | Cambiar rodamientos del eje del motor.   | Semestral         | Técnico Mantenimiento   |
| 1   | A | 1                         | B   | 4 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |  | Ajustar los soportes del motor, aplicando el respectivo torque.  | Mensual           | Operador                |
| 1   | A | 1                         | C   | 1 | S                               | S  |   |   | S                    |                      |                      |                             |                                     |  | Inspeccionar la integridad del aislamiento eléctrico en las conexiones de alimentación del motor.  | Semanal           | Operador                |
| 1   | A | 1                         | C   | 2 | S                               | N  | N | S | N                    | S                    |                      |                             |                                     |  | Limpiar los contactos de alimentación eléctrica y ajustar de ser necesario.  | Mensual           | Operador                |
| 1   | A | 1                         | C   | 3 | S                               | N  | N | S | N                    | N                    | N                    |                             |                                     |  | Ningún mantenimiento programado. Reemplazar inmediatamente.  | -                 | -                       |
| 1   | A | 1                         | D   | 1 | S                               | N  | N | S | N                    | N                    | S                    |                             |                                     |  | Reemplazar rodamientos del eje del motor   | Semestral         | Técnico Mantenimiento   |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**  
**Versión 1**

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b> BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA</b><br>2 de 6       |
| <b>TAG:</b> SGO-BPG-01                         | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES                                  | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014 |
| <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA     |  |                             |

| Equipo |    | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |    | H1 | H2 | H3 | Acciones a falta de |    |  |   | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial     | A realizarse por |
|--------|----|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----|----|----|----|---------------------|----|--|---|-------------------|-----------------------|------------------|
| SI     | C  | F                         | FF | M | H | S                               | E | O | O1 | O2 | O3 | H4 | H5                  | S4 |  |   |                   |                       |                  |
| N1     | N2 | N3                        |    |   |   |                                 |   |   |    |    |    |    |                     |    |  |   |                   |                       |                  |
| 1      | A  | 1                         | D  | 2 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    |  | Inspeccionar el ajuste axial del eje del motor, si se presenta movimiento cambiar pines de fijación de rodamiento con respecto al eje.  | Cada 3 meses      | Operador              |                  |
| 1      | A  | 1                         | D  | 3 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    |  | Agregar lubricante a los rodamientos del eje del motor.   | Cada 2 meses      | Operador              |                  |
| 1      | A  | 1                         | E  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    |  | Retirar toda la contaminación presente en la superficie de la carcaza del motor.  | Mensual           | Operador              |                  |
| 1      | A  | 1                         | E  | 2 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    |  | Verificar la estructura de la hélice de ventilación del motor, dado el caso que presente fracturas o desintegración, informar al técnico de mantenimiento para realizar el cambio inmediato del elemento. | Semanal           | Operador              |                  |
| 1      | A  | 1                         | E  | 3 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    |  | Lubricar rodamientos del eje del motor.   | Mensual           | Operador              |                  |
| 1      | B  | 1                         | A  | 1 | N |                                 |   |   | N  | S  |    |    |                     |    |  | Retirar los elementos extraños alojados en las cavidades de las paletas, en la bomba hidráulica.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | B  | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    |  | Cambiar filtro de aceite hidráulico de la línea de succión.   | Cada 3 meses      | Operador              |                  |
| 1      | B  | 1                         | B  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    |  | Desarmar el conjunto impulsor de la bomba para revestir las paletas de la bomba hidráulica.   | 2 años            | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | B  | 2                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    |  | Aplicar líquido penetrante a la superficie guía del obturador de la válvula de seguridad del sistema hidráulico.  | Mensual           | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | B  | 2                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    |  | Desmontar placas internas de la bomba de lubricación para rectificar superficie   | 2 años            | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1      | B  | 3                         | A  | 1 | S | N                               | S |   | S  |    |    |    |                     |    |  | Inspeccionar los acoples en los puertos de la bomba y en caso de presentar fugas ajustar la conexión.   | Diario            | Operador              |                  |
| 1      | B  | 3                         | A  | 2 | S | N                               | S |   | S  |    |    |    |                     |    |  | Inspeccionar el entorno del sello en busca de fugas, si se presentan informar al técnico de mantenimiento para cambio del elemento.   | Diario            | Operador              |                  |
| 1      | C  | 1                         | A  | 1 | S | N                               | S |   | S  |    |    |    |                     |    |  | Revisar que la presión mostrada por el indicador no supere 100 PSI, si es mayor reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la revisión de la válvula de seguridad.                             | Diario            | Operador              |                  |
| 1      | C  | 2                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    |  | Antes de encender el equipo, energizar y verificar que el sonido de activación y retorno de los solenoides de la válvula direccional del sistema hidráulico sea efectivo.                                 | Semanal           | Operador              |                  |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**  
**Versión 1**

| <b>EQUIPO:</b> BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES |   |                           |    |   |   |                                 |   |   |                | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |                |    |                     |    | <b>HOJA</b><br>3 de 6   |                   |                       |                  |
|--|---|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----------------|--|----------------|----|---------------------|----|---|-------------------|-----------------------|------------------|
| <b>TAG:</b> SGO-BPG-01                         |   |                           |    |   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                                 |   |   |                | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |                |    |                     |    | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014   |                   |                       |                  |
| Equipo   |   | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |                | H1   | H2             | H3 | Acciones a falta de |    |   | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial     | A realizarse por |
| SI   | C | F                         | FF | M | H   | S                               | E | O | S1<br>O1<br>N1 | S2<br>O2<br>N2   | S3<br>O3<br>N3 | H4 | H5                  | S4 |   |                   |                       |                  |
| 1  | C | 2                         | A  | 2 | S   | N                               | N | S | N              | N  | N              |    |                     |    | Mantenimiento no programado. Reemplazar los tramos de control eléctrico afectados.  | -                 | -                     |                  |
| 1  | D | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | S              |  |                |    |                     |    | Medir la temperatura externa del depósito y en caso de no superar 50°C, reportar al ingeniero de mantenimiento para revisar el sistema de calentamiento del aceite. | Cada 15 días      | Operador              |                  |
| 1  | D | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | N | S | N              | S  |                |    |                     |    | Evacuar el aceite en el depósito para retirar el sensor de temperatura y limpiar los residuos alojados en su superficie.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1  | E | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | N              | N  | S              |    |                     |    | Reemplazar el filtro de aceite hidráulico.  | Semestral         | Técnico Mantenimiento |                  |
| 1  | F | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | S |   | S              |  |                |    |                     |    | Inspeccionar el tapón del depósito de almacenamiento, si presenta fugas ajustar el elemento.  | Diario            | Operador              |                  |
| 1  | G | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | S |   | S              |  |                |    |                     |    | Realizar inspección visual de la manguera de transporte hidráulico, si se observan fugas reemplazar el tramo averiado.  | Diario            | Operador              |                  |
| 1  | G | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | S |   | S              |  |                |    |                     |    | Inspeccionar los acoples de la manguera, en caso de presentar fugas reportar para cambio de racores.  | Diario            | Operador              |                  |
| 1  | H | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | N              | S  |                |    |                     |    | Limpiar la superficie interna de la mirilla indicadora de nivel.  | Cada 3 meses      | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2  | A | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | N              | N  | N              |    |                     |    | Ningún mantenimiento programado. Cambiar el contactar de protección térmica del servomotor.   | -                 | -                     |                  |
| 2  | A | 1                         | A  | 2 | S   | N                               | N | S | N              | S  |                |    |                     |    | Limpiar y comprobar contactos de alimentación eléctrica del servomotor.   | Cada 6 meses      | Técnico Eléctrico     |                  |
| 2  | A | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | N | N | S              |  |                |    |                     |    | Inspeccionar visualmente la integridad de la hélice de ventilación, si se observan grietas o desgaste informar para el cambio.                                      | Cada 15 días      | Operador              |                  |
| 2  | A | 1                         | B  | 2 | S   | N                               | N | S | N              | S  |                |    |                     |    | Medir el flujo de corriente en el motor y en caso de superar el nivel admisible de 40 Amp, verificar cargas excesivas en el eje.                                    | Mensual           | Técnico Eléctrico     |                  |
| 2  | A | 1                         | B  | 3 | S   | N                               | N | S | N              | S  |                |    |                     |    | Retirar el material alojado en la superficie y las ranuras de enfriamiento.   | Mensual           | Operador              |                  |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**  
**Versión 1**

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b> BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS | <b>HOJA</b><br>4 de 6       |
| <b>TAG:</b> SGO-BPG-01                         | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES                                  | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014 |
| <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA     |  |                             |

| Equipo |    | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |    | H1 | H2 | H3 | Acciones a falta de |    |   | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial     | A realizarse por |
|--------|----|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|----|----|----|----|---------------------|----|---|-------------------|-----------------------|------------------|
| SI     | C  | F                         | FF | M | H | S                               | E | O | O1 | O2 | O3 | H4 | H5                  | S4 |   |                   |                       |                  |
| N1     | N2 | N3                        |    |   |   |                                 |   |   |    |    |    |    |                     |    |   |                   |                       |                  |
| 2      | A  | 1                         | C  | 1 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    | Inspeccionar el ajuste axial del eje del servomotor, si se presenta deslizamiento axial, cambiar rodamiento cónico.   | Mensual           | Operador              |                  |
| 2      | A  | 1                         | C  | 2 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reemplazar rodamientos del eje del servomotor.  | Anual             | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | A  | 1                         | C  | 3 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Lubricar rodamientos del eje del servomotor.  | Cada 2 meses      | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B  | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Reemplazar rodamientos de los 2 ejes del sistema multiplicador de velocidad.  | 2 años            | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B  | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | N  | N  | S  |    |                     |    | Cambiar el aceite lubricante del multiplicador de velocidad.  | Anual             | Técnico Mantenimiento |                  |
| 2      | B  | 1                         | B  | 1 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    | Revisar el nivel de aceite en el multiplicador de velocidad, de ser necesario agregar lubricante hasta nivel de operación.  | Mensual           | Operador              |                  |
| 3      | A  | 1                         | A  | 1 | S | S                               |   |   | S  |    |    |    |                     |    | Montar el manómetro de prueba (rango 0-600 PSI) en cada uno de los puertos de indicación, y verificar que la presión de trabajo no supere los 100 y 600 psi según corresponda. Si hay desviación en los datos del manómetro de operación, informar para coordinar el reemplazo del instrumento. | Trimestral        | Técnico Mantenimiento |                  |
| 3      | A  | 1                         | B  | 1 | S | S                               |   |   | S  |    |    |    |                     |    | Revisar la indicación de nivel de presión en el manómetro, en caso de no señalar ningún valor, coordinar con el ingeniero de mantenimiento para programar el cambio.  | Diario            | Operador              |                  |
| 3      | B  | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    | Inspeccionar visualmente el encoder, de encontrarse desviado o distante de su posición de operación. Informar al técnico eléctrico para ajustarlo inmediatamente.   | Semanal           | Operador              |                  |
| 3      | B  | 1                         | A  | 2 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    | Comprobar la indicación del instrumento en el visor LCD y en caso de no mostrar un valor definido informar al ingeniero de mantenimiento para cambio del encoder.   | Diario            | Operador              |                  |
| 3      | B  | 2                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | N  | S  |    |    |                     |    | Limpiar, ajustar y comprobar contactos eléctricos del sensor de temperatura.  | Trimestral        | Técnico Eléctrico     |                  |
| 3      | C  | 1                         | A  | 1 | S | N                               | N | S | S  |    |    |    |                     |    | Inspeccionar visualmente que el monofilamento de tensión esté conectado al gobernador, si es necesario reemplazarlo con su respectiva unión.  | Diario            | Operador              |                  |




