

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE WORKOVER
DE LA EMPRESA SERINCO DRILLING S.A. SEDE BARRANCABERMEJA**

**BRAYAN YORLEY GUERRERO RODRÍGUEZ
MAURICIO SIERRA CARO**

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

2018

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE WORKOVER
DE LA EMPRESA SERINCO DRILLING S.A. SEDE BARRANCABERMEJA**

**BRAYAN YORLEY GUERRERO RODRÍGUEZ
MAURICIO SIERRA CARO**

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

**DIRECTOR
PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO
Magíster en Ingeniería Mecánica**

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

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios quien siempre me ha bendecido, me ha guiado por el buen camino y porque gracias a Él he alcanzado esta meta como profesional que llena mi vida de orgullo y felicidad.

A mi madre Rubiela Rodríguez y mi padre Salvador Guerrero. Por su gran labor como padres, por su sacrificio diario para brindarme siempre lo mejor, por la confianza que siempre me brindaron, por todos y cada uno de los valores que me inculcaron, por enseñarme a ser un excelente hijo y una excelente persona.

A mi hermana Sandy Guerrero, por su gran amor y apoyo hacia la familia, por ser mi cómplice y amiga. A mi hermano Santiago Guerrero por su gran carisma y alegría. A ellos dos porque siempre han puesto en mí una sonrisa aún en los momentos difíciles; mi respeto y admiración siempre.

A Angie Carolina Campos, mi novia y mejor amiga. Por estar a mi lado ofreciéndome todo su amor, por ser una gran mujer y por ser mi compañera durante estos últimos siete años los cuales han estado llenos de felicidad y momentos inolvidables.

A mi familia Guerrero y familia Rodríguez por sus buenos deseos, por esa voz de aliento para seguir siempre adelante, por su cariño y afecto ofrecido siempre.

A mis amigos y compañeros que han hecho parte de este proceso quienes de alguna u otra manera con su amistad y compañerismo me ayudaron a lograr esta meta.

Brayan Yorley Guerrero Rodríguez.

A Dios primeramente por todas las bendiciones que me ofrece a diario y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante en mi vida como lo es mi formación profesional.

A mi padre que le debo todo en la vida formándome como una persona íntegra, le agradezco el cariño, la paciencia, el ánimo e inculcarme la perseverancia, brindándome así un apoyo incondicional para lograr ese objetivo que nos trazamos al inicio de esta profesión.

A mi madre por haberme educado correctamente y soportado mis errores, gracias por haberme enseñado valores en especial ese don de la responsabilidad, teniéndolo presente para toda mi vida. ¡Gracias por darme la vida!

A mi hermano que estuvo presente y pendiente siendo siempre mi mano derecha para poder culminar mi profesión, gracias por todo el apoyo y la amistad.

A el coordinador de mantenimiento e ing. Daniel Santiago Useche Landinez y toda persona de SERINCO DRILLING S.A. por todo su tiempo, sacrificio, apoyo incondicional, y enseñanza que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

A todo mi vínculo familiar por haberme acompañado en todo mi trayecto estudiantil con sus buenos consejos y enseñanzas y todo aquel que participo directa e indirectamente en este logro tan importante como lo es el proyecto de grado.

Mauricio Sierra Caro.

AGRADECIMIENTOS

A SERINCO DRILLING S.A. por darnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto de grado con modalidad de práctica empresarial para culminar con nuestra formación como Ingenieros Mecánicos.

Al Representante legal de la empresa Silvio Fabian Sarmiento Urrea y al coordinador de mantenimiento Ingeniero Daniel Sebastián Useche Landinez por brindarnos todo su apoyo, tiempo, comprensión y amabilidad en este proceso.

Al Ingeniero Pedro José Díaz Guerrero director del proyecto por brindarnos su tiempo, colaboración y orientación encaminado a la realización de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander en especial la escuela de Ingeniería Mecánica y su cuerpo docente quienes principalmente nos formaron como profesionales íntegros.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. OBJETIVOS.....	24
1.1 OBJETIVO GENERAL	24
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	25
2.1 RESEÑA HISTORICA.....	25
2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	26
2.2.1 Organigrama.....	26
2.2.2 Misión.....	26
2.2.3 Visión.....	26
2.2.4 Valores Corporativos.	26
2.3 UBICACIÓN BASE BARRANCABERMEJA.....	27
2.4 INSTALACIÓN Y EQUIPOS SEDE BARRANCABERMEJA	28
2.5 PARTES DEL EQUIPO DE WORKOVER.....	34
2.5.1 Workover RIG.....	34
2.5.2 Sistema de Levantamiento.....	34
2.5.3 Sistema de Circulación.	40
2.5.4 Sistema de Rotación.....	42
2.5.5 Sistema de Potencia.....	44
2.5.6 Sistema de Control de Pozo	47
2.6.7 Tráiler.....	50
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	52
3.1 DEFINICIONES	52

3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	52
3.2.1 Mantenimiento Correctivo.	52
3.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	52
3.2.3 Mantenimiento Predictivo.....	52
3.3 METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL MANTENIMIENTO.....	53
3.3.1 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad / Confiabilidad (RCM).....	53
3.3.2 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).....	55
3.3.3 Árbol lógico de decisiones	56
3.3.4 Hoja de Decisiones.	56
3.3.5 Análisis de criticidad	56
3.4 DEFINICIÓN DE WORKOVER	57
3.5 SOFTWARE DE MANTENIMIENTO.....	57
4. INVENTARIO Y CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS	59
4.1 CODIFICACIÓN.....	59
4.1.1 Código del Nombre del Equipo.	59
4.1.2 Código para Workover al que pertenecen.....	60
4.1.3 Código número correlativo.	61
4.2 LISTADO DE ACTIVOS	61
4.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	63
4.3.1 Método de factores ponderados.	63
4.3.2 Matriz de criticidad de los activos	65
4.3.3 Resultados de la Matriz de criticidad.	67
4.3.4 Análisis de criticidad para el equipo más crítico (Planta Eléctrica).	70
5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	72
5.1 REEMPLAZO DE EQUIPOS, SUBCONJUNTOS, COMPONENTES O PIEZAS.	74
5.2 CONSERVACIÓN, REVISIÓN O RESTAURACIÓN DE ITEMS.....	74
5.3 RUTINAS DE INSPECCIÓN Y CHEQUEOS DE RECORRIDA.....	75
5.4 LIMPIEZA INSPECCIÓN LUBRICACIÓN Y AJUSTE (LILA).	75