**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**HOJA DE DECISIÓN RCM**

**DRCM-001**

**Versión 1**


| <b>EQUIPO:</b> BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES |   |                           |    |   |   |                                 |   |   |   | <b>FACILITADORES:</b> DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |                      |                      |                     |    | <b>HOJA</b><br>5 de 6       |  |                   |                       |
|--|---|---------------------------|----|---|---|---------------------------------|---|---|---|--|----------------------|----------------------|---------------------|----|-----------------------------|--|-------------------|-----------------------|
| <b>TAG:</b> SGO-BPG-01                         |   |                           |    |   | <b>UBICACIÓN:</b> TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                                 |   |   |   | <b>AUDITOR:</b> Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |                      |                      |                     |    | <b>FECHA:</b><br>11/07/2014 |  |                   |                       |
| Equipo   |   | Referencia de Información |    |   |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1   | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de |    |                             | Tareas Propuestas  | Intervalo Inicial | A realizarse por      |
| SI   | C | F                         | FF | M | H   | S                               | E | O |   |  |                      | H4                   | H5                  | S4 |                             |  |                   |                       |
| 3  | C | 1                         | A  | 2 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Revisar la libertad de giro del potenciómetro feedback, y en caso de presentar obstrucción informar al técnico de mantenimiento para cambiar el elemento.                  | Diario            | Operador              |
| 3  | C | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Verificar el ajuste de la polea del potenciómetro. De estar suelta, reportar para calibrar la posición correcta y ajustar según corresponda.                               | Semanal           | Técnico Mantenimiento |
| 3  | D | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Verificar que el visor LCD muestre valores numéricos, si no se observan valores y se aprecia color negro, informar al ingeniero de mantenimiento para cambio inmediato.    | Diario            | Operador              |
| 3  | D | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | N | S | N | S  |                      |                      |                     |    |                             | Reestablecer la configuración del visor LCD, mediante el RESET establecido.  | Semanal           | Operador              |
| 4  | A | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | N | S  |                      |                      |                     |    |                             | Limpiar y ajustar los terminales eléctricos.   | Mensual           | Técnico Eléctrico     |
| 4  | B | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Revisar el retorno del pulsador de inicio, e informar al técnico eléctrico en el caso que no ocurra, para programar cambio del pulsador.                                   | Diario            | Operador              |
| 4  | B | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | N | S | N | N  | S                    |                      |                     |    |                             | Reemplazar pulsador de inicio.   | Anual             | Técnico Eléctrico     |
| 4  | C | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Verificar el retorno del pulsador de inicio, e informar al técnico eléctrico en el caso que no ocurra, para programar cambio del pulsador.                                 | Diario            | Operador              |
| 4  | D | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Revisar el retorno del pulsador de parada, e informar al técnico eléctrico en el caso que no ocurra, para programar cambio del pulsador.                                   | Diario            | Operador              |
| 4  | D | 1                         | B  | 1 | S   | N                               | N | S | N | N  | S                    |                      |                     |    |                             | Reemplazar pulsador de carga   | Anual             | Técnico Eléctrico     |
| 4  | E | 1                         | A  | 1 | S   | N                               | N | S | S |  |                      |                      |                     |    |                             | Verificar el giro limitado de las perillas rotatorias, en caso de que no esté limitando la posición, reportar al técnico eléctrico para el respectivo cambio del elemento. | Diario            | Operador              |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>HOJA DE DECISIÓN RCM</b> |   |                           |  |   |                                 |   |   |   |                      |                      | DRCM-001             |                      |    |   |                   |                   |                  |
|---|---|---------------------------|--|---|---------------------------------|---|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----|---|-------------------|-------------------|------------------|
|   |   |                           |  |   |                                 |   |   |   |                      |                      | Versión 1            |                      |    |   |                   |                   |                  |
| EQUIPO: BANCO DE PRUEBA DE GOBERNADORES   |   |                           |  |   |                                 | FACILITADORES: DARWIN HARLEY AREVALO VACA<br>WILLIAM ANDRES URQUIJO LUENGAS |   |   |                      |                      |                      | HOJA<br>6 de 6       |    |   |                   |                   |                  |
| TAG: SGO-BPG-01   |   |                           | UBICACIÓN: TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |   |                                 | AUDITOR: Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA   |   |   |                      |                      |                      | FECHA:<br>11/07/2014 |    |   |                   |                   |                  |
| Equipo  |   | Referencia de Información |  |   | Evaluación de las Consecuencias |   |   |   | H1<br>S1<br>O1<br>N1 | H2<br>S2<br>O2<br>N2 | H3<br>S3<br>O3<br>N3 | Acciones a falta de  |    |   | Tareas Propuestas | Intervalo Inicial | A realizarse por |
| SI  | C | F                         | FF   | M | H                               | S   | E | O |                      |                      | H4                   | H5                   | S4 |   |                   |                   |                  |
| 4   | E | 1                         | B  | 1 | S                               | N   | N | S | N                    | S                    |                      |                      |    | Limpiar y ajustar los contactos eléctricos externos de la perilla rotativa.   | Cada 15 días      | Operador          |                  |
| 4   | F | 1                         | A  | 1 | S                               | N   | N | S | S                    |                      |                      |                      |    | Verificar accionamiento del conjunto de interruptores, y en caso de no mantener el contacto eléctrico informar al técnico para realizar reemplazo de elementos. | Diario            | Operador          |                  |

Fuente: Autores del proyecto

## ANEXO F. PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS CRÍTICOS

### Plan de mantenimiento programado Equipo de lavado Hidrojet

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS</b> |   |  |   |   |   |                             | <b>MTOP-001</b><br><b>Versión 1</b> |
|--|---|--|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET  |   |  | <b>TAG:</b><br>INT-LAV-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE INTERCAMBIADORES |   | <b>HOJA:</b><br>1 de 7      |                                     |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                                     |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                                       | FRECUENCIA  | HH (Horas)                                      | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD               |
| 1  | Verificar el nivel de refrigerante en el depósito auxiliar, de ser necesario agregar refrigerante hasta el nivel de operación indicado. Referencia: Freezetone Radiator Coolant.  | Depósito Auxiliar de Refrigerante              | Diario  | 0.16  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 2  | Revisar el comportamiento del fluido en el radiador, y en caso de presentar alteraciones (burbujas, ebullición) reportar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de junta de la culata. Referencia: Junta culata motor Diesel Doosan PU158TI. | Radiador Motor Diesel                          | Diario  | 0.16  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 3  | Inspeccionar visualmente el aceite lubricante del motor, en caso de presentarse agua o coloración blanca en el aceite, informar al ingeniero de mantenimiento para coordinar el desmonte del intercambiador de aceite o cambio de junta de la camisa.     | Varilla de Medición de Aceite -Motor Diesel    | Diario  | 0.16  | 1   | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica           |
| 4  | Verificar la presión de aceite de lubricación del motor, si el valor indicado es menor a 40 psi, reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la intervención de la bomba principal de aceite.   | Motor Diesel                                   | Diario  | 0.16  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 5  | Inspeccionar los diferentes componentes en busca de fugas de aceite lubricante, de presentarse informar al técnico de mantenimiento para procedimiento de sellado.  | Motor Diesel                                   | Diario  | 0.16  | 1   | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica           |
| 6  | Verificar la presión de aceite de lubricación del sistema de bombeo, si el valor indicado es menor a 30 psi, reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la intervención de la bomba de lubricación.  | Bomba de Lubricación (Bomba Agua Alta Presión) | Diario  | 0.16  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

| No.  | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO  | FRECUENCIA | HH (Horas)                                      | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|--|--|---|------------|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                          |  | <b>TAG:</b><br>INT-LAV-01   |            | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE INTERCAMBIADORES |                      | <b>HOJA:</b><br>2 de 7      |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |            | <b>AUDITOR</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA    |                      | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.  | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO  | FRECUENCIA | HH (Horas)                                      | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 7  | Inspeccionar el medidor de aceite del bloque de la bomba de presión, y si presenta color blanco informar al ingeniero de mantenimiento para intervención del enfriador de aceite.                        | Bomba Agua de Alta Presión  | Diario     | 0.16  | 1                    | OPERADOR                    | -                            |
| 8  | Verificar que la posición del control de presión se encuentre en la presión de operación (15000 psi).  | Bomba Agua de Alta Presión  | Diario     | 0.16  | 1                    | OPERADOR                    | -                            |
| 9  | Inspeccionar a través de la protección, el movimiento lineal de las bielas, y en caso de no presentarse informar al técnico de mantenimiento para revisar correa.  | Bomba Agua de Alta Presión  | Diario     | 0.16  | 1                    | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 10   | Verificar que el indicador de luz no se encienda en operación, en caso de activarse, informar al técnico eléctrico para intervención de las alimentación del alternador.                                 | Alternador Motor Diesel   | Diario     | 0.15  | 1                    | OPERADOR                    | -                            |
| 11   | Verificar el funcionamiento del switch de arranque, en caso de no iniciar el encendido del motor informar al técnico eléctrico para cambio inmediato.  | Motor Diesel  | Diario     | 0.15  | 1                    | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 12   | Verificar que no se presente presión en el radiador, si ocurre informar para programar cambio de culata.   | Radiador Motor Diesel   | Semanal    | 0.15  | 1                    | OPERADOR                    | -                            |
| 13   | Verificar visualmente el drenaje del radiador, si presenta fugas ajustar hasta un torque de 30 lbxin.  | Radiador Motor Diesel   | Semanal    | 0.15  | 1                    | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 14   | Inspeccionar las paredes externas del radiador. Si presentan coloración amarilla o escapes de agua, reportar al ingeniero de mantenimiento para realizar las tareas de reacondicionamiento del radiador. | Radiador Motor Diesel   | Semanal    | 0.15  | 1                    | OPERADOR                    | -                            |
| 15   | Observar el color de los gases de escape de motor, de presentar color azul oscuro, reportar al técnico de mantenimiento para programar reparación de cambio de anillos de pistón.                        | Ducto de Escape de Gases  | Semanal    | 0.15  | 1                    | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica    |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

|  |   |   |                             |
|--|---|---|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                          | <b>TAG:</b><br>INT-LAV-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE INTERCAMBIADORES | <b>HOJA:</b><br>3 de 7      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA    | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                   | FRECUENCIA | HH (Horas) | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|-----|---|----------------------------|------------|------------|----------------------|----------|------------------------------|
| 16  | Revisar el bloque de la bomba de presión, y en caso de presentar fugas reportar al ingeniero de mantenimiento para programar cambio de sellos   | Bomba Agua de Alta Presión | Semanal    | 0.25       | 1                    | OPERADOR | -                            |
| 17  | Verificar en forma visual que no se presenten fugas en las líneas de inyección, si se presentan informar al ingeniero de mantenimiento para programar restauración. Referencia: Segmento motor Diesel Doosan PU158TI.             | Inyección Motor Diesel     | Semanal    | 0.25       | 1                    | OPERADOR | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 18  | Inspeccionar visualmente las juntas de los ductos de escape del motor, y en caso de presentar fuga de gases, reportar al técnico de mantenimiento para realizar procedimiento de sellado.   | Ducto de Escape de Gases   | Semanal    | 0.25       | 1                    | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 19  | Revisar las condiciones de los ductos del silenciador, en caso de presentar fuga de gases informar al técnico de mantenimiento para realizar labores de sellado.  | Ducto de Escape de Gases   | Semanal    | 0.15       | 1                    | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 20  | Revisar el voltaje en las baterías, si es menor a 10 V; recargar o cambiar de ser necesario   | Baterías 12 V              | 2 Semanas  | 1          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 21  | Limpiar los contactos eléctricos del servoacelerador. Emplear Loctite (limpiador eléctrico).  | Motor Diesel               | 2 Semanas  | 2          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 22  | Ajustar el filtro de aire y comprobar la fijación al alojamiento.   | Admisión de Motor Diesel   | Mensual    | 0.25       | 1                    | SMCMEC   | -                            |
| 23  | Ajustar tensión de la correa de transmisión de potencia.  | Bomba Agua de Alta Presión | Mensual    | 2          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 24  | Limpiar el filtro de la línea de alimentación de agua.  | Bomba Agua de Alta Presión | Mensual    | 1          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 25  | Montar el manómetro de pruebas de 0-30000 psi, para medir y comprobar el taraje del regulador de presión del equipo. Informar al ingeniero de mantenimiento para cambiar el instrumento en caso de no presentar control adecuado. | Bomba Agua de Alta Presión | Mensual    | 2          | 1                    | SMCMEC   | -                            |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

| EQUIPO:                                  |   | TAG:   | UBICACIÓN:                 |                            |                      | HOJA:    |                              |
|--|---|--|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------|------------------------------|
| EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                |   | INT-LAV-01   | TALLER DE INTERCAMBIADORES |                            |                      | 4 de 7   |                              |
| GRUPO DE TRABAJO:                        |   | FACILITADORES:   |                            | AUDITOR                    | FECHA:               |          |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                            | Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | 12/07/2014           |          |                              |
| No.                                      | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO   | FRECUENCIA                 | HH (Horas)                 | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 26                                       | Ajustar tensión de la correa de transmisión de potencia.                                    | Transmisión Motor Diesel - Bombas (Agua y Lubricante)        | Mensual                    | 2                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 27                                       | Agregar agua desmineralizada a las baterías, hasta el respectivo nivel de operación.        | Baterías 12 V  | Mensual                    | 0.5                        | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 28                                       | Cambiar aceite de lubricación de motor Diesel Doosan PU185TI. Emplear aceite 15W40.         | Motor Diesel   | 3 Meses                    | 1                          | 1                    | SMCMEC   | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 29                                       | Cambiar los 2 filtros de aceite de lubricación de motor. Referencia: Filter Doosan 35362235 | Motor Diesel   | 3 Meses                    | 1                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 30                                       | Cambiar los filtros de combustible diesel. Referencia: 1R-1808 Engine Oil Filter            | Inyección Motor Diesel                                       | 3 Meses                    | 0.5                        | 1                    | SMCMEC   | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 31                                       | Limpiar los conductos de circulación de aire.   | Admisión de Motor Diesel                                     | 3 Meses                    | 1                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 32                                       | Reemplazar los filtros de aire de motor. Ref: Filter Air Cab Doosan.                        | Admisión de Motor Diesel                                     | 3 Meses                    | 0.25                       | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 33                                       | Calibrar el taraje de los inyectores de combustible.  | Inyección Motor Diesel                                       | 6 Meses                    | 8                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 34                                       | Limpiar tobera de alimentación de combustible del inyector.                                 | Inyección Motor Diesel                                       | 6 Meses                    | 2                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 35                                       | Calibrar taraje de la válvula de retorno de combustible.                                    | Inyección Motor Diesel                                       | 6 Meses                    | 2                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 36                                       | Cambiar filtro de aceite del sistema de lubricación.  | Bomba Agua de Alta Presión                                   | 6 Meses                    | 1                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 37                                       | Cambio de aceite lubricante. Emplear aceite 20W-40.   | Bomba Agua de Alta Presión                                   | 6 Meses                    | 2                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 38                                       | Limpiar filtro de salida de flujo del tanque de alimentación de agua.                       | Bomba Agua de Alta Presión                                   | 6 Meses                    | 1                          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 39                                       | Limpiar, ajustar y comprobar los contactos eléctricos del motor de arranque.                | Motor Diesel   | 6 Meses                    | 2                          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

|  |   |   |                             |
|--|---|---|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                          | <b>TAG:</b><br>INT-LAV-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE INTERCAMBIADORES | <b>HOJA:</b><br>5 de 7      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA   | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                                     | FRECUENCIA | HH (Horas) | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|-----|---|--|------------|------------|----------------------|----------|------------------------------|
| 40  | Limpiar los contactos eléctricos del switch de arranque.  | Motor Diesel                                 | 6 Meses    | 2          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 41  | Cambiar la empaquetadura de la bomba de refrigerante. Ref. Empaquetadura general Pump Doosan.   | Bomba de Refrigerante                        | 12 Meses   | 16         | 2                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 42  | Reacondicionar el turbocompresor cambiando los bujes.   | Turbocargador (Motor Diesel)                 | 12 Meses   | 8          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 43  | Revisar los resortes de las válvulas y cambiar si se encuentran rotos.  | Válvulas de Escape y Admisión (Motor Diesel) | 12 Meses   | 2          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 44  | Calibrar las válvulas de admisión y escape del conjunto de cilindros, empleando hoja de 16 milésimas para escape y de 14 milésimas para compresión. | Válvulas de Escape y Admisión (Motor Diesel) | 12 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 45  | Limpiar el enfriador de aceite de la bomba de alta presión.   | Bomba Agua de Alta Presión                   | 12 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC   | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 46  | Reacondicionar el motor eléctrico, reemplazando las escobillas.   | Motor Diesel                                 | 12 Meses   | 4          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 47  | Revisar el piñón del motor de arranque, y de ser necesario reemplazarlo.  | Motor Diesel                                 | 12 Meses   | 1          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 48  | Reemplazar automático del motor de arranque. Voltaje 24 [v]   | Motor Diesel                                 | 12 Meses   | 2          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 49  | Reemplazar escobillas en el alternador.   | Alternador Motor Diesel                      | 12 Meses   | 4          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 50  | Cambiar baterías eléctricas.  | Baterías 12 V                                | 24 Meses   | 1          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 51  | Cambiar válvulas del cabezal de succión. Referencia: Bomba Agua Energy C-500.   | Bomba Agua de Alta Presión                   | 36 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 52  | Cambiar válvulas del cabezal de compresión. Referencia: Bomba Agua Energy C-500.  | Bomba Agua de Alta Presión                   | 36 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |




DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001


Versión 1

| <b>EQUIPO:</b>                           | <b>TAG:</b>  | <b>UBICACIÓN:</b>                                     |            |            |                      | <b>HOJA:</b> |                              |
|--|--|---|------------|------------|----------------------|--------------|------------------------------|
| EQUIPO DE LAVADO HIDROJET                | INT-LAV-01   | TALLER DE INTERCAMBIADORES                            |            |            |                      | 6 de 7       |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b>                 | <b>FACILITADORES:</b>  | <b>AUDITOR</b>  |            |            | <b>FECHA:</b>        |              |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS   | Ing. CARLOS BORRAS PINILLA                            |            |            | 12/07/2014           |              |                              |
| No.                                      | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO  | FRECUENCIA | HH (Horas) | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO     | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 53                                       | Cambiar la correa dentada de transmisión de potencia de la bomba de alta presión. Referencia VTD1280-8M        | Bomba Agua de Alta Presión                            | 36 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 54                                       | Reemplazar chaveta de la polea del eje de la bomba de alta presión.  | Bomba Agua de Alta Presión                            | 36 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 55                                       | Reemplazar la banda tipo V de transmisión motor - bombas (agua y lubricante).                                  | Transmisión Motor Diesel - Bombas (Agua y Lubricante) | 36 Meses   | 2          | 1                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 56                                       | Cambiar los rodamientos de las bombas de agua y lubricante.  | Transmisión Motor Diesel - Bombas (Agua y Lubricante) | 36 Meses   | 12         | 1                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 57                                       | Reemplazar cojinetes de bancada del motor diesel. Referencia:Cojinetes de bancada Motor Diesel Doosan PU158TI. | Motor Diesel  | 60 Meses   | 16         | 2                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 58                                       | Cambiar el empaque de la culata del motor diesel. Referencia: Junta de Culata Motor Doosan PU158TI             | Motor Diesel  | 60 Meses   | 8          | 2                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 59                                       | Reemplazar las guías de válvulas de admisión y escape. Referencia: Guías de Culata Motor Doosan PU158TI.       | Motor Diesel  | 60 Meses   | 4          | 1                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 60                                       | Reemplazar la válvula de regulación de presión de combustible.   | Inyección Motor Diesel                                | 60 Meses   | 4          | 2                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 61                                       | Reparar la bomba de inyección diesel. Referencia: Bomba de inyección de combustible - Doosan PU158TI.          | Inyección Motor Diesel                                | 60 Meses   | 16         | 2                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 62                                       | Retirar escorias o residuos acumulados en el interior del silenciador del escape.                              | Ducto de Escape de Gases                              | 60 Meses   | 8          | 2                    | SMCMEC       | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 63                                       | Cambiar conjunto válvula-asiento, de la culata del motor. Referencia: motor diesel Doosan PU158TI.             | Sincronización Motor Diesel                           | 60 Meses   | 10         | 2                    | SMCMEC       | Aislamiento Seguro de Equipo |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS</b>  |   |                            |   |   |   |                             | <b>MTOP-001</b><br><b>Versión 1</b> |
|---|---|----------------------------|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EQUIPO DE LAVADO HIDROJET   |   |                            | <b>TAG:</b><br>INT-LAV-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE INTERCAMBIADORES |   | <b>HOJA:</b><br>7 de 7      |                                     |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)  |   |                            | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA WILLIAM<br>ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                                     |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                   | FRECUENCIA  | HH (Horas)                                      | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD               |
| 64  | Reemplazar cojinetes del cigüeñal de la bomba de presión. Referencia: Aqua Energy C-500.  | Bomba Agua de Alta Presión | 60 Meses  | 16  | 2   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 65  | Cambio de impulsor en la bomba de precarga de agua.   | Bomba Agua de Alta Presión | 60 Meses  | 4   | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 66  | Cambiar el anillo de ajuste de los 3 pistones del sistema de bombeo de agua de alta presión. Referencia: Bomba Agua Energy C-500. | Bomba Agua de Alta Presión | 60 Meses  | 8   | 2   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES   |   |                            |   |   |   |                             |                                     |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de inserción                                   |   |                            |   |   |   |                             |                                     |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.  |   |                            |   |   |   |                             |                                     |
| <b>Contacto Repuestos</b><br>Aqua Energy Colombia, Pbx: (57+1) 8844464, Fax: (57+1) 8844464, Cel:(57+3) 3204004025-3142897569, gcomercial@aquenergy.com.co, Cra 1 No.4-02 Bodega 11. Parque Industrial K2, Chia - Cundinamarca. |   |                            |   |   |   |                             |                                     |
| Nombre:<br>Reg:   |   | Nombre:<br>Reg:            |   |   | Nombre:<br>Reg:                               |                             |                                     |
| OPERADOR  |   | INGENIERO DE MANTENIMIENTO |   |   | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO                    |                             |                                     |

Fuente: Autores del proyecto

## Plan de mantenimiento programado Cabina de lavado abrasivo Sponge Jet

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS</b> |   |                                     |  |                    |                            | <b>MTOP-001</b><br><b>Versión 1</b> |                              |
|--|---|-------------------------------------|--|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b>   |   |                                     | <b>TAG:</b>  | <b>UBICACIÓN:</b>  |                            | <b>HOJA:</b>                        |                              |
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET   |   |                                     | MEC-LAV-01   | TALLER DE MECÁNICA |                            | 1 de 4                              |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b>   |   |                                     | <b>FACILITADORES:</b>  |                    | <b>AUDITOR:</b>            | <b>FECHA:</b>                       |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   |                                     | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                    | Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | 10/07/2014                          |                              |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                            | FRECUENCIA   | HH (Horas)         | RECURSO (Trabajador)       | ASIGNADO                            | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1  | Verificar que la presión de alimentación del actuador neumático disponible sea 100 psi. Si se requiere, informar a servicios industriales para ajustar la presión en la línea.  | Silo de Alimentación                | Diario   | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | -                            |
| 2  | Inspeccionar el ducto de alta presión y en caso de presentar fugas informar al ingeniero de mantenimiento para programar procedimientos de sustitución.   | Manguera de Alta Presión            | Diario   | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | -                            |
| 3  | Revisar la estabilidad del dato indicado por el instrumento. Reportar si el indicador oscila en +/- 10 % del valor indicado, para programar su limpieza.  | Manómetro de Alimentación Neumática | Diario   | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | -                            |
| 4  | Verificar en el manómetro, la presión de sistema se encuentre en un valor no mayor a 100 PSI. De exceder en un 10% despresurizar el sistema e informar al ingeniero de mantenimiento para intervenir la válvula de seguridad. | Válvula de Seguridad                | Diario   | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | -                            |
| 5  | Revisar visualmente que en el interior del ducto de transporte neumático no haya acumulación de material abrasivo y limpiar de ser necesario.   | Silo de Almacenamiento Ciclónico    | Semanal  | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 6  | Revisar el nivel de material de desecho en los tambores y vaciar en sacos si se encuentra cerca al nivel máximo.  | Tambores de Desecho                 | Semanal  | 0.5                | 1                          | OPERADOR                            | -                            |
| 7  | Verificar la activación adecuada de la electroválvula.  | Electroválvula Neumática            | Semanal  | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | -                            |
| 8  | Comprobar la apertura total de la válvula de descarga rápida, accionando los controles manualmente, en caso de accionamiento parcial informar al ingeniero de mantenimiento para programar la intervención.                   | Silo de Alimentación                | Semanal  | 0.25               | 1                          | OPERADOR                            | -                            |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS**

**MTOP-001**  
**Versión 1**


| <b>EQUIPO:</b><br>CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET             |   |                                     | <b>TAG:</b><br>MEC-LAV-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE MECÁNICA |   |          | <b>HOJA:</b><br>2 de 4       |
|--|---|-------------------------------------|---|---|---|----------|------------------------------|
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |   |                                     | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA |          | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014  |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                            | FRECUENCIA  | HH (Horas)                              | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 9  | Revisar sóque de conexión eléctrica en el solenoide de la válvula y ajustar si es necesario.  | Válvula de Regulación               | Semanal   | 0.25                                    | 1   | OPERADOR | -                            |
| 10   | Retirar el inyector y extraer el material acumulado.  | Inyector de Abrasivo                | Semanal   | 1                                       | 1   | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 11   | Revisar el estado de adherencia del empaque, y si presenta desprendimiento, reemplazarlo. Referencia: IP6 Amianto Negro.  | Cabina de Limpieza                  | Semanal   | 0.25                                    | 1   | OPERADOR | -                            |
| 12   | Revisar el estado del aislante sonoro, en caso de presentar desprendimiento o desgaste, reemplazarlo.   | Cabina de Limpieza                  | Semanal   | 0.25                                    | 1   | OPERADOR | -                            |
| 13   | Retirar el material abrasivo acumulado en los mecanismos del clasificador vibratorio.   | Clasificador Vibratorio             | 2 Semanas   | 1                                       | 1   | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 14   | Retirar filtro de aire y limpiar con aire presurizado a 60 psi, desde la parte interna hacia la externa.  | Eyector de vacío                    | 2 Semanas   | 0.5                                     | 1   | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 15   | Ajustar las uniones en los extremos del ducto de vacío  | Manguera de vacío                   | 2 Semanas   | 1                                       | 1   | OPERADOR | Líneas Presurizadas          |
| 16   | Limpiar los asientos de válvula y retirar el material acumulado. Válvula de compuerta de accionamiento neumático.   | Válvula de Regulación               | 2 Semanas   | 2                                       | 1   | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 17   | Montar el manómetro de rango 0-120 PSI, y verificar que la presión de trabajo sea 100 PSI. Si es necesario, informar la desviación en los datos del manómetro de operación para coordinar el reemplazo del instrumento. | Manómetro de Alimentación Neumática | 2 Semanas   | 2                                       | 1   | SMCMEC   | -                            |
| 18   | Remover los residuos localizados en los rodamientos del eje del actuador neumático y agregar lubricante suficiente.   | Silo de Almacenamiento Ciclónico    | Mensual   | 2                                       | 1   | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 19   | Lubricar las rotulas del mecanismo de oscilación y dar ajuste a las guías de deslizamiento  | Clasificador Vibratorio             | Mensual   | 2                                       | 1   | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS**


**MTOP-001**  
**Versión 1**

| <b>EQUIPO:</b>                           |   | <b>TAG:</b>  | <b>UBICACIÓN:</b>  |                            |                             | <b>HOJA:</b>    |                              |
|--|---|--|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
| CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET   |   | MEC-LAV-01   | TALLER DE MECÁNICA |                            |                             | 3 de 4          |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b>                 |   | <b>FACILITADORES:</b>  |                    | <b>AUDITOR:</b>            | <b>FECHA:</b>               |                 |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                    | Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | 10/07/2014                  |                 |                              |
| <b>No.</b>                               | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>ELEMENTO</b>  | <b>FRECUENCIA</b>  | <b>HH (Horas)</b>          | <b>RECURSO (Trabajador)</b> | <b>ASIGNADO</b> | <b>INSTRUCCIÓN SEGURIDAD</b> |
| 20                                       | Limpiar el material acumulado en el interior del conducto de descarga.  | Tambores de Desecho  | Mensual            | 1                          | 1                           | SMCMEC          | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 21                                       | Remover el material acumulado en la parte interna del conducto de succión.  | Eyector de vacío   | Mensual            | 1                          | 1                           | SMCMEC          | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 22                                       | Verificar el sello hermético en los puertos de descarga y succión, si hay fugas cambiar la empaquetadura.   | Recipiente de Presión  | Mensual            | 0.25                       | 1                           | SMCMEC          | -                            |
| 23                                       | Limpiar con Loctite Super Lub los contactos de alimentación eléctrica del motor y ajustarlos si es necesario.   | Agitador   | Mensual            | 1                          | 1                           | SMCELE          | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 24                                       | Inspeccionar los niveles de vibración en la estructura del agitador y en el caso que supere el nivel severo, informar al ingeniero de mantenimiento para programar el desmonte de la hélice.      | Agitador   | Mensual            | 1                          | 1                           | INGINS          | -                            |
| 25                                       | Ajustar los contactos eléctricos de los controles de operación y limpiarlos con Loctite -Limpiador de contactos eléctricos no flamable.   | Panel de Control de Cabina                                   | Mensual            | 1                          | 1                           | SMCELE          | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 26                                       | Inspeccionar visualmente la superficie externa del ciclón y en caso de presentar grietas reportar al ingeniero de mantenimiento para programar procedimiento de reparación.                       | Silo de Almacenamiento Ciclónico                             | 3 Meses            | 0.5                        | 1                           | OPERADOR        | Trabajo en alturas           |
| 27                                       | Revisar el estado superficial del ducto de vacío y reportar al técnico de mantenimiento para cambio de tramos que se encuentren cristalizados o con corte.  | Manguera de vacío  | 3 Meses            | 0.25                       | 1                           | OPERADOR        | Trabajo en alturas           |
| 28                                       | Revisar la superficie del silo de almacenamiento ciclónico y en caso de presentar grietas o fracturas, reportar al ingeniero de mantenimiento para la programación de las tareas de restauración. | Silo de Alimentación   | 3 Meses            | 0.5                        | 1                           | OPERADOR        | Trabajo en alturas           |
| 29                                       | Testear la señal en la perilla de regulación variando la posición, en caso de errores en la señal de regulación cambiar componente.   | Panel de Control de Cabina                                   | 3 Meses            | 1                          | 1                           | SMCELE          | -                            |

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS</b>  |  |                            |   |   |   |                             | <b>MTOP-001</b><br><b>Versión 1</b> |
|---|--|----------------------------|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>CABINA DE LAVADO ABRASIVO - SPONGE-JET  |  |                            | <b>TAG:</b><br>MEC-LAV-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE MECÁNICA |   | <b>HOJA:</b><br>4 de 4      |                                     |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)  |  |                            | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRAS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |                                     |
| No.   | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO                   | FRECUENCIA  | HH (Horas)                              | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD               |
| 30  | Reemplazar el tamiz central. Tamiz No. 5. Diámetro 70 cm.              | Clasificador Vibratorio    | 6 Meses   | 4                                       | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 31  | Cambiar filtro de aire del eyector de vacío. Referencia: filter f/470. | Eyector de vacío           | 6 Meses   | 1                                       | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES   |  |                            |   |   |   |                             |                                     |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción                                  |  |                            |   |   |   |                             |                                     |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.  |  |                            |   |   |   |                             |                                     |
| <b>Contacto de repuestos.</b><br>Para solicitud de repuesto y posibles consultas técnicas, Visite Sponge-Jet, Inc.en el sitio web: <a href="http://www.spongejet.com">www.spongejet.com</a> o llame al +1-603-610-7950 (EE.UU.) |  |                            |   |   |   |                             |                                     |
| Nombre:<br>Reg:   |  | Nombre:<br>Reg:            |   |   | Nombre:<br>Reg:                               |                             |                                     |
| OPERADOR  |  | INGENIERO DE MANTENIMIENTO |   |   | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO                    |                             |                                     |

Fuente: Autores del proyecto

## Plan de mantenimiento programado equipo Lapeadora SS36H

|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB     |   |  |  |                        | MTOP-001                     |  |
|---|---|---|---|--|--|------------------------|------------------------------|--|
|   |   | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS     |   |  |  |                        | Versión 1                    |  |
| <b>EQUIPO:</b><br>LAPEADORA SS36H   |   |   | <b>TAG:</b><br>SGO-LAP-02   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |  | <b>HOJA:</b><br>1 de 4 |                              |  |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |   |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |                        | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |  |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                                | FRECUENCIA  | HH (Horas)   | RECURSO (Trabajador)                           | ASIGNADO               | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |  |
| 1   | Observar si hay fugas de slurry en la válvula de drenaje del tanque de almacenamiento, si se presentan informar al ingeniero de mantenimiento para programar el ajuste de los asientos de la válvula.                   | Tanque de Mezcla                        | Diario  | 0.25   | 1  | Operador               | -                            |  |
| 2   | Verificar la movilidad de los rodamientos guía en el brazo fijo, y en caso de presentar resistencia a la rotación, cambiarlos. Referencia: Roller Bearing 12362403  | Brazos Fijos                            | Diario  | 0.25   | 1  | Operador               | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 3   | Revisar la sujeción en el brazo fijo, en caso de estar desgastada informar al técnico de mantenimiento para realizar el cambio del conjunto de bujes y pernos.  | Brazos Fijos                            | Diario  | 0.25   | 1  | Operador               | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 4   | Limpiar los residuos acumulados en el bastidor y la mesa de trabajo   | Bastidor                                | Diario  | 0.25   | 1  | Operador               | -                            |  |
| 5   | Inspeccionar la carcasa de la bomba de alimentación en busca de fugas de slurry abrasivo, en caso de presentarlas informar al ingeniero de mantenimiento para establecer la tarea de cambio de sellos.                  | Bomba de Slurry                         | Semanal   | 0.25   | 1  | Operador               | -                            |  |
| 6   | Revisar el tanque de almacenamiento en busca de grietas o irregularidades en la superficie. Informar al ingeniero de mantenimiento si es necesario, para realizar la programación de tareas de recuperación del tanque. | Tanque de Mezcla                        | Semanal   | 0.25   | 1  | Operador               | -                            |  |
| 7   | Inspeccionar la tubería de transporte de 1/4", en busca de poros o grietas, en caso de presentarse, informar al ingeniero de mantenimiento para programar la tarea de sustitución.                                      | Tubería de Transporte de Slurry         | Semanal   | 0.25   | 1  | Operador               | -                            |  |
| 8   | Revisar el cableado de alimentación eléctrica del motor, cambiar los tramos que presenten cortes o desgaste.  | Motor Eléctrico (Reductor de Velocidad) | Semanal   | 0.25   | 1  | OPERADOR               | -                            |  |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB**  
**MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS**

**MTOP-001**  
**Versión 1**

| EQUIPO:                                  |   | TAG:   | UBICACIÓN:                      |                             | HOJA:                |            |                              |
|--|---|--|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|------------|------------------------------|
| LAPEADORA SS36H                          |   | SGO-LAP-02   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                             | 2 de 4               |            |                              |
| GRUPO DE TRABAJO:                        |   | FACILITADORES:   |                                 | AUDITOR:                    |                      | FECHA:     |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |   | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                                 | Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |                      | 12/07/2014 |                              |
| No.                                      | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO   | FRECUENCIA                      | HH (Horas)                  | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO   | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 9  | Verificar el nivel de lubricante en el reductor, si se encuentra en un nivel bajo, reabastecer hasta nivel de operación.  | Reductor de Velocidad  | Semanal                         | 0.5                         | 1                    | Operador   | -                            |
| 10                                       | Limpiar y ajustar terminales eléctricos de alimentación del motor (Usar Loctite Super Lub para la limpieza).  | Motor Eléctrico de Agitador                                  | 2 Semanas                       | 1                           | 1                    | SMCELE     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 11                                       | Desmontar el dosificador de slurry, y realizar limpieza de boquilla para retirar material acumulado.  | Dosificador de Slurry  | 2 Semanas                       | 2                           | 1                    | SMCSEL     | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 12                                       | Medir vibración en el reductor y en caso de presentarlas, informar al ingeniero de mantenimiento para programar el reacondicionamiento del reductor.  | Reductor de Velocidad  | 2 Semanas                       | 1                           | 1                    | INGINS     | -                            |
| 13                                       | Medir la holgura entre el plato giratorio y el alojamiento en la mesa, en caso de que se encuentre con tolerancia nula, reportar para procedimiento de alineación.  | Plato Giratorio  | 2 Semanas                       | 1                           | 1                    | Operador   | -                            |
| 14                                       | Limpiar y ajustar terminales eléctricos de alimentación del motor.  | Motor Eléctrico de Bomba de Slurry                           | Mensual                         | 1                           | 1                    | SMCELE     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 15                                       | Extraer el impulsor principal de la bomba y retirarle el material acumulado   | Bomba de Slurry  | Mensual                         | 2                           | 1                    | SMCSEL     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 16                                       | Retirar el material presente en el puerto de succión de la bomba de alimentación.   | Bomba de Slurry  | Mensual                         | 0.5                         | 1                    | SMCSEL     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 17                                       | Ajustar las juntas bridadas localizadas entre el tanque y la bomba de alimentación.   | Tanque de Mezcla   | Mensual                         | 0.5                         | 1                    | SMCSEL     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 18                                       | Retirar la tubería de transporte de 1/4" y realizar procedimiento de limpieza, retirando material acumulado en su interior.   | Tubería de Transporte de Slurry                              | Mensual                         | 1                           | 1                    | SMCSEL     | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 19                                       | Inspeccionar con el reloj comparador de carátula la superficie del plato giratorio, y en caso de presentar irregularidades en el nivel, reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la respectiva intervención de cambio. | Plato Giratorio  | Mensual                         | 0.5                         | 1                    | SMCSEL     | -                            |
| 20                                       | Ajustar los pernos de sujeción de los diferentes componentes acoplados al bastidor.   | Bastidor   | Mensual                         | 1                           | 1                    | Operador   | Aislamiento Seguro Eléctrico |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS**

**MTOP-001  
Versión 1**

| <b>EQUIPO:</b>                           |  | <b>TAG:</b>  | <b>UBICACIÓN:</b>               |                             | <b>HOJA:</b>         |          |                              |
|--|--|--|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------|------------------------------|
| LAPEADORA SS36H                          |  | SGO-LAP-02   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                             | 3 de 4               |          |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b>                 |  | <b>FACILITADORES:</b>  |                                 | <b>AUDITOR:</b>             | <b>FECHA:</b>        |          |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                                 | Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | 12/07/2014           |          |                              |
| No.                                      | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO   | FRECUENCIA                      | HH (Horas)                  | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 21                                       | Revisar terminales del potenciómetro de regulación de velocidad, ajustar y cambiarlo si es necesario.  | Control de Velocidad   | Mensual                         | 0.5                         | 1                    | Operador | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 22                                       | Testear posiciones del selector, e informar al ingeniero de mantenimiento en caso de no enviar señal eléctrica en alguna de ellas.   | Selector de Modo   | Mensual                         | 1                           | 1                    | SMCELE   | -                            |
| 23                                       | Si no se activa el temporizador, restablecer su funcionamiento. En caso de continuar con el error de no limitar el tiempo de operación, informar al técnico eléctrico para realizar la revisión interna o el cambio.   | Temporizador   | Mensual                         | 0.25                        | 1                    | Operador | -                            |
| 24                                       | Cambiar los impulsores de la bomba de alimentación, realizando su respectiva prueba de operación. Ref: Impeller PRT 5 -32H/K.  | Bomba de Slurry  | 6 Meses                         | 4                           | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 25                                       | Reemplazar los soportes principales de la bomba de alimentación. Fabricar en taller de Máquinas Herramienta.   | Bomba de Slurry  | 6 Meses                         | 8                           | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 26                                       | Cambiar pulsador de contacto directo de encendido de motor.  | Motor Eléctrico (Reductor de Velocidad)                      | 6 Meses                         | 2                           | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 27                                       | Ajustar las tolerancias en los rodamientos de los engranajes, limpiar impurezas y cambiar lubricante.  | Motor Eléctrico (Reductor de Velocidad)                      | 6 Meses                         | 4                           | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 28                                       | Encender el equipo en vacío, medir la velocidad de rotación del plato giratorio y verificar que coincida con el valor indicado por la perilla de regulación de velocidad, en caso de variaciones informar al ingeniero de mantenimiento para programar el ajuste del reductor. | Reductor de Velocidad  | 6 Meses                         | 0.5                         | 1                    | SMCSEL   | -                            |
| 29                                       | Revisar el estado de los engranajes en el reductor y reemplazar el que presente desgastes.   | Reductor de Velocidad  | 6 Meses                         | 8                           | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 30                                       | Cambiar los soportes de nivelación del bastidor. Fabricar en Máquinas Herramienta.   | Bastidor   | 6 Meses                         | 6                           | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001  
Versión 1

|  |   |  |                             |
|--|---|--|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>LAPEADORA SS36H                                    | <b>TAG:</b><br>SGO-LAP-02   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | <b>HOJA:</b><br>4 de 4      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA.       | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO                                | FRECUENCIA | HH (Horas) | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|-----|--|---|------------|------------|----------------------|----------|------------------------------|
| 31  | Cambiar terminales de alimentación eléctrica del motor.              | Motor Eléctrico (Reductor de Velocidad) | 12 Meses   | 4          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 32  | Reemplazar los rodamientos del eje del motor. Referencia DIN 610 x 2 | Motor Eléctrico (Reductor de Velocidad) | 12 Meses   | 8          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 33  | Cambiar el aceite lubricante del reductor                            | Reductor de Velocidad                   | 12 Meses   | 2          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

**Elementos de Protección Personal**

Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción

**Recomendaciones**

Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.

**Contacto de repuestos**

Los repuestos de fabrica y consultas técnicas se realizan a través del sitio web: <http://www.lapmaster.com/contact/default.html> o llamando al 1-877-352-8637 EE.UU.