5.5 APLICACIÓN DE PROTOCOLOS DE CALIBRACIÓN.....	75
5.6 ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CADA EQUIPO.....	75
5.6.1 Planta eléctrica.	75
5.6.2 Servo-Transmisión Allison.	77
5.6.3 Motor Cummins.....	78
5.6.4 Motor Detroit.	81
5.6.5 Motor Caterpillar.	84
5.6.6 Bombas Centrifugas.	87
5.6.7 Bomba De Lodos.	88
5.6.8 Preventora Anular.	90
5.6.9 Preventora Tipo RAM.	91
5.6.10 Bloque Viajero.....	92
5.6.11 Malacate.	93
5.6.12 Corona.	94
5.6.13 Winche Hidráulico.	94
5.6.14 Moto Reductores (Agitadores en Tanques de Lodos).....	95
5.7 MANTENIMIENTO DIARIO (NO RUTINARIO)	95
5.7.1 Solicitud de Trabajo.	96
5.7.2 Orden de Trabajo.....	97
5.7.3 Formato de Rutina de Mantenimiento Diario.....	97
5.7.4 Reporte de Falla y Reparación.	98
5.7.5 Reporte de Mantenimiento del Equipo.....	99
5.7.6 Solicitud de Materiales.....	99
5.7.7 Acta Entrega de Turno.....	100
6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD/CONFIABILIDAD (RCM)...	108
6.1 ÁRBOL JERÁRQUICO DE LOS EQUIPOS MÁS CRÍTICOS	109
6.1.1 Sistemas y Subsistemas.....	109
6.2 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)	110

6.3 HOJAS DE DECISIÓN.....	121
6.4 PLAN DE MANTENIMIENTO (Unidad Básica)	131
7. SOFTWARE DE MANTENIMIENTO SERINCO DRILLING S.A.	133
7.1 INSTALACION DEL MP SOFTWARE	133
7.2 DESCRIPCION DEL MP SOFTWARE	135
7.2.1 Catálogos de Equipos y Localización.	136
7.2.2 Planes de Mantenimiento.....	137
7.2.3 Control De Lecturas	138
7.2.4 Calendarios.....	139
7.2.5 Mantenimiento No Rutinario.....	140
7.2.6 Recursos.....	141
7.2.7 Ordenes de Trabajo	142
7.2.8 Análisis de Información	145
7.3 CAPACITACIÓN.....	148
7.3.1 Documentación.....	148
7.3.2 Taller de Capacitación para la Implementación del Software MP	149
8. CONCLUSIONES	154
9. RECOMENDACIONES.....	156
BIBLIOGRAFÍA.....	157

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Equipos Susceptibles al Mantenimiento.....	29
Cuadro 2. Descripción Workover RIG D5 – WILSON 42B-DD.....	30
Cuadro 3. Descripción Workover RIG D8 – SKYTOP HP4210.....	32
Cuadro 4. Código del nombre del equipo.	59
Cuadro 5. Código para Workover al que pertenecen.....	61
Cuadro 6. Listado de Activos.	61
Cuadro 7. Formato para análisis de criticidad.....	64
Cuadro 8. Resultados Matriz de Criticidad.....	67
Cuadro 9. Código del Nombre del equipo o sistema.....	71
Cuadro 10. Código del sistema al que pertenece.	71
Cuadro 11. Códigos sugeridos para los sistemas de la planta eléctrica.	71
Cuadro 12. Resultados Matriz de criticidad de la Planta eléctrica.	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logotipo SERINCO DRILLING S.A.....	25
Figura 2. Organigrama Base Barrancabermeja.	27
Figura 3. Ubicación SERINCO DRILLING S.A. Base Barrancabermeja.	28
Figura 4. Layout Equipos de Workover en la Base.	29
Figura 5. Workover RIG.	34
Figura 6. Bloque Viajero.	35
Figura 7. Malacate.	35
Figura 8. Corona.	36
Figura 9. Torre.	36
Figura 10. Gancho.	37
Figura 11. Cable.	37
Figura 12. Elevador de Varilla.....	38
Figura 13. Elevador de Tubería.	38
Figura 14. Llave Hidráulica de Varilla.	39
Figura 15. Llave Hidráulica de Tubería.	39
Figura 16. Winche Hidráulico.....	40
Figura 17. Encuelladero.....	40
Figura 18. Frac Tank.....	41
Figura 19. Bomba de Lodos.....	41
Figura 20. Tubo Vertical (Stand Pipe).....	42

Figura 21. TEA.....	42
Figura 22. Mesa Rotaria.	43
Figura 23. Power Swivel.	43
Figura 24. Motor Cummins.	44
Figura 25. Motor Detroit.	44
Figura 26. Motor Caterpillar.	45
Figura 27. Servo-Transmisión Allison.	45
Figura 28. Bombas Centrifugas.	46
Figura 29. Moto-Reductores.	46
Figura 30. Caja Angular.	47
Figura 31. Planta Eléctrica.....	47
Figura 32. Preventora Anular.....	48
Figura 33. Preventora tipo RAM.....	48
Figura 34. Acumuladores.....	49
Figura 35. Poor Boy.	49
Figura 36. Choke Manifold.....	50
Figura 37. Tráiler Company Man.	50
Figura 38. Tráiler Supervisor y Comedores.	51
Figura 39. Diseño de codificación.	59
Figura 40. Formato factores ponderados.....	64
Figura 41. Matriz de criticidad.....	66
Figura 42. Formato de Mantenimiento Preventivo	73
Figura 43. Formato Solicitud de Trabajo.....	101

Figura 44. Formato Orden de Trabajo.	102
Figura 45. Formato Rutina de Mantenimiento Diario – Equipo de Workover	103
Figura 46. Formato Reporte de Falla y Reparación.	104
Figura 47. Formato Reporte de Mantenimiento de Equipo.	105
Figura 48. Formato Solicitud de Materiales (Mantenimiento).....	106
Figura 49. Formato Acta de Entrega de Turno.	107
Figura 50. Diagrama de Flujo para la Aplicación del RCM.	109
Figura 51. Árbol Jerárquico.....	110
Figura 52. AMEF para el Generador.....	112
Figura 53. AMEF para la caja de distribución.	113
Figura 54. AMEF para la iluminación general.	113
Figura 55. AMEF para los motores eléctricos.	114
Figura 56. AMEF para el Bloque viajero.	115
Figura 57. AMEF para el Malacate.	116
Figura 58. AMEF para el Winche Hidráulico.	116
Figura 59. AMEF para la Corona.	117
Figura 60. AMEF para los Acumuladores	118
Figura 61. AMEF para las Preventoras.....	119
Figura 62. AMEF para el Choke Manifold.....	120
Figura 63. AMEF para el Poor Boy.	121
Figura 64. Árbol Lógico de Decisión.	123
Figura 65. Hoja de Decisión del Generador.....	124
Figura 66. Hoja de Decisión de la caja de distribución.	125