Nombre:  
Reg:

Nombre:  
Reg:

Nombre:  
Reg:


OPERADOR


INGENIERO DE MANTENIMIENTO

PLANEADOR DE MANTENIMIENTO

Fuente: Autores del proyecto

## Plan de mantenimiento programado equipo Banco de prueba de Gobernadores

|  |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB                          |                                 |                            |                      | MTOP-001  |                              |
|---|--|--|---------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------|------------------------------|
|   |  | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS                          |                                 |                            |                      | Versión 1 |                              |
| EQUIPO:   |  | TAG:   | UBICACIÓN:                      |                            | HOJA:                |           |                              |
| BANCO DE GOBERNADORES   |  | SGO-BPG-01   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                            | 1 de 6               |           |                              |
| GRUPO DE TRABAJO:   |  | FACILITADORES:   |                                 | AUDITOR:                   | FECHA:               |           |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)  |  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                                 | Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | 12/07/2014           |           |                              |
| No.   | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO   | FRECUENCIA                      | HH (Horas)                 | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO  | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Inspeccionar los acoples en los puertos de la bomba y en caso de presentar fugas ajustar la conexión.  | Bomba Hidráulica   | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | Líneas Presurizadas          |
| 2   | Inspeccionar el entorno del sello en busca de fugas, si se presentan informar al técnico de mantenimiento para cambio del elemento.  | Bomba Hidráulica   | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 3   | Revisar que la presión mostrada por el indicador no supere 80 PSI, si es mayor reportar al ingeniero de mantenimiento para programar la revisión de la válvula de seguridad. | Válvula de Seguridad   | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 4   | Inspeccionar el tapón del depósito de almacenamiento, si presenta fugas ajustar el elemento.   | Depósito de Aceite   | Diario                          | 0.08                       | 1                    | SMCSEL    | -                            |
| 5   | Realizar inspección visual de la manguera de transporte hidráulico, si se observan fugas reemplazar el tramo averiado.   | Mangueras Hidráulicas  | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 6   | Inspeccionar los acoples de la manguera, en caso de presentar fugas reportar para cambio de racores.   | Mangueras Hidráulicas  | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 7   | Revisar la indicación de nivel de presión en el manómetro, en caso de no señalar ningún valor, coordinar con el ingeniero de mantenimiento para programar el cambio.         | Manómetros de Presión  | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 8   | Comprobar la indicación del instrumento en el visor LCD y en caso de no mostrar un valor definido informar al ingeniero de mantenimiento para cambio del encoder.            | Sensor de Velocidad (Encoder)                                | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 9   | Inspeccionar visualmente que el monofilamento de tensión esté conectado al gobernador, si es necesario ajustar o reemplazar con su respectiva unión.                         | Tensor de test   | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | -                            |
| 10  | Revisar la libertad de giro del potenciómetro feedback, y en caso de presentar obstrucción informar al técnico de mantenimiento para cambiar el elemento                     | Potenciómetro de realimentación                              | Diario                          | 0.08                       | 1                    | OPERADOR  | Aislamiento Seguro de Equipo |

|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS |   |  |   |          | MTOB-001<br>Versión 1        |  |
|---|---|--|---|--|---|----------|------------------------------|--|
| <b>EQUIPO:</b><br>BANCO DE GOBERNADORES   |   |  | <b>TAG:</b><br>SGO-BPG-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |   |          | <b>HOJA:</b><br>2 de 6       |  |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |   |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |          | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |  |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO   | FRECUENCIA  | HH (Horas)   | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |  |
| 11  | Verificar que el visor LCD muestre valores numéricos, si no se observan valores y se aprecia color negro, informar al ingeniero de mantenimiento para cambio inmediato.                                   | Visor LCD  | Diario  | 0.08   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 12  | Revisar el retorno del pulsador de inicio, e informar al técnico eléctrico en el caso que no ocurra, para programar cambio del pulsador.  | Panel de Control   | Diario  | 0.08   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 13  | Verificar el retorno del pulsador de inicio, e informar al técnico eléctrico en el caso que no ocurra, para programar cambio del pulsador.  | Panel de Control   | Diario  | 0.08   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 14  | Revisar el retorno del pulsador de parada, e informar al técnico eléctrico en el caso que no ocurra, para programar cambio del pulsador.  | Panel de Control   | Diario  | 0.08   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 15  | Verificar el giro limitado de las perillas rotatorias, en caso de que no esté limitando la posición, reportar al técnico eléctrico para el respectivo cambio del elemento.                                | Panel de Control   | Diario  | 0.08   | 1   | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 16  | Verificar accionamiento del conjunto de interruptores, y en caso de no mantener el contacto eléctrico informar al técnico para realizar reemplazo de elementos.   | Panel de Control   | Diario  | 0.08   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 17  | Inspeccionar la integridad del aislamiento eléctrico en las conexiones de alimentación del motor de la bomba hidráulica.  | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                                       | Semanal   | 0.25   | 1   | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 18  | Verificar la estructura de la hélice de ventilación del motor, dado el caso que presente fracturas o desintegración, informar al técnico de mantenimiento para realizar el cambio inmediato del elemento. | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                                       | Semanal   | 0.25   | 1   | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 19  | Antes de encender el equipo, energizar y verificar que el sonido de activación y retorno de los solenoides de la válvula direccional del sistema hidráulico sea efectivo.                                 | Válvula Direccional  | Semanal   | 0.5  | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 20  | Inspeccionar visualmente el encoder, de encontrarse desviado o distante de su posición de operación informar al técnico eléctrico para ajustar inmediatamente.  | Sensor de Velocidad (Encoder)  | Semanal   | 0.25   | 1   | OPERADOR | -                            |  |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

| <b>EQUIPO:</b>                           |  | <b>TAG:</b>  | <b>UBICACIÓN:</b>               |                            | <b>HOJA:</b>         |          |                              |
|--|--|--|---------------------------------|----------------------------|----------------------|----------|------------------------------|
| BANCO DE GOBERNADORES                    |  | SGO-BPG-01   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                            | 3 de 6               |          |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b>                 |  | <b>FACILITADORES:</b>  |                                 | <b>AUDITOR:</b>            | <b>FECHA:</b>        |          |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                                 | Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | 12/07/2014           |          |                              |
| No.                                      | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO   | FRECUENCIA                      | HH (Horas)                 | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 21                                       | Verificar el ajuste de la polea del potenciómetro. De estar suelta, reportar para calibrar la posición correcta y ajustar según corresponda.   | Potenciómetro de realimentación                              | Semanal                         | 0.5                        | 1                    | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 22                                       | Reestablecer la configuración del visor LCD, mediante el RESET establecido   | Visor LCD  | Semanal                         | 0.25                       | 1                    | OPERADOR | -                            |
| 23                                       | Medir la corriente de consumo, si los valores registrados se encuentran distantes del rango de operación (25-35 Amperios), informar al ingeniero de mantenimiento para intervención inmediata del motor. | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | 2 Semanas                       | 0.5                        | 1                    | SELCOM   | -                            |
| 24                                       | Inspeccionar el estado del cableado de alimentación eléctrica del motor, si es necesario cambiar los tramos que se encuentren cortados.  | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | 2 Semanas                       | 0.25                       | 1                    | OPERADOR | -                            |
| 25                                       | Ajustar los terminales de alimentación eléctrica del motores.  | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | 2 Semanas                       | 0.5                        | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 26                                       | Medir la temperatura externa del depósito y en caso de no superar 50°C, reportar al ingeniero de mantenimiento para revisar el sistema de calentamiento de aceite.                                       | Depósito de Aceite   | 2 Semanas                       | 0.5                        | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 27                                       | Inspeccionar visulamente la integridad de la hélice de ventilación, si se observan grietas o desgaste informar para el cambio.   | Servomotor   | 2 Semanas                       | 0.15                       | 1                    | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 28                                       | Limpiar y ajustar los contactos eléctricos externos de la perilla rotativa.  | Panel de Control   | 2 Semanas                       | 0.5                        | 1                    | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 29                                       | Ajustar los soportes del motor eléctrico de bomba hidraulica, aplicando el respectivo torque (30 lb-pulg).   | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | Mensual                         | 0.5                        | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 30                                       | Limpiar los contactos de alimentación eléctrica y ajustar de ser necesario.  | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | Mensual                         | 0.5                        | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 31                                       | Retirar toda la contaminación presente en la superficie de la carcasa del motor.   | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | Mensual                         | 1                          | 1                    | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 32                                       | Aplicar líquido penetrante a la superficie guía del obturador de la válvula de seguridad del sistema hidráulico.   | Válvula de Seguridad   | Mensual                         | 0.5                        | 1                    | SMCSEL   | Contacto Sustancia Tóxica    |



**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS**

**MTOP-001  
Versión 1**


| <b>EQUIPO:</b><br>BANCO DE GOBERNADORES                              |   |                                      | <b>TAG:</b><br>SGO-BPG-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |   |          | <b>HOJA:</b><br>4 de 6       |
|--|---|--------------------------------------|---|--|---|----------|------------------------------|
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |   |                                      | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |          | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO                             | FRECUENCIA  | HH (Horas)   | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 33   | Medir el flujo de corriente en el motor y en caso de superar el nivel admisible de 40 Amp, verificar cargas excesivas en el eje.  | Servomotor                           | Mensual   | 0.5  | 1   | SMCELE   | -                            |
| 34   | Retirar el material alojado en la superficie y las ranuras de enfriamiento.   | Servomotor                           | Mensual   | 0.5  | 1   | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 35   | Inspeccionar el ajuste axial del eje del servomotor, si se presenta deslizamiento axial, cambiar rodamiento cónico.   | Servomotor                           | Mensual   | 0.25   | 1   | OPERADOR | -                            |
| 36   | Revisar el nivel de aceite en el multiplicador de velocidad, de ser necesario agregar lubricante hasta nivel de operación.  | Unidad Multiplicadora                | Mensual   | G  | 1   | OPERADOR | -                            |
| 37   | Limpiar y ajustar los terminales eléctricos.  | Panel de Control                     | Mensual   | 1  | 1   | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 38   | Inspeccionar las vibraciones en el eje del motor y de presentar vibraciones severas, desarmar para revisar alineamiento y balanceo del eje y cambiar si es necesario.   | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica. | 3 Meses   | 1  | 1   | INGINS   | -                            |
| 39   | Inspeccionar el ajuste axial del eje del motor, si se presenta movimiento cambiar pines de fijación de rodamiento con respecto al eje.  | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica. | 3 Meses   | 0.5  | 1   | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 40   | Agregar lubricante a los rodamientos del eje del motor.   | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica. | 3 Meses   | 0.25   | 1   | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 41   | Cambiar filtro de aceite hidráulico de la línea de succión. Ref:  | Bomba Hidráulica                     | 3 Meses   | 0.5  | 1   | SMCSEL   | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 42   | Limpiar la superficie interna de la mirilla   | Depósito de Aceite                   | 3 Meses   | 1  | 1   | SMCELE   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 43   | Lubricar rodamientos del eje del servomotor. Agregar lubricante sólido a través de las graseras (3 disparos).   | Servomotor                           | 3 Meses   | 1  | 1   | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 44   | Montar el manómetro de prueba (rango 0-600 PSI) en cada uno de los puertos de indicación, y verificar que la presión de trabajo no supere los 100 y 600 psi según corresponda. Si hay desviación en los datos del manómetro de operación, informar para coordinar el reemplazo del instrumento. | Manómetros de Presión                | 3 Meses   | 3  | 1   | SMCSEL   | -                            |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001  
Versión 1


| EQUIPO:                                  |  | TAG:   | UBICACIÓN:                      |                            |                      | HOJA:    |                              |
|--|--|--|---------------------------------|----------------------------|----------------------|----------|------------------------------|
| BANCO DE GOBERNADORES                    |  | SGO-BPG-01   | TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |                            |                      | 5 de 6   |                              |
| GRUPO DE TRABAJO:                        |  | FACILITADORES:   |                                 | AUDITOR:                   | FECHA:               |          |                              |
| MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) |  | DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |                                 | Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | 12/07/2014           |          |                              |
| No.                                      | DESCRIPCIÓN  | ELEMENTO   | FRECUENCIA                      | HH (Horas)                 | RECURSO (Trabajador) | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 45                                       | Limpiar, ajustar y comprobar contactos eléctricos del sensor de temperatura.   | Sensor de Temperatura  | 3 Meses                         | 0.5                        | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 46                                       | Cambiar rodamientos del eje del motor eléctrico de la bomba hidráulica.  | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | 6 Meses                         | 6                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 47                                       | Retirar los elementos extraños alojados en las cavidades de las paletas, en la bomba hidráulica.                         | Bomba Hidráulica   | 6 Meses                         | 8                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 48                                       | Evacuar el aceite en el depósito para retirar el sensor de temperatura y limpiar los residuos alojados en su superficie. | Sensor de Temperatura del Depósito de Aceite                 | 6 Meses                         | 4                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 49                                       | Reemplazar el filtro de aceite hidráulico.   | Líneas de Transporte   | 6 Meses                         | 0.5                        | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 50                                       | Limpiar y comprobar contactos de alimentación eléctrica del servomotor.  | Servomotor   | 6 Meses                         | 1                          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 51                                       | Reemplazar rodamientos del eje del motor de la bomba hidráulica.   | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                         | 12 Meses                        | 8                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 52                                       | Reemplazar rodamientos del eje del servomotor.   | Servomotor   | 12 Meses                        | 8                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 53                                       | Cambiar el lubricante del multiplicador de velocidad. Emplear aceite SAE 15W-40.   | Unidad Multiplicadora  | 12 Meses                        | 4                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 54                                       | Reemplazar pulsador de inicio.   | Panel de Control   | 12 Meses                        | 2                          | 1                    | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 55                                       | Reemplazar pulsador de carga.  | Panel de Control   | 12 Meses                        | 1                          | 1                    | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 56                                       | Desarmar el conjunto impulsor de la bomba para revestir las paletas de la bomba hidráulica.                              | Bomba Hidráulica   | 24 Meses                        | 4                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 57                                       | Desmontar placas internas de la bomba de lubricación para rectificar superficie  | Bomba Hidráulica   | 24 Meses                        | 6                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 58                                       | Reemplazar rodamientos de los 2 ejes del sistema multiplicador de velocidad  | Unidad Multiplicadora  | 24 Meses                        | 8                          | 1                    | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |


|   |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS |   |  |   | MTO-001<br>Versión 1   |                              |
|--|---|--|---|--|---|------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>BANCO DE GOBERNADORES  |   |  | <b>TAG:</b><br>SGO-BPG-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |   | <b>HOJA:</b><br>6 de 6 |                              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |                        | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | ELEMENTO   | FRECUENCIA  | HH (Horas)   | RECURSO (Trabajador)                          | ASIGNADO               | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 59   | Cambiar el módulo de protección eléctrica.                                    | Motor Eléctrico de Bomba Hidráulica.                                       | -   | 1  | 1   | SMCELE                 | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 60   | Reemplazar las líneas de control eléctrico de los solenoides de las válvulas. | Válvula Direccional<br>Válvula de Seguridad                                | -   | 2  | 1   | SMCELE                 | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 61   | Cambiar el contactor de protección térmica del servomotor.                    | Servomotor   | -   | 1  | 1   | SMCELE                 | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES  |   |  |   |  |   |                        |                              |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción     |   |  |   |  |   |                        |                              |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.   |   |  |   |  |   |                        |                              |
| <b>Contacto de repuestos</b><br>Los repuestos requeridos y consultas técnicas se realizan a través del Email y sitio web —www.woodward.com ó llamando al teléfono +1 (970) 482-5811, Colorado USA. |   |  |   |  |   |                        |                              |
| Nombre:<br>Reg:  |   | Nombre:<br>Reg:  |   |  | Nombre:<br>Reg:                               |                        |                              |
| OPERADOR   |   | INGENIERO DE MANTENIMIENTO   |   |  | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO                    |                        |                              |

Fuente: Autores del proyecto.


## ANEXO G. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPOS DE MEDIA Y BAJA CRITICIDAD

### Plan de mantenimiento preventivo del equipo Roladora de Láminas

|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS            |   |  |          | MTOP-001<br>Versión 1        |
|---|---|---|---|--|----------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>ROLADORA DE LAMINAS   |   | <b>TAG:</b><br>MET-ROL-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |  |          | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |          | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO  | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Detectar presencia de fugas en el sistema hidráulico (mangueras, racores y sellos).   | Diario  | 1   | 1  | OPERADOR | -                            |
| 2   | Verificar el nivel en el depósito de aceite hidráulico. Aceite Hidráulico ISO 68.   | Diario  | 0.2   | 1  | OPERADOR | -                            |
| 3   | Revisar el nivel de aceite lubricante de la caja que transmite potencia del motor hidráulico a los cilindros rotores.                   | Diario  | 0.2   | 1  | OPERADOR | -                            |
| 4   | Verificar el funcionamiento del indicador de presión del sistema hidráulico.  | Diario  | 0.5   | 1  | OPERADOR | -                            |
| 5   | Inyectar grasa de litio a los bujes de apoyo de los 3 cilindros de alta capacidad a través de las graseras. Usar la pistola de engrase. | Semanal   | 0.5   | 1  | OPERADOR | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 6   | Lubricar las guías de deslizamiento del conjunto de rodillo con aceite WD40.  | Semanal   | 0.5   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 7   | Limpiar el equipo de forma general con líquido desengrasante y espuma. Realizar la tarea preferiblemente en el turno de noche.          | 2 Semanas   | 1   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 8   | Verificar el funcionamiento de palancas y pulsadores del panel de control hidráulico.   | 2 Semanas   | 0.5   | 1  | SMCELE   | -                            |

|   |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |   |  |                             | MTOP-001                     |  |
|--|--|---|---|--|-----------------------------|------------------------------|--|
|  |  | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |   |  |                             | Versión 1                    |  |
| <b>EQUIPO:</b><br>ROLADORA DE LAMINAS  |  | <b>TAG:</b><br>MET-ROL-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |  |                             | <b>HOJA:</b><br>2 de 2       |  |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |  |
| No.  | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO  | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |  |
| 9  | Verificar el ajuste de los solenoides a la válvula.  | 2 Semanas   | 0.5   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 10   | Comprobar la integridad del cableado eléctrico   | 2 Semanas   | 0.5   | 1  | SMCELE                      | -                            |  |
| 11   | Inyectar grasa de litio a los pasadores de los 5 cilindros hidráulicos a través de las graseras. Usar la pistola de engrase.   | 2 Semanas   | 1   | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo |  |
| 12   | Cambiar el filtro hidráulico.  | Mensual   | 1   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |  |
| 13   | Lubricar las 2 juntas universales de transmisión de los cilindros roladores.   | Mensual   | 1   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |  |
| 14   | Limpiar y comprobar los contactos eléctricos en los motores trifásicos.  | 3 Meses   | 1   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 15   | Reemplazar el conjunto de rodamientos de bolas de los motores eléctricos.  | 24 Meses  | 16  | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |
| 16   | Realizar pintura general del equipo implementando (colmasolvente epóxido 85-80-25; esmalte uretano serie 35, barrera epóxica; Catalizador esmalte uretano serie 36). | 60 Meses  | 240   | 3  | CONTRATADO                  | Aislamiento Seguro de Equipo |  |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES  |  |   |   |  |                             |                              |  |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción |  |   |   |  |                             |                              |  |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.   |  |   |   |  |                             |                              |  |
| Nombre:<br>Reg:  |  | Nombre:<br>Reg:   |   |  | Nombre:<br>Reg:             |                              |  |
| OPERADOR   |  | INGENIERO DE MANTENIMIENTO  |   |  | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO  |                              |  |

## Plan de mantenimiento preventivo de la Cizalla de corte Edwards

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO</b> |   |   |   |   |                             | <b>MTOP-001</b><br><b>Versión 1</b> |
|---|---|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>CIZALLA DE CORTE EDWARDS  |   | <b>TAG:</b><br>MET-CIZ-02   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |   |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 2              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)  |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>12-07-2014 |                                     |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO                                       | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD               |
| 1   | Retirar los fragmentos y virutas de material alojados sobre la mesa de trabajo con una brocha de 20 cm, pasando una ultima vez con un paño Weypal.                      | Diario  | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 2   | Comprobar el sello del sistema hidráulico respecto a ductos, racores y válvulas.  | Diario  | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 3   | Comprobar el accionamiento correcto de los pulsadores de control del equipo, incluido el pedal.   | Diario  | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 4   | Agregar aceite lubricante WD40 a las guías de deslizamiento de las mesas de ajuste y alineación.  | Diario  | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 5   | Limpiar el equipo a nivel general con desengrasante y espuma, preferiblemente el sábado en la tarde, importante no obviar los cristales de las lámparas de iluminación. | Semanal   | 1   | 1   | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica           |
| 6   | Inyectar grasa a los bujes de los pasadores de los cilindros hidráulicos, en cada intervención dar 5 inyectadas en cada grasera según corresponda.                      | Semanal   | 0.25  | 1   | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipos       |
| 7   | Realizar prueba de funcionamiento del botón pulsador de parada de emergencia del equipo. (botón rojo, lado izquierdo frontal de la maquina)                             | Semanal   | 0.25  | 1   | SMCMAQ                      | -                                   |
| 8   | Lubricar con aceite WD40, las guías de deslizamiento de la cuchilla de corte.   | Semanal   | 0.25  | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico        |
| 9   | Recuperar el nivel de aceite del reductor del motor eléctrico de inclinación, usar lubricante SAE 140.  | Mensual   | 0.5   | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico        |
| 10  | Lubricar con aceite #150, la cadena que transmite potencia del moto reductor al tornillo inclinador de cuchilla..   | Mensual   | 0.25  | 1   | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipos       |



## DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB

## MANTENIMIENTO PROGRAMADO

MTO-001

Versión 1

|  |   |   |                             |
|--|---|---|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>CIZALLA DE CORTE EDWARS                            | <b>TAG:</b><br>MET-CIZ-02   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA   | <b>HOJA:</b><br>2 de 2      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>12-07-2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA | HH   | RECURSO | ASIGNADO   | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD         |
|-----|---|------------|------|---------|------------|-------------------------------|
| 11  | Recuperar el nivel de aceite hidráulico a su nivel de operación, agregando aceite #68.  | Mensual    | 0.25 | 1       | OPERADOR   | -                             |
| 12  | Retirar del equipo la cuchilla para reacondicionar el filo principal de corte.  | 3 Meses    | 3    | 1       | SMCMEC     | Aislamiento Seguro de Equipos |
| 13  | Revisar la integridad del cableado eléctrico desde los controles hasta el equipo o elemento correspondiente.  | 3 Meses    | 1    | 1       | SMCELE     | Aislamiento Seguro Eléctrico  |
| 14  | Limpiar y ajustar los contactos eléctricos de los motores.  | 3 Meses    | 1    | 1       | SMCMEC     | Aislamiento Seguro Eléctrico  |
| 15  | Realizar el cambio del filtro de aceite hidráulico, deslizando la protección frontal hacia la izquierda para tener acceso al componente. El filtro es de referencia HIAB 9824499. | 6 Meses    | 1    | 1       | SMCMEC     | Aislamiento Seguro de Equipos |
| 16  | Reemplazar las bombillas de las lámparas, empleando bombillas blancas de halógeno de 100 W.   | 6 Meses    | 2    | 1       | SMCELE     | Aislamiento Seguro Eléctrico  |
| 17  | Reemplazar el bobinado del motor eléctrico de la bomba hidráulica.  | 24 Meses   | 16   | 2       | SMCELE     | Aislamiento Seguro Eléctrico  |
| 18  | Reemplazar y ajustar las tolerancias de los rodamientos y engranajes del motoreductor de inclinación de la cuchilla.  | 24 Meses   | 16   | 1       | SMCMEC     | Aislamiento Seguro Eléctrico  |
| 19  | Realizar pintura general del equipo implementando (colmasolvente epóxido 85-80-25; esmalte uretano serie 35, barrera epóxica; Catalizador esmalte uretano serie 36).              | 60 meses   | 210  | 3       | CONTRATADO | Contacto Sustancia Tóxica     |

## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

## Elementos de Protección Personal

Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de inserción.

## Recomendaciones

Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.

Nombre:

Reg:

Nombre:

Reg:

Nombre:


Reg:


OPERADOR

INGENIERO DE MANTENIMIENTO


PLANEADOR DE MANTENIMIENTO


## Plan de mantenimiento preventivo de la Anguladora/Dobladora Bronx

|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |   |   |          | MTO-001                      |  |
|---|---|---|---|---|----------|------------------------------|--|
|   |   | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |   |   |          | Versión 1                    |  |
| <b>EQUIPO:</b><br>DOBLADORA BRONX   |   | <b>TAG:</b><br>MET-DOB-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |   |          | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |  |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA |          | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |  |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO                                       | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |  |
| 1   | Verificar que no existan fugas de aire en las líneas de alimentación del clutch neumático.  | Diario  | 0.5   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 2   | Desacoplar el filtro y drenar el agua del sistema neumático.  | Diario  | 1   | 1   | OPERADOR | Líneas Presurizadas          |  |
| 3   | Comprobar el funcionamiento de las válvulas neumáticas. Pruebas de disparo.   | Semanal   | 0.5   | 1   | SMCMEC   | -                            |  |
| 4   | Aplicar 5 disparos de grasa para rodamientos de bolas de los volantes de transmisión de potencia, por medio de la pistola de engrase.                     | Semanal   | 0.25  | 1   | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |  |
| 5   | Realizar prueba al pulsador de para de emergencia.  | Semanal   | 0.2   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 6   | Revisar el nivel de aceite del reductor mecánico de aproximación.   | Semanal   | 0.2   | 1   | OPERADOR | -                            |  |
| 7   | Lubricar las guías de deslizamiento del sistema de corte. Aceite No. 150 usando la inyectora de aceite.   | Semanal   | 0.5   | 1   | OPERADOR | Aislamiento Seguro de Equipo |  |
| 8   | Limpiar el equipo de formar general con líquido desengrasante y espuma. Realizar la tarea preferiblemente en el turno de noche.                           | 2 Semanas   | 1   | 1   | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |  |
| 9   | Inyectar 4 disparos de grasa de litio al conjunto reductor mecánico de los 2 tornillos de potencia, a través de las graseras. Usar la pistola de engrase. | 2 Semanas   | 1   | 1   | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |  |
| 10  | Limpiar los contactos eléctricos de la placa de bornes de los motores eléctricos. Aplicar Loctite -Limpiador de contactos eléctricos no flamable.         | Mensual   | 1   | 1   | SMCELE   | Aislamiento Seguro Eléctrico |  |


|   |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |   |   |                             | MTOP-001                     |
|--|--|---|---|---|-----------------------------|------------------------------|
|  |  | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |   |   |                             | Versión 1                    |
| <b>EQUIPO:</b><br>DOBLADORA BRONX  |  | <b>TAG:</b><br>MET-DOB-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |   |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.  | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO                                       | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 11   | Verificar la tensión de las correas de transmisión. Ajustar el tensor de ser necesario.  | Mensual   | 1   | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 12   | Retirar las guarda-cadenas. Aplicar lubricante No. 150 a las cadenas de transmisión reductora.   | Mensual   | 1.5   | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 13   | Reemplazar el filtro con trampa de agua del sistema neumático.   | 12 Meses  | 2   | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 14   | Desmantelar el embrague examinando el armado del cojinete para ver la cantidad de grasa existente, en caso necesario rellenese hasta la mitad con grasa para cojinetes de bolas. | 12 Meses  | 16  | 2   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 15   | Realizar pintura general del equipo implementando (colmasolvente epóxido 85-80-25; esmalte uretano serie 35, barrera epóxica; Catalizador esmalte uretano serie 36).             | 60 Meses  | 210   | 3   | CONTRATADO                  | Aislamiento Seguro de Equipo |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES  |  |   |   |   |                             |                              |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de inserción  |  |   |   |   |                             |                              |
| <b>Recomendaciones</b><br>No sobrecargue de grasa los alojamientos, pues el exceso puede ser expulsado a través de los sellos de aceite.<br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.                       |  |   |   |   |                             |                              |
| <b>Contacto de repuestos</b><br>Contacto Bronx Ingeniería internacional a través de sitio web : <a href="http://www.bronxintl.com">http://www.bronxintl.com</a> , Email: <a href="mailto:info@bronx.co.uk">info@bronx.co.uk</a> o llamando al Tel: +61 2 9534 4233, Peakhurst Australia. |  |   |   |   |                             |                              |
| Nombre:<br>Reg:  |  | Nombre:<br>Reg:   |   |   | Nombre:<br>Reg:             |                              |
| OPERADOR   |  | INGENIERO DE MANTENIMIENTO  |   |   | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO  |                              |