Figura 67. Hoja de Decisión de los motores eléctricos.	126
Figura 68. Hoja de Decisión de la iluminación general.	127
Figura 69. Hoja de Decisión del Bloque viajero.	127
Figura 70. Hoja de Decisión del Malacate.	128
Figura 71. Hoja de Decisión de la Corona.	128
Figura 72. Hoja de Decisión del Winche hidráulico.	129
Figura 73. Hoja de Decisión de los Acumuladores.	129
Figura 74. Hoja de Decisión de las Preventoras.	130
Figura 75. Hoja de Decisión del Choke Manifold.	130
Figura 76. Hoja de Decisión del Poor Boy.	131
Figura 77. Requerimientos mínimos de hardware versión monousuario.	134
Figura 78. Requerimientos mínimos de hardware en el servidor.	134
Figura 79. Requerimientos mínimos de hardware en la estación de trabajo.	135
Figura 80. Interfaz MPSoftware.	135
Figura 81. Catálogos equipos.	136
Figura 82. Catálogos Localizaciones.	137
Figura 83. Catálogo de Planes.	138
Figura 84. Control de Lecturas.	139
Figura 85. Calendarios Condensado Anual por Equipo.	140
Figura 86. Calendarios Extendido para varios Equipos.	140
Figura 87. Registro de Trabajos para Mantenimiento No Rutinario.	141
Figura 88. Ciclo de Mantenimiento Rutinario.	142
Figura 89. Proceso de una Orden de Trabajo no Rutinario.	143

Figura 90. Fase 2 - Ordenes de Trabajo Abiertas.....	144
Figura 91. Vista previa de la Orden de Trabajo impresa.....	145
Figura 92. Análisis de Fallas y Causa Raíz.	146
Figura 93. Gráfica Programado vs. Realizado.	147
Figura 94. Gráfica Costos, Fallas, Paros, etc.....	147
Figura 95. Acta No. 01 del Taller de capacitación.....	151
Figura 96. Acta No. 02 del Taller de capacitación.....	152
Figura 97. Acta No. 03 del Taller de capacitación.....	153

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Carta de recibido SERINCO DRILLING S.A.....159

(Los siguientes anexos están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS)

Anexo B. Descripción y matriz de hallazgo de los equipos de workover base Barrancabermeja.

Anexo C. Inventario de Equipos y Herramientas RIG D5.

Anexo D. Inventario de Equipos y Herramientas RIG D8.

Anexo E. Criticidad de Activos base Barrancabermeja.

Anexo F. Formatos para el Mantenimiento diario.

Anexo G. Formatos de Mantenimiento Preventivo – Equipos Críticos.

Anexo H. Hoja de vida Workover RIG D5 – 2018.

Anexo I. Hoja de vida Workover RIG D8 – 2018.

Anexo J. Criticidad del Equipo más crítico en la operación de Workover.

Anexo K. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

Anexo L. Hojas de Decisión.

Anexo M. Prueba de Funcionamiento del Software.

RESUMEN

TÍTULO:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE WORKOVER DE LA EMPRESA SERINCO DRILLING S.A. SEDE BARRANCABERMEJA*

AUTORES:

BRAYAN YORLEY GUERRERO RODRÍGUEZ

MAURICIO SIERRA CARO**

PALABRAS CLAVES:

Plan de mantenimiento preventivo, mantenimiento, Software de mantenimiento, Workover, Metodología RCM, Matriz de criticidad, AMEF.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se realiza debido a la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo de la empresa SERINCO DRILLING S.A. realizando una mejora de calidad en su producción llevando un control relevante del estado de los equipos de workover en cuanto a su vida útil, funcionamiento y confiabilidad.

Mediante el desarrollo de este proyecto se busca que la empresa obtenga beneficios de mejoramiento en sus procesos, creciendo en la industria llevando a cabo metodologías de mantenimiento preventivo como lo son el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) y el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) a los equipos más críticos evitando así paradas no programadas o inesperadas y disminuyendo averías imprevistas que impidan con los planes de producción generando una mayor confiabilidad y disponibilidad en sus equipos de workover disminuyendo al mismo tiempo costos de mantenimiento.

El desarrollo del plan de mantenimiento designado necesita trabajarse en conjunto con el área de operaciones y mantenimiento, y a su vez debe ser apoyada a nivel gerencial.

Finalmente, la implementación de un software de mantenimiento que mejorara y facilita las ordenes de trabajo y el manejo de los activos donde se pueda tratar fácilmente y la información este organizada, contribuyendo con una reducción de tiempo en los registros y obtener una información más severa, cómoda y ágil de los equipos que se deban inspeccionar en su debido tiempo de trabajo.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Pedro J. Díaz Guerrero.

ABSTRACT

TITLE:

PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR WORKOVER EQUIPMENT OF SERINCO DRILLING S.A. BARRANCABERMEJA SEDE*

AUTHORS:

BRAYAN YORLEY GUERRERO RODRÍGUEZ

MAURICIO SIERRA CARO**

KEY WORDS:

Preventive Maintenance Plan, Maintenance, Maintenance Software, Workover, RCM Methodology, Criticality Matrix, AMEF.

DESCRIPTION:

This project is carried out due to the need to implement a preventive maintenance plan of the company SERINCO DRILLING S.A. carrying out a quality improvement in its production carrying a relevant control of the state of the workover equipment in terms of its life Useful, performance and reliability.

Through the development of this project it is sought that the company obtain benefits of improvement in its processes, growing in the industry carrying out preventive maintenance methodologies such as the maintenance based on the reliability (RCM) and the Analysis of mode and fault effect (FMEA) to the most critical teams thus avoiding unscheduled or unexpected stops and reducing unforeseen failures that prevent with the production plans generating a greater reliability and availability in their equipment of workover decreasing maintenance costs at the same time.

The development of the designated maintenance plan needs to be worked on in conjunction with the area of operations and maintenance, and in turn must be supported at the management level.

Finally, the implementation of a maintenance software that improves and facilitates the work orders and the management of the assets where it can be easily treated, and the information is organized, contributing with a reduction of time in the registers and obtaining More severe, comfortable and agile information of the equipment to be inspected in due time of work.

* Graduation Project.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Eng. Pedro J. Díaz Guerrero.

INTRODUCCIÓN

Dentro del régimen de industrias siempre se busca reducir costos y aumentar la productividad pues se vive en una constante competencia y rivalidad empresarial a nivel mundial, por esto, no se puede dejar de un lado la importancia que tienen los equipos en cuanto a su disponibilidad y confiabilidad en sus operaciones, la industria petrolera y específicamente en el campo del workover, donde manejan herramientas, piezas de gran tamaño y potencia que en el momento de una eventual falla probablemente termina con graves heridos e incluso ocasionando fallecimiento a trabajadores, Estas fallas por lo general son previsibles y pueden evitarse llevando a cabo rutinas de mantenimiento preventivo que conlleva; salvamiento de vidas humanas, preservación del medio ambiente, mayor producción y mejorando el prestigio de la empresa, encaminando hacia aumento de ganancias en general.

La realización de este proyecto tiene como propósito mejorar los programas de mantenimiento dentro de la empresa con un software y metodologías de mantenimiento en el que la información de los activos se pueda manejar fácilmente y este organizada llegando incluso a predecir fallas de los equipos con sus tiempos estipulados al cumplimiento de su trabajo o ciclo de vida.

Se busca reducir los tiempos de registro como lo son el llenado de fichas técnicas, permitir que la empresa tenga soluciones rápidas a la hora de presentarse una parada inesperada o un fallo de un activo, buscando que estas paradas y fallos se generen a largo plazo incluso el punto de mayor ganancia es que algunas averías no se generen. Siendo este proyecto viable y muy importante porque brindara en los equipos de workover de la empresa SERINCO DRILLING S.A. sede Barrancabermeja, una adecuada seguridad, confiabilidad y disponibilidad en la industria.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para equipos de Workover de la empresa SERINCO DRILLING S.A. sede Barrancabermeja, aportando con la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, en la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Actualizar la base de datos con la información de los activos: TAG de activos, análisis con matriz de criticidad.
- Diseñar e implementar la metodología RCM para los equipos más críticos en la operación de workover.
- Realizar un Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) de los equipos de workover más críticos.
- Implementar un software de mantenimiento a la empresa SERINCO DRILLING S.A., para llevar un control adecuado de todo lo pertinente al plan de mantenimiento, además de capacitar el personal del área de mantenimiento para que lleven un correcto manejo del software.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

SERINCO DRILLING S.A., es una empresa que centra sus operaciones en la realización de mantenimiento, reacondicionamiento y completamiento a pozos de crudo, gas y agua.

Los organismos gerenciales de la compañía se encuentran radicados en la ciudad de Bogotá y los entes encargados de realizar las labores de workover directamente, deben permanecer en constante comunicación, ya que se encuentran ubicados en los campos que estipule la “Compañía operadora” a la que se le estén prestando los servicios.

Figura 1. Logotipo SERINCO DRILLING S.A



Fuente: SERINCO DRILLING S.A. [En línea]. (Recuperado en 6 agosto 2018).
Disponibile en <http://www.serincodrilling.com/index.htm>

2.1 RESEÑA HISTORICA

SERINCO DRILLING S.A, es una empresa de servicio en ingeniería, enfocada a la industria petrolera. Durante sus 20 años en la industria se fortaleció con la adquisición y adecuación de activos para el mantenimiento reacondicionamiento y perforación de pozos petroleros.

En los últimos años la empresa se certificó bajo las normas ISO 90001:2000 y OHSAS 18000 como respuesta a las exigencias que se han dado en el sector a la

concientización respecto a la importancia de mejorar los procesos al interior de la empresa.

En la última década SERINCO DRILLING S.A, ha presentado un crecimiento considerable en la industria gracias a su recurso humano técnico y activos disponible para el desarrollo de los contratos.

2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

2.2.1 Organigrama. El organigrama que se muestra en la Figura 1, muestra las relaciones que tienen las secciones de la compañía para la sede Barrancabermeja.

2.2.2 Misión. SERINCO DRILLING S.A, es una empresa enfocada a la presentación de servicios de perforación de pozos y workover, movilización y mantenimiento de equipos para la industria petrolera, sustentada en la competencia de su talento humano, su cultura de servicio y el mejoramiento continuo de sus procesos.

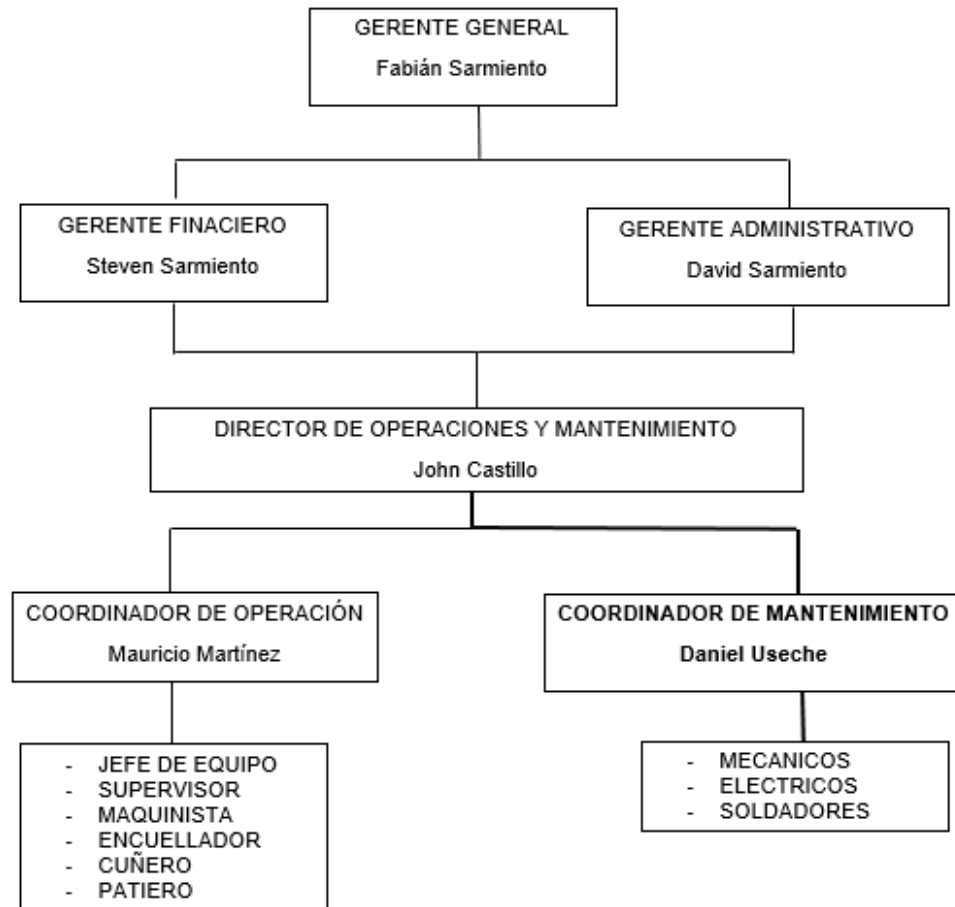
2.2.3 Visión. Para el año 2020, SERINCO DRILLING S.A, será una de las empresas líderes en servicio petroleros a nivel nacional, reconocida por la calidad y seguridad de sus operaciones, su cultura de servicio y sus aportes a la conservación del medio ambiente.

2.2.4 Valores Corporativos. SERINCO DRILLING S.A., se caracterizan por su:

- ✓ Honestidad.
- ✓ Responsabilidad.
- ✓ Cumplimiento.
- ✓ Constancia.
- ✓ Lealtad.

- ✓ Respeto.
- ✓ Trabajo en equipo.
- ✓ Sentido de pertenencia.

Figura 2. Organigrama Base Barrancabermeja.



2.3 UBICACIÓN BASE BARRANCABERMEJA

Dirección: Base La Ceiba, vereda La Ceiba, vía Barrancabermeja – El Centro

Ver figura 3.

Figura 3. Ubicación SERINCO DRILLING S.A. Base Barrancabermeja.



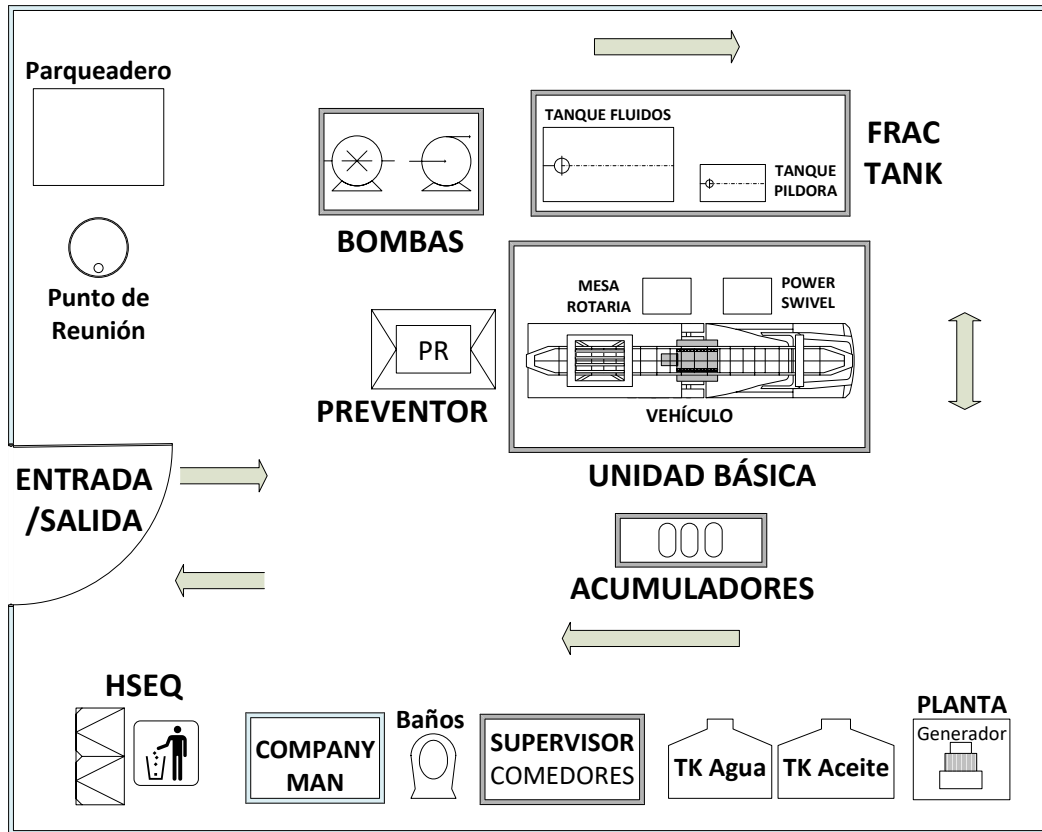
Fuente: GOOGLE MAPS. Ubicación Serinco Drilling – Barrancabermeja. [En línea]. (Recuperado en 6 agosto 2018). Disponible en <https://www.google.com/maps/place/serinco+drilling/@6.9672178,-73.7706053,23405m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e428d8b11cade79:0x533ac4aafbfe18ed!8m2!3d6.9753722!4d-73.7734444>

2.4 INSTALACIÓN Y EQUIPOS SEDE BARRANCABERMEJA

En la sede Barrancabermeja se encuentra la parte operativa en la cual se manejan todas las actividades correspondientes al Workover, por otro lado, la parte gerencial se maneja desde el municipio de Tocancipá – Cundinamarca.

La base cuenta con un espacio amplio donde se manejan dos sistemas de workover los cuales son el workover RIG D5 y el workover RIG D8, cada uno con sus respectivos equipos que son los elementos principales para la elaboración de este trabajo pues están sujetos a la aplicación del mantenimiento (Ver Cuadro 1). La distribución de los equipos dentro de la base, es decir el Layout en la operación de workover es el siguiente:

Figura 4. Layout Equipos de Workover en la Base.



Cuadro 1. Equipos Susceptibles al Mantenimiento.

EQUIPO
WORKOVER RIG
BLOQUE VIAJERO
MALACATE
CORONA
TORRE
GANCHO
CABLE
ELEVADOR DE VARILLA
ELEVADOR DE TUBERIA
LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA
LLAVE HIDRAULICA DE TUBERIA
WINCHE HIDRAULICO
ENCUELLADERO

FRAC TANK
BOMBA DE LODOS
TUBO VERTICAL (Stand Pipe)
TEA
MESA ROTARIA
POWER SWIVEL
MOTOR CUMMINS
MOTOR DETROIT
MOTOR CATERPILLAR
SERVO-TRANSMISIÓN
BOMBAS CENTRIFUGAS
MOTO REDUCTORES
CAJA ANGULAR
PLANTA ELECTRICA
PREVENTORA ANULAR
PREVENTORA TIPO RAM
ACUMULADORES
POOR BOY
CHOKE MANIFOLD
TRAILER

Cuadro 2. Descripción Workover RIG D5 – WILSON 42B-DD.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		
UNIDAD BÁSICA	SISTEMA DE LODOS	VARIOS
INFRAESTRUCTURA: 8' de ancho, 8' de alto, 8' de largo, carga rotativa de 100 toneladas, carga de retroceso 150 toneladas con rampa de puerta en V.	BOMBA DE LODO: 1 EA GARDNER DENVER TRIPLEX PAH-BFC, modelo PSGBFA con pulsación de amortiguador, 300 HP máximo 150 SPM 5" x 6". conducido por el motor DIESEL GMC 8v-71.	ACUMULADOR: sistema KOOMEY modelo W-15050-35, modelo múltiple VIK-035. con bomba triple y motor eléctrico.
MECANISMO DE ELEVACIÓN: WILSON SUPER 42B-DD, serial 10782, tambor doble, cuerda de cable de 1", con panel de consola de perforación posterior, unidad de accionamiento compuesta montada y freno hidráulico.	TANQUE DE LODO: 2 tanques de lodo EA, 7' de ancho x 7' de alto x 30' de largo montados en tres pistas de patinaje tipo campo petrolífero. incluye la siguiente palanca de	PREVENTORA TIPO RAM: tipo centinela 7 1/6" presión de trabajo 3000 PSI con arietes de tubería 2 3/8" - 2 7/8" - 3 1/2" y arietes ciegos.

	particiones completas operada, unión de martillo, 200 BBL de capacidad cada una y pistolas sumergibles.	
PORTADOR: WILSON, serie 28701, portador de 5 ejes con neumáticos 1100 x 20	BOMBA DE MEZCLA DE LODO: modelo BRAND'T MA 7.5 y MA 5 con prueba de explosión eléctrica.	PREVENTORA ANULAR: modelo HYDRILL GK 11" x 3000 PSI presión de trabajo.
MOTOR: Un motor general DETROIT diésel (1 EA) 8v-71, 400 HP 4200, entrada de 1800 RPM, carga completa 2100 RPM, con compresor de aire TU-FLO 1000, transmisión ALLISON modelo 5860.		BLOQUE VIAJERO: MCKISSICK FIG 82 con línea de 1", tamaño 20", CAP. 100 toneladas en serie, con gancho WEB WILSON 534, capacidad de gancho hidráulico 100 toneladas.
MÁSTIL: WILSON, serie 1004-96-200 DERRICK 96 'x 200000 W / 8 líneas para bloquear, ensamblaje de bloque de corona de 5 poleas, resistencia al viento 65 MHP, con manguera giratoria 35' largo x 3 "x 5500 PSI, torre telescópica con tubo vertical.		TUBO DE SOPORTE: Tubo de soporte de 3" 5M instalado, manguera giratoria F / 2" x 35FT x 5000 PSI
		ELEVADORES: B.J. 2 1/4", 72" Largo, 150 toneladas de capacidad y 108" enlaces largos.
		SWIVEL: EMSO LB-150 SWIVEL Capacidad de 150 toneladas.
		PLANTA DE ENERGÍA RIG: caseta de plataforma ligera que incluye el equipo a continuación.
		GENERADOR: 1 generador EA CAT, modelo 3306 SR4, 140KW.

		PANEL DE CONTROL: generador S 390-21, 7 1/2" x 8" y 4" x 4" compresor de doble etapa, sistema de iluminación a prueba de explosiones.
--	--	--

Cuadro 3. Descripción Workover RIG D8 – SKYTOP HP4210.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		
UNIDAD BÁSICA	SISTEMA DE LODOS	VARIOS
INFRAESTRUCTURA: 7'90" de ancho, 10' de alto, 15'5 de largo, carga rotativa 150.	BOMBA DE LODO: 1 EA GARDNER DENVER TRIPLEX PAH-BFC, modelo PSGBFA con pulsación de amortiguador, 300 HP máximo 150 SPM 5" x 6". conducido por el motor DIESEL GMC 8v-71.	ACUMULADOR: sistema KOOMEY modelo W-15050-35, modelo múltiple VIK-035. con bomba triple y motor eléctrico.
MECANISMO DE ELEVACIÓN: SKYTOP RR400 número de serie 418-0-0204, cuerda doble de tambor, tamaño 1", con panel de consola de perforación trasera y unidad de accionamiento compuesta montada, con doble freno hidráulico PARKERSBURG de 15" SR. incluyendo 9000 Ft de SWABBING, cable 9/16", OD 6X7 1 WDC.	TANQUE DE LODO: 2 tanques de lodo EA, 7' de ancho x 6' de alto x 30' de largo montados en tres pistas de patinaje tipo campo petrolífero. incluye la siguiente palanca de particiones completas operada, unión de martillo, 200 BBL de capacidad.	PREVENTORA TIPO RAM: tipo centinela 7 1/6" presión de trabajo 3000 PSI con arietes de tubería 2 7/8" - 3 1/2" y arietes ciegos.
PORTADOR: SKYTOP modelo 418, eje de 4 EA con neumáticos 1100x20.	TOLVA DE LODO: Vórtice de Tubería DEMCO que incluye un impulsor de bomba centrífuga por motor eléctrico de 30 HP, 1750 RPM	PREVENTORA DE BARRA: BANDOR o tipo equivalente UR para varilla de 1", 7/8", 3/4" y 5/8".

<p>MOTOR: Un motor general DETROIT diésel (1 EA) 8v-71, 450 HP con compresor de aire de 24 pies cúbicos, con ALLISON 5861.</p>		<p>BLOQUE VIAJERO: SOWA, cable de 1", CAP. 100 toneladas, con gancho WEB SOWA Capacidad de de gancho de hidráulico 100 toneladas.</p>
<p>MÁSTIL: SKYTOP, modelo 96-225, altura 96 FT, 225000 LBS. W / 6 líneas para bloquear, resistencia al viento 65 MHP, con manguera giratoria de 40' de largo x 2" x 5000 PSI, torre telescópica con soporte y bloque de corona con roldana de una línea rápida de 30" y cuatro (4) roldanas de 24" con control hidráulico.</p>		<p>TUBO DE SOPORTE: Tubo vertical de 2" 5M instalado, Manguera giratoria P / 3" x 40 FT.</p>
<p>WINCHE HIDRÁULICO: Winche hidráulico RAMSEY modelo T10 OR equivalente 1/2" línea de alambre.</p>		<p>ELEVADORES: B.J. 1 3/4", 72" Largo, 150 toneladas de capacidad y 108" 1 3/4" O.D. enlace largo.</p>
		<p>RESBALONES: para neumáticos de 3 1/2", 2 7/8" y 2 3/8" para el manejo de tubos.</p>
		<p>ELEVADORES DE TUBERIA: para 3 1/2", 2 7/8" y 2 3/8" para manipular el tubo 90°.</p>
		<p>PINZAS HIDRÁULICAS: pinzas para tubos FARR 2 3/8", 2 7/8", 3 1/2". mordazas</p>
		<p>PLANTA DE ENERGÍA RIG: caseta de plataforma ligera que incluye el equipo a continuación.</p>
		<p>GENERADOR: 1 generador EA CAT, modelo 3306 SR4, 140KW. Motor DIESEL CATERPILLAR.</p>

		PANEL DE CONTROL: generador S 390-21, 7 1/2" x 8" y 4" x 4" compresor de doble etapa, sistema de iluminación a prueba de explosiones.
--	--	--

2.5 PARTES DEL EQUIPO DE WORKOVER

Sus componentes son similares a las partes de un equipo de perforación de pozos. Se divide en cinco sistemas: sistema de levantamiento, sistema de circulación, sistema de rotación, sistema de potencia y sistema de control de pozos.

2.5.1 Workover RIG. Este equipo se puede mover de un lugar a otro, es decir, es un equipo portátil que se utiliza en el pozo para hacer operaciones de reacondicionamiento y mejora de la producción.

Figura 5. Workover RIG.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

2.5.2 Sistema de Levantamiento. Dentro del sistema de levantamiento se encuentran los siguientes elementos:

- **Bloque viajero.** El bloque viajero es el encargado de soportar la carga dentro de la torre y está compuesto por un conjunto de poleas múltiples.

Figura 6. Bloque Viajero.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Malacate.** Es un tambor que contiene el cable de perforación, aplicando una fuerza sobre este, está compuesto también de un cabrestante, un freno y un embrague.

Figura 7. Malacate.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Corona.** Está ubicada en la parte superior de la torre, proporcionando el soporte para suspender las herramientas por medio de una serie de poleas.

Figura 8. Corona.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Torre.** Es una torre de dos secciones telescópica es la estructura principal que se muestra en la figura 9.

Figura 9. Torre.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Gancho.** El gancho al igual que el bloque viajero, soportan la carga mientras se está operando.

Figura 10. Gancho.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Cable.** Es un cable de perforación que se encarga de la transmisión entre el sistema de potencia y el sistema de levantamiento operando en el sistema de poleas.

Figura 11. Cable.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Elevador de varilla.** Según el trabajo que se esté llevando a cabo los elevadores de varilla pueden ser de varios diámetros.

Figura 12. Elevador de Varilla.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Elevador de tubería.** Al igual que el elevador de varilla, también pueden haber de diferentes diámetros esto de acuerdo con el diámetro de la tubería con la que se esté trabajando.

Figura 13. Elevador de Tubería.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Llave hidráulica de varilla.** Es la encargada de facilitar el trabajo manual de aplicar torque dando velocidad a la operación.

Figura 14. Llave Hidráulica de Varilla.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Llave hidráulica de tubería.** Se utiliza para apretar o aflojar herramientas tubulares como lo son las tuberías de perforación.

Figura 15. Llave Hidráulica de Tubería.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Winche hidráulico.** Este dispositivo se encarga de halar la carga a través de una superficie horizontal y está impulsado por un motor hidráulico.

Figura 16. Winche Hidráulico.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Encuelladero.** El Encuelladero se refiere a la plataforma de trabajo en la parte alta de la torre, en este sitio el encuellador guía la tubería o las varillas esto quiere decir, que en él se realizan la mayoría de las operaciones.

Figura 17. Encuelladero.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

2.5.3 Sistema de Circulación. Dentro del sistema de Circulación encontramos los siguientes elementos:

- **Frac Tank.** Está compuesto de varios tanques principalmente del tanque de lodos y demás fluidos extraídos y del tanque de la píldora que es donde se mezclan los fluidos con diferentes aditivos.

Figura 18. Frac Tank.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Bomba de lodos.** Este es el componente primario dentro del sistema de circulación pues es capaz de mover grandes volúmenes de fluido a altas presiones.

Figura 19. Bomba de Lodos.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Tubo vertical (stand pipe).** Es el encargado de transportar el lodo a la unión giratoria el Stand Pipe está fijo a la parte inferior del mástil conectado con la descarga de la bomba.

Figura 20. Tubo Vertical (Stand Pipe).



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **TEA.** Ayuda a mantener el fluido óptimo para la operación, es decir en este se quema el gas que es separado del fluido por el Poor Boy.

Figura 21. TEA.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

2.5.4 Sistema de Rotación. Dentro del sistema de rotación encontramos los siguientes componentes:

- **Mesa rotaria.** Compuesta por un sistema de engranajes para realizar un movimiento de rotación controlado y dirigido hacia el Swivel o hacia la tubería de perforación.

Figura 22. Mesa Rotaria.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Power swivel.** Su función principal es soportar el peso de la sarta de perforación (tubería de perforación) y permitir que este gire libremente.

Figura 23. Power Swivel.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

2.5.5 Sistema de Potencia. Dentro del sistema de potencia se encuentran los motores, en este caso los motores Cummins, Detroit y Caterpillar transmiten la energía mecánica y son la fuente de poder de la mayoría de los equipos para que cumplan su función.

Dentro de este sistema también se encuentra otros elementos como lo son la caja angular, la planta eléctrica, entre otros.

- **Motor Cummins.**

Figura 24. Motor Cummins.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Motor Detroit.**

Figura 25. Motor Detroit.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Motor Caterpillar.**

Figura 26. Motor Caterpillar.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Servo-Transmisión Allison.** Tiene como finalidad controlar la potencia generada en el motor, convirtiéndola en fuerza velocidad y dirección.

Figura 27. Servo-Transmisión Allison.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Bombas centrifugas.** Son las encargadas de transferir la energía al fluido que viene del motor de accionamiento.

Figura 28. Bombas Centrifugas.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Moto-Reductores.** Busca disminuir la velocidad en la maquina buscando también un trabajo o torque mayor.

Figura 29. Moto-Reductores.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Caja angular.** Permite realizar transmisiones de potencia en ángulo de 90° facilitando así varias operaciones dentro del sistema de workover.

Figura 30. Caja Angular.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Planta eléctrica.** Dentro de esta, se encuentran los generadores, los motores eléctricos, las cajas de distribución, entre otros. Brinda la energía para los motores eléctricos y para iluminar el lugar de trabajo.

Figura 31. Planta Eléctrica.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

2.5.6 Sistema de Control de Pozo. Dentro del sistema de control de pozo se encuentran los siguientes elementos:

- **Preventora anular.** Dentro de este sistema y dentro de la operación de workover son parte importante pues brindan seguridad a las máquinas y al personal están sujetas a revisiones constantes para su correcto funcionamiento. Impide la salida de los fluidos por el espacio anular que existe entre la tubería y el pozo.

Figura 32. Preventora Anular.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Preventora tipo RAM.** Este componente evita que los fluidos del pozo salgan a través de la tubería.

Figura 33. Preventora tipo RAM.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Acumuladores.** Son botellas acumuladoras que controla el comportamiento de los preventores, están conformados por las botellas acumuladoras, por un motor eléctrico y un sistema oleoneumatico.

Figura 34. Acumuladores.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Poor Boy.** Dentro de este se aíslan los gases de los fluidos. Este proceso se hace antes de que llegue el lodo a los tanques y después de que hayan pasado por el Choke manifold.

Figura 35. Poor Boy.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Choke Manifold.** Está compuesto por un arreglo de tuberías y válvulas especiales que cumplen con la función de circular el fluido cuando las preventoras se cierran.

Figura 36. Choke Manifold.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

2.6.7 Tráiler. Son contenedores que se utilizan para el alojamiento de personal, oficinas, etc. En la base se cuenta con los siguientes tráileres.

- **Tráiler Company Man.**

Figura 37. Tráiler Company Man.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

- **Tráiler Supervisor y Comedores.** Container que es utilizado para comedor del personal y adicional a él se encuentra la oficina de los supervisores de seguridad y de equipos.

Figura 38. Tráiler Supervisor y Comedores.



Fuente: Archivo fotográfico SERINCO DRILLING S.A

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 DEFINICIONES

“Es la gestión llevada a cabo en las empresas cuyo desarrollo permite la más alta disponibilidad de los activos productivos con calidad y confiabilidad operacional de los bienes productivos de la compañía, para cumplir con la rentabilidad esperada por el negocio bajo estándares de seguridad y cuidado del medio ambiente a un mínimo costo”.¹

Es la actividad llevada a cabo sobre una maquina o equipo para restaurarlo o mantenerlo en un estado de condición óptima para su funcionamiento y así cumplir con la necesidad para la cual fue diseñado.

3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

3.2.1 Mantenimiento Correctivo. Mantenimiento que ocurre después de una falla. Este consiste en la reparación de las fallas a medida que se presentan, quienes dan a conocer estas fallas son los mismos usuarios.

3.2.2 Mantenimiento Preventivo. Este busca que la empresa detecte y pueda corregir desde un inicio las posibles fallas y no permitir que éstas se produzcan.

3.2.3 Mantenimiento Predictivo. El mantenimiento predictivo busca encontrar el punto de una falla futura de cualquier maquina esto con el fin de remplazar cualquier componente o tener un plan justo.

¹ BORRÁS PINILLA, Carlos. Definiciones del mantenimiento. En: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Bucaramanga: UIS, 2015. p.27.

3.3 METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL MANTENIMIENTO

3.3.1 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad / Confiabilidad (RCM)

El RCM es una filosofía de mantenimiento desarrollada durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas, es decir, es una técnica basada en el análisis funcional, organizado, lógico y documentado, para construir o modificar un plan de mantenimiento, conservando el mejor balance entre su costo y la confiabilidad del servicio.

El Mantenimiento “RCM” pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de la misma mediante:

Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.²

3.3.1.1 Las siete fases para el desarrollo del RCM.

- **Fase 1: Listado de funciones y especificaciones**

En esta fase se deben listar las funciones que debe cumplir un sistema. Para que el sistema cumpla su función, sus subsistemas también deben cumplirlas, por ello también es necesario enumerar las funciones de sus subsistemas. Los subsistemas están conformados por varios equipos, en teoría, también se deberían identificar las funciones de cada equipo, pero por ser esto una tarea que implique muchos recursos y tiempo, se pueden listar las funciones de algunos que serán llamados equipos significativos. Es importante mencionar que, si el sistema no cumple alguno de los valores de sus parámetros de funcionamiento, ya estaría incurriendo en una falla.

- **Fase 2: Determinación de fallos funcionales y técnicos**

En esta etapa se define cuáles son los fallos funcionales y técnicos, esto se hará sencillo si es que en el paso anterior hemos definido correctamente las funciones del sistema, subsistema y equipo. Los fallos funcionales se definen como aquellos que impiden que al sistema cumplir su función principal. Obviamente, las funciones más importantes son las que se ven afectadas. Los fallos técnicos hacen referencias a fallos que no impiden la función principal del sistema, pero que sí los afecta con anomalías a parte de este sistema, Estos fallos pueden afectar tanto a sistemas como subsistemas o equipos. Estos, con menos trascendencia que los funcionales, pueden afectar la vida de los equipos al producir un desgaste acelerado y conllevar a fallas funcionales. Es importante buscar información para determinar las fallas y las fuentes de información son diversas, entre ellas se encuentra el historial de averías, entrevistas con el personal de operación y mantenimiento de equipo, entre otros. Una vez recolectada, se podrán entender un poco mejor los fallos.

² LANDAETA VELÁSQUEZ, Jesús R. Establecimiento de un sistema indicador de gestión para el control de mantenimiento centrado en confiabilidad de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over) de una empresa de perforación y rehabilitación de pozos. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad de Oriente. Escuela de ingeniería y ciencias políticas. Departamento de Ingeniería Industrial, 2009, p. 21.

- **Fase 3: Determinación de modos de fallo**

Después de haber identificado los fallos por cada sistema, subsistema o equipo significativo, se puede investigar los modos de fallos. El modo de fallo se refiere a la causa primaria o inmediata que origina el fallo, está relacionada a las circunstancias o situaciones que generan un fallo. Un fallo puede tener varios modos de falla y estos a su vez, más fallas que podrían ir investigándose hasta hallar las famosas causas raíces. Lo ideal es no llevar el estudio hasta este nivel, ya que se consumirían muchos recursos y al final se podría desertar. Lo más práctico es sólo llegar a investigar hasta los modos de fallos y sus causas inmediatas, pero no más. De esta manera, en vez de profundizar el estudio hasta las causas raíces, se podrá hacer un análisis de toda una planta o zona en un tiempo prudente y optimizando recursos.

- **Fase 4: Análisis de la gravedad de los fallos y criticidad (efecto de fallo)**

En esta fase se identifican las consecuencias de cada modo de falla para luego clasificarlos según su nivel de criticidad. Para comenzar a clasificar los efectos, es necesario cuestionarse ¿qué pasa si ocurre?, con la respuesta de esta pregunta podremos definir el nivel de criticidad de la consecuencia en crítico, importante o tolerable. Un fallo de nivel crítico se considera cuando podría generar daño a la seguridad y/o al medio ambiente. También, si genera una parada de planta y/o nivel de producción. Finalmente, si el costo de la reparación de fallo más los fallos en consecuencia que genere superan determinado monto de cantidad establecido. Los fallos importantes son los que, en principio, no cumplen ninguna de las consecuencias del nivel crítico, es decir, los accidentes pueden ser graves, pero tienen baja probabilidad de que ocurran. De la misma forma, la probabilidad es baja para que ocurra una parada de planta o reducción en la capacidad de producción. Y, que el costo de reparación esté en el rango intermedio. Los fallos considerados como tolerables deben tener muy baja probabilidad de afectar la seguridad y medio ambiente, de afectar la producción y el costo de reparación de los fallos es bajo.

- **Fase 5: Determinación de las medidas preventivas (consecuencia de los fallos)**

Este es el paso más importante del RCM y en el cual, después de haber identificado los modos de fallos y sus consecuencias, se determinan cuáles son las medidas preventivas