## Plan de mantenimiento preventivo de la Cizalla de corte Bronx

|  |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS            |   |  |                             | MTOP-001<br>Versión 1        |
|---|--|---|---|--|-----------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>CIZALLA DE CORTE BRONX  |  | <b>TAG:</b><br>MET-CIZ-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |  |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.   | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO  | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Verificar que no se presenten fugas en las líneas de alimentación neumática al embrague.   | Diario  | 1   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 2   | Revisar el nivel de aceite en la transmisión (sinfin-corona). En caso de presentar nivel bajo aplicar hasta nivel de operación. Aceite SAE 140 | Diario  | 1   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 3   | Verificar la conmutación de la válvula direccional neumática.  | Diario  | 1   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 4   | Abrir la válvula de drenaje del sistema neumático, y permitir la descarga del agua condensada en el sistema.                                   | Semanal   | 0.5   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 5   | Lubricar las guías de los tornillos de desplazamiento vertical. Aceite SAE 150   | Semanal   | 0.25  | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 6   | Verificar el funcionamiento del sensor de aproximación del elemento de corte.  | Semanal   | 0.25  | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 7   | Revisar disparo de la valvula de seguridad de alimentación neumática.  | Semanal   | 0.25  | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 8   | Verificar funcionamiento del pulsador de parada de emergencia.   | Semanal   | 0.25  | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 9   | Limpiar y ajustar los contactos eléctricos del motor   | Mensual   | 1   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |

|   |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |   |  |                             | MTOP-001                     |
|--|--|---|---|--|-----------------------------|------------------------------|
|  |  | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |   |  |                             | Versión 1                    |
| <b>EQUIPO:</b><br>CIZALLA DE CORTE BRONX   |  | <b>TAG:</b><br>MET-CIZ-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |  |                             | <b>HOJA:</b><br>2de 2        |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.  | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO  | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 10   | Revisar y comprobar conexiones en el cableado de alimentación eléctrica del motor.   | Mensual   | 1   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 11   | Cambiar filtro de la línea principal de alimentación del embrague neumático. Filtro de aire 150AF  | 3 Meses   | 1   | 1  | SMCMEC                      | Líneas Presurizadas          |
| 12   | Retirar la guarda de protección principal y tensionar la correa de transmisión (motor - volante). Verificar el libre movimiento de rotación.   | 3 Meses   | 8   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 13   | Desmontar y afilar las cuchillas principales de corte.   | 3 Meses   | 4   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 14   | Reemplazar rodamientos de los volantes de transmisión por correa.  | 12 Meses  | 24  | 2  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 15   | Cambiar la correa de transmisión (motor-volante). Comprobar tensión y movimiento del volante. Referencia: 3VX.                                 | 12 Meses  | 4   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 16   | Cambiar terminales eléctricos del motor  | 12 Meses  | 4   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 17   | Reemplazar los rodamientos y cojinetes del reductor de velocidad (sinfin-corona).  | 24 Meses  | 48  | 2  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 18   | Pintura general del equipo. (Colmasolvente epoxico 85-80-25; esmalte uretano serie 35, barrera epóxica; Catalizador esmalte uretano serie 36). | 60 Meses  | 210   | 3  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES  |  |   |   |  |                             |                              |
| <p><b>Elementos de Protección Personal</b><br/>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción</p> <p><b>Recomendaciones</b><br/>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.</p> <p><b>Contacto de repuestos</b><br/>Contactar Bronx Ingenieria internacional a traves de sitio web : <a href="http://www.bronxintl.com">http://www.bronxintl.com</a>, Email: <a href="mailto:info@brons.co.uk">info@brons.co.uk</a> ó llamando al Tel: +61 2 9534 4233, Peakhurst Australia.</p> |  |   |   |  |                             |                              |
| Nombre:<br>Reg:  |  | Nombre:<br>Reg:   |   |  | Nombre:<br>Reg:             |                              |
| OPERADOR   |  | INGENIERO DE MANTENIMIENTO  |   |  | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO  |                              |

Plan de mantenimiento preventivo de la Punzonadora; Mod:210 AD/16

|  |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS            |   |   |                             | MTOP-001<br>Versión 1        |
|---|--|---|---|---|-----------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>PUNZONADORA; MOD:210 AD/16                                      |  | <b>TAG:</b><br>MET-PUN-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |   |                             | <b>HOJA:</b><br>2 de 1       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |                              |
| No.   | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO                                       | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Verificar el funcionamiento de los pulsadores del panel de control.  | Diario  | 0.2   | 1   | OPERADOR                    | -                            |
| 2   | Inyectar grasa de litio a los bujes de los ejes de los engranajes a través de las graseras. Usar la pistola de engrase.                                | Semanal   | 0.5   | 1   | SMCMEC                      | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 3   | Inyectar grasa de litio a los pasadores, volantes de ajuste y mecanismos internos, a través de las graseras superficiales. Usar la pistola de engrase. | Semanal   | 0.5   | 1   | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 4   | Limpia el equipo de forma general con líquido desengrasante y espuma. Realizar la tarea preferiblemente en el turno de noche.                          | Semanal   | 1   | 1   | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 5   | Prueba de funcionamiento al pulsador de parada de emergencia.  | 2 Semanas   | 0.5   | 1   | OPERADOR                    | -                            |
| 6   | Aplicar lubricante sólido a la superficie de los 2 engranajes. Grasa de Litio  | Mensual   | 2   | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 7   | Limpia y comprobar los contactos eléctricos del motor trifásico  | Mensual   | 1   | 1   | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 8   | Revisar la integridad del cableado eléctrico.  | Mensual   | 0.2   | 1   | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001  
Versión 1

|  |   |   |                             |
|--|---|---|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>PUNZONADORA; MOD:210 AD/16                         | <b>TAG:</b><br>MET-PUN-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA   | <b>HOJA:</b><br>2 de 1      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>10/07/2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA | HH  | RECURSO | ASIGNADO   | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|-----|--|------------|-----|---------|------------|------------------------------|
| 9   | Verificar la tensión del las correas de la transmisión motor-volante central.  | Mensual    | 3   | 1       | SMCMEC     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 10  | Retirar la grasa desgastada acumulada en la superficie de los 2 engranajes.  | 3 Meses    | 6   | 1       | SMCMEC     | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 11  | Ajustar pernos de la base. Llave 1 1/4"  | 3 Meses    | 1   | 1       | SMCMEC     | -                            |
| 12  | Realizar pintura general del equipo implementando (colmasolvente epóxido 85-80-25; esmalte uretano serie 35, barrera epóxica; Catalizador esmalte uretano serie 36). | 60 Meses   | 210 | 3       | CONTRATADO | Aislamiento Seguro de Equipo |

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

**Elementos de Protección Personal**


Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción

**Recomendaciones**

Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.

|                 |                            |                            |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Nombre:<br>Reg: | Nombre:<br>Reg:            | Nombre:<br>Reg:            |
| OPERADOR        | INGENIERO DE MANTENIMIENTO | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |

## Plan de mantenimiento preventivo Lavadora de ultrasonido

|  |  | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS            |  |  |                             | MTOP-001<br>Versión 1        |
|---|--|---|--|--|-----------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>LAVADORA DE ULTRASONIDO   |  | <b>TAG:</b><br>SGO-ULT-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |  |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |  | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.   | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA  | HH   | RECURSO  | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Inspeccionar fugas de aire en las líneas neumáticas.   | Diario  | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 2   | Verificar fugas de agua en los ductos.   | Diario  | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 3   | Inspeccionar el sello de la bomba. En caso de presentar fugas reparar.   | Diario  | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 4   | Lubricar el vástago del cilindro neumático y las guías de desplazamiento. Usar pistola de inyección de engrase.                                  | Semanal   | 0.15   | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 5   | Verificar la conectividad de la caja eléctrica, conexión a tierra de los cables, y sensores.   | Semanal   | 0.15   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 6   | Cambiar el agua del depósito.  | Semanal   | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 7   | Comprobar el cableado eléctrico y ajustar las conexiones flojas.   | 2 Semanas   | 1  | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 8   | Drenar el agua del filtro del regulador de aire.   | 2 Semanas   | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 9   | Realizar limpieza general del generador de ultrasonido. Limpiar humedad, respiraderos y ventilador.  | 2 Semanas   | 1  | 1  | SMCSEL                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 10  | Drenar el agua almacenada en el depósito principal. Retirar elementos extraños que se encuentren en el interior. Limpiar las paredes del tanque. | Mensual   | 1.5  | 1  | CONTRATADO                  | Aislamiento Seguro de Equipo |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

|  |   |  |                             |
|--|---|--|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>LAVADORA DE ULTRASONIDO                            | <b>TAG:</b><br>SGO-ULT-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | <b>HOJA:</b><br>2 de 2      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA.       | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA | HH  | RECURSO | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|-----|--|------------|-----|---------|----------|------------------------------|
| 11  | Extraer la canasta de filtrado de partículas grandes, y limpiar con agua caliente y fresca.  | Mensual    | 1   | 1       | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 12  | Limpiar la malla del agua de recirculación de la bomba.                                      | 3 Meses    | 1.5 | 1       | SMCSEL   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 13  | Retirar el filtro de agua y realizar su respectiva limpieza.                                 | 3 Meses    | 1.5 | 1       | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 14  | Cambiar el filtro de bolsa y asegurarse que quede correctamente instalado en el alojamiento. | 6 Meses    | 1.5 | 1       | SMCSEL   | Aislamiento Seguro de Equipo |

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

**Elementos de Protección Personal**

Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción

**Recomendaciones**

Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.

**Contacto de repuestos**

Los repuestos de fabrica y consultas técnicas se realizan a través de: <http://www.lapmaster.com/contact/default.html> o llamando al 1-877-352-8637 EE.UU

Nombre:

Reg:

Nombre:

Reg:

Nombre:


Reg:

OPERADOR

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

PLANEADOR DE MANTENIMIENTO

## Plan de mantenimiento preventivo Taladro de pedestal

|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS            |  |  |                             | MTOP-001<br>Versión 1        |
|---|---|---|--|--|-----------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>TALADRO DE PEDESTAL   |   | <b>TAG:</b><br>SGO-TAL-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |  |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH   | RECURSO  | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Eliminar las virutas y residuos del refrigerante. Utilizar para ello escobilla de mano y trapos de limpieza, de lo contrario se corre el peligro de cortarse. | Diario  | 1  | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 2   | Limpiar las ranuras de la mesa con una lamina apropiada para ello, y asegurar la nivelación de la prensa de sujeción.   | Diario  | 1  | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 3   | Verificar el nivel de aceite de la transmisión de engranajes horizontal y vertical de husillo.  | Diario  | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 4   | Lubricar el tornillo regulador de profundidad.  | Semanal   | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 8   | Verificar el funcionamiento de los pulsadores.  | Semanal   | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 6   | Comprobar ajuste de los pernos de anclaje de la máquina.  | 2 Semanas   | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 5   | Limpiar y lubricar levemente las piezas bruñidas de la maquina: el husillo de taladrado y las manecillas de mando.  | 2 Semanas   | 1  | 1  | OPERADOR                    | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 7   | Lubricar el árbol de desplazamiento vertical de la mesa de trabajo.   | 2 Semanas   | 0.25   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 9   | Limpiar las conexiones eléctricas y asegurar las conexiones a fase.   | Mensual   | 1  | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001

Versión 1

|                                       |                           |  |                        |
|---------------------------------------|---------------------------|--|------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>TALADRO DE PEDESTAL | <b>TAG:</b><br>SGO-TAL-01 | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES | <b>HOJA:</b><br>2 de 2 |
|---------------------------------------|---------------------------|--|------------------------|

|  |   |  |                             |
|--|---|--|-----------------------------|
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |
|--|---|--|-----------------------------|

| No. | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA | HH | RECURSO | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD     |
|-----|---|------------|----|---------|----------|---------------------------|
| 10  | Retirar y limpiar el filtro de la bomba de refrigerante.  | 3 Meses    | 2  | 1       | SMCSEL   | Contacto Sustancia Tóxica |
| 11  | Drenar el depósito de refrigerante y limpiar las paredes. | 6 Meses    | 2  | 1       | SMCSEL   | Contacto Sustancia Tóxica |
| 12  | Cambiar el refrigerante.                                  | 12 Meses   | 2  | 1       | SMCSEL   | Contacto Sustancia Tóxica |

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

**Elementos de Protección Personal**

Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción

**Recomendaciones**


Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.

**Contacto**

Para solicitud de repuestos y asistencia tecnica, conectarse al sitio web: <http://www.ibarmia.com/es/ibarmia/contacto/>, email: [ibarmia@ibarmia.com](mailto:ibarmia@ibarmia.com) o al telefono +34 943 857 130 - 000 en (Gipuzkoa) Spain.

|                 |                                   |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Nombre:<br>Reg: | Nombre:<br>Reg:                   | Nombre:<br>Reg:                   |
| <b>OPERADOR</b> | <b>INGENIERO DE MANTENIMIENTO</b> | <b>PLANEADOR DE MANTENIMIENTO</b> |

## Plan de mantenimiento preventivo Extractor de haces, autopropulsado Idrojet

|  <b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB</b><br><b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS</b> |   |   |   |   |                             | <b>MTOP-001</b><br><b>Versión 1</b> |
|--|---|---|---|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EXTRACTOR DE HACES AUTOPROPULSADO IDROJET  |   | <b>TAG:</b><br>INT-EXH-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES |   |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 2              |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                                     |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO                                       | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD               |
| 1  | Verificar el nivel de aceite del motor diesel. De ser necesario agregar lubricante 15W-40.  | Diario  | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 2  | Lubricar el riel cremallera del cabezal de anclaje y extracción. Usar lubricante #150   | Semanal   | 0.25  | 1   | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 3  | Revisar que el nivel de aceite hidráulico de operación se encuentre en el nivel adecuado, emplear aceite #68 si se requiere.  | Semanal   | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 4  | Lubricar las guías de desplazamiento del extensor frontal. Emplear lubricante #150  | Semanal   | 0.25  | 1   | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 5  | Inyectar grasa de litio a los pasadores de las articulaciones del cilindro hidráulico que desplaza el extractor 90 grados perpendicular a la línea longitudinal del equipo. | 2 Semanas   | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 6  | Inspeccionar el equipo en busca de fugas de aceite hidráulico.  | 2 Semanas   | 0.15  | 1   | OPERADOR                    | -                                   |
| 7  | Limpiar el filtro de aire del motor diésel con aire comprimido, hacerlo direccionando el aire de la parte interna hacia la externa de la capa del filtro.                   | Mensual   | 0.25  | 1   | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |
| 8  | Ajustar los sockets eléctricos de los solenoides del bloque de valvulas del equipo. Emplear destornillador tipo estrella.   | Mensual   | 0.25  | 1   | SMCELE                      | Aislamiento Seguro de Equipo        |



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS

MTOP-001  
Versión 1

|  |   |   |                             |
|--|---|---|-----------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EXTRACTOR DE HACES AUTOPROPULSADO IDROJET          | <b>TAG:</b><br>INT-EXH-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES | <b>HOJA:</b><br>2 de 2      |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA) | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA             | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |

| No. | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA | HH   | RECURSO | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
|-----|---|------------|------|---------|----------|------------------------------|
| 9   | Inyectar grasa de litio al conjunto de rodamientos que comprenden el sistema soporte-rotacion de las ruedas del equipo. Aplicar 5 disparos de grasa en cada grasea. | Mensual    | 0.5  | 1       | OPERADOR | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 10  | Limpiar el equipo con desengrasante y esponja, excepto los componentes electricos y el motor diesel.  | Mensual    | 2    | 1       | OPERADOR | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 11  | Lavar el radiador enfriador de aceite, impactando agua a presion sobre la superficie de transferencia de calor.   | 3 Meses    | 0.25 | 1       | OPERADOR | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 12  | Realizar cambio del filtro de aceite del motor diésel. Emplear filtro Hazt Ref. 4006350   | 3 Meses    | 0.5  | 1       | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 13  | Reemplazar el aceite de lubricación del motor diésel. Utilizar aceite SAE 15W-40.   | 3 Meses    | 0.5  | 1       | SMCMEC   | Aislamiento Seguro de Equipo |

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

**Elementos de Protección Personal**

Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de inserción.

**Recomendaciones**


Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo a como se le indique.


**Contacto de repuestos**

Las consultas técnicas y requerimientos de repuestos son realizadas a través de sitio Web: [www.kidextractor.net](http://www.kidextractor.net), Email: [info@idextractor.net](mailto:info@idextractor.net), o llamando a Tel: 00356 2146 2891, Móvil: 00356 7943 9751. Zebbug, Malta.


|                 |                                   |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Nombre:<br>Reg: | Nombre:<br>Reg:                   | Nombre:<br>Reg:                   |
| <b>OPERADOR</b> | <b>INGENIERO DE MANTENIMIENTO</b> | <b>PLANEADOR DE MANTENIMIENTO</b> |

## Plan de mantenimiento preventivo Lapeadora 24SS2


|  |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |  |  |          | MTOP-001                     |
|---|---|---|--|--|----------|------------------------------|
|   |   | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |  |  |          | Versión 1                    |
| <b>EQUIPO:</b><br>LAPEADORA LAPMASTER 24SS2                                       |   | <b>TAG:</b><br>SGO-LAP-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |  |          | <b>HOJA:</b><br>1 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)              |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |          | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH   | RECURSO  | ASIGNADO | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Limpiar las estrías del plato lapeador. Lavar con solo aceite limpio.   | Diario  | 0.15   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 2   | Lavar la bomba, tubos y líneas de alimentación. Lavar con aceite limpio hasta retirar completamente los residuos. | Diario  | 0.15   | 1  | OPERADOR | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 3   | Limpiar con detergente o en baño de ultrasonido los anillos y portapiezas   | Semanal   | 0.5  | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 4   | Limpiar los portaobjetos de retención y orquillas de bloqueo. Realizar la limpieza con aceite solvente y un paño. | Semanal   | 0.25   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 5   | Limpiar los rodillos de la orquilla y los tubos de drenaje. Usar un cepillo de cerdas duras y aceite limpio       | 2 Semanas   | 0.25   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 6   | Lubricar el reductor de velocidad. Aplicar aceite EP320 para engranajes.  | 2 Semanas   | 0.25   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 7   | Retirar el plato giratorio y limpiar los residuos alojados en el plato recolector.                                | Mensual   | 1  | 1  | SMCSEL   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 8   | Lubricar yokes y superficies deslizantes. Aplicar aceite EP320.   | Mensual   | 0.25   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |
| 9   | Verificar el nivel de aceite de la unidad de engranajes.  | Mensual   | 0.25   | 1  | OPERADOR | Contacto Sustancia Tóxica    |

|    |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |  |  |                            | MTOP-001                     |
|---|---|---|--|--|----------------------------|------------------------------|
|   |   | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |  |  |                            | Versión 1                    |
| <b>EQUIPO:</b><br>LAPEADORA LAPMASTER 24SS2   |   | <b>TAG:</b><br>SGO-LAP-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE SELLOS Y GOBERNADORES |  |                            | <b>HOJA:</b><br>2 de 2       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)  |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |  | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |                            | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH   | RECURSO  | ASIGNADO                   | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 10  | Verificar la alineación de la placa de presión, las cerraduras de cilindro y el libre movimiento del eje principal. | 3 Meses   | 0.5  | 1  | OPERADOR                   | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 11  | Comprobar la profundidad de desgaste del plato rotatorio.   | 3 Meses   | 0.25   | 1  | OPERADOR                   | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 12  | Cambiar lo cojinetes del motor que soportan el eje y el impulsor de la bomba.                                       | 6 Meses   | 4  | 1  | SMCSEL                     | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES   |   |   |  |  |                            |                              |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de inserción   |   |   |  |  |                            |                              |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.  |   |   |  |  |                            |                              |
| <b>Contacto de repuestos</b><br>Los repuestos de fabrica y consultas técnicas se realizan a través del sitio web: <a href="http://www.lapmaster.com/contact/default.html">http://www.lapmaster.com/contact/default.html</a> o llamando al 1-877-352-8637 EE.UU. |   |   |  |  |                            |                              |
| Nombre:<br>Reg:   |   | Nombre:<br>Reg:   |  |  | Nombre:<br>Reg:            |                              |
| OPERADOR  |   | INGENIERO DE MANTENIMIENTO  |  |  | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |                              |

## Plan de mantenimiento preventivo Tanque de almacenamiento de agua

|   |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |   |  |                                   | MTOP-001                     |  |
|--|---|---|---|--|-----------------------------------|------------------------------|--|
|  |   | MANTENIMIENTO PROGRAMADO  |   |  |                                   | Versión 1                    |  |
| <b>EQUIPO:</b><br>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA   |   | <b>TAG:</b><br>INT-TAN-01   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE LAVADO DE INTERCAMBIADORES |  |                                   | <b>HOJA:</b><br>1 de 1       |  |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |                                   | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014  |  |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO  | ASIGNADO                          | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |  |
| 1  | Verificar que el nivel del deposito.  | Diario  | 0.08  | 1  | OPERADOR                          | -                            |  |
| 2  | Retirar el material acumulado en el respiradero del tanque.   | Mensual   | 0.5   | 1  | SMCMEC                            | Trabajo en alturas           |  |
| 3  | Abrir la válvula de drenaje para permitir que se evacuen los desechos alojados en el asiento del tanque.  | 3 Meses   | 1.5   | 1  | SMCMEC                            | Aislamiento Seguro de Equipo |  |
| 4  | Reemplazar el filtro de entrada de agua al tanque. Referencia: F40-R  | 6 Meses   | 1   | 1  | SMCMEC                            | Trabajo en alturas           |  |
| 5  | Limpiar interna y externamente la mirilla translúcida indicadora de nivel.  | 6 Meses   | 1   | 1  | SMCMEC                            | Trabajo en alturas           |  |
| 6  | Vaciar el tanque dando apertura a la válvula de drenaje, retirar el manhole superior e ingresar para realizar limpieza con hidrobias de las paredes internas. | 12 Meses  | 16  | 2  | CONTRATADO                        | Espacio Confinado            |  |
| 7  | Recubrir el exterior del tanque con pintura anticorrosiva epóxica.  | 24 Meses  | 16  | 2  | SMCMEC                            | Contacto Sustancia Tóxica    |  |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES  |   |   |   |  |                                   |                              |  |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción |   |   |   |  |                                   |                              |  |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.   |   |   |   |  |                                   |                              |  |
| Nombre:  |   | Nombre:   |   |  | Nombre:                           |                              |  |
| Reg:   |   | Reg:  |   |  | Reg:                              |                              |  |
| <b>OPERADOR</b>  |   | <b>INGENIERO DE MANTENIMIENTO</b>   |   |  | <b>PLANEADOR DE MANTENIMIENTO</b> |                              |  |

## Plan de mantenimiento preventivo Extractor de humo móvil Miller

|    |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB<br>MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS            |   |  |                             | MTOP-001<br>Versión 1        |
|---|---|---|---|--|-----------------------------|------------------------------|
| <b>EQUIPO:</b><br>EXTRACTOR DE HUMO MOVIL MILLER  |   | <b>TAG:</b><br>MET-EXM-01<br>MET-EXM-02<br>MET-EXM-03                                 | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA |  |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 1       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)  |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS |   | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.   | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH  | RECURSO  | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1   | Verificar que el indicador de presión, se encuentre en la franja de color verde. De lo contrario cambiar filtro.  | Diario  | 0.2   | 1  | OPERADOR                    | -                            |
| 2   | Desmontar el filtro y limpiarlo aplicándole aire seco presurizado. Aplicarlo desde la parte interna a la externa. | Mensual   | 1   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 3   | Limpiar el equipo (interna y externamente). Aplicar lubricante anticorrosivo en la parte interna.                 | 6 Meses   | 2   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 4   | Lavar la rejilla de campana de captura del ducto tipo brazo de succión.   | 6 Meses   | 1   | 1  | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 5   | Reemplazar el filtro de aire. Referencia #300 540 Self-cleaning MILLER.   | 12 Meses  | 1.5   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 6   | Retirar el ducto tipo brazo de succión. Limpiar su interior aplicando aire presurizado.                           | 12 Meses  | 1.5   | 1  | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES   |   |   |   |  |                             |                              |
| <b>Elementos de Protección Personal</b><br>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción  |   |   |   |  |                             |                              |
| <b>Recomendaciones</b><br>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.  |   |   |   |  |                             |                              |
| <b>Contacto de repuestos</b><br>Contactar CODINTER S.A. COLOMBIA a través del sitio web: <a href="http://www.codinter.com/contactenos/">http://www.codinter.com/contactenos/</a> , Email: <a href="mailto:serviclientecali@codinter.com">serviclientecali@codinter.com</a> o llamando al Telefono +57-2 3351214 COLOMBIA. |   |   |   |  |                             |                              |
| Nombre:<br>Reg:   |   | Nombre:<br>Reg:   |   |  | Nombre:<br>Reg:             |                              |
| OPERADOR  |   | INGENIERO DE MANTENIMIENTO  |   |  | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO  |                              |

## Plan de mantenimiento preventivo Extractor de humo fijo Lincoln

|   |   | DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO - GRB   |  |                            |                             | MTOP-001                     |
|--|---|---|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|  |   | MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE EQUIPOS   |  |                            |                             | Versión 1                    |
| <b>EQUIPO:</b><br>EXTRACTOR DE HUMO FIJO LINCOLN   |   | <b>TAG:</b><br>MET-EXF-01<br>MET-EXF-02   | <b>UBICACIÓN:</b><br>TALLER DE METALISTERÍA    |                            |                             | <b>HOJA:</b><br>1 de 1       |
| <b>GRUPO DE TRABAJO:</b><br>MANTENIMIENTO DÍA A DÍA TALLERES (MDDTA)   |   | <b>FACILITADORES:</b><br>DARWIN HARLEY ARÉVALO VACA<br>WILLIAM ANDRÉS URQUIJO LUENGAS | <b>AUDITOR:</b><br>Ing. CARLOS BORRÁS PINILLA. |                            | <b>FECHA:</b><br>12/07/2014 |                              |
| No.  | DESCRIPCIÓN   | FRECUENCIA  | HH   | RECURSO                    | ASIGNADO                    | INSTRUCCIÓN SEGURIDAD        |
| 1  | Activar el sistema de autolimpiado de filtro.   | Semanal   | 0.25   | 1                          | OPERADOR                    | -                            |
| 2  | Retirar los residuos de soldadura alojados en el reflector de luz de las 4 campanas de captura. Aplicar líquido penetrante Loctite. | 2 Semanas   | 0.25   | 1                          | OPERADOR                    | -                            |
| 3  | Descargar el material acumulado en los depósitos de almacenamiento de residuos.   | Mensual   | 1  | 1                          | OPERADOR                    | Aislamiento Seguro de Equipo |
| 4  | Desmontar el filtro y limpiarlo aplicándole aire seco presurizado. Aplicarlo desde la parte interna a la externa.                   | 6 Meses   | 1  | 1                          | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 5  | Lavar la rejilla de campana de captura de los 4 ductos tipo brazo de succión.   | 6 Meses   | 1  | 1                          | SMCELE                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| 6  | Reemplazar el filtro de aire. Referencia Pull Air-Lincoln.  | 24 Meses  | 1  | 1                          | SMCMEC                      | Aislamiento Seguro Eléctrico |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES  |   |   |  |                            |                             |                              |
| <p><b>Elementos de Protección Personal</b><br/>Casco de Seguridad, Gafas de Seguridad, Máscara de Protección, Guantes de Nitrilo, Guantes de baqueta, Botas de Seguridad, Tapa oídos de insercción</p> <p><b>Recomendaciones</b><br/>Es importante que el ejecutor del mantenimiento siga las instrucciones de seguridad de acuerdo al tipo que se indique.</p> <p><b>Contacto de repuestos</b><br/>contáctese con LINCOLN SOLDADURAS DE COLOMBIA, LTDA al PBX: (57 1) 247-0585 o a través del sitio Web: <a href="http://www.lincolnelectric.com.co/">http://www.lincolnelectric.com.co/</a>, Email de ventas: <a href="mailto:ventas@lincolnelectric.com.co">ventas@lincolnelectric.com.co</a>, Bogotá Colombia.</p> |   |   |  |                            |                             |                              |
| Nombre:<br>Reg:  |   | Nombre:<br>Reg:   |  | Nombre:<br>Reg:            |                             |                              |
| OPERADOR   |   | INGENIERO DE MANTENIMIENTO  |  | PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |                             |                              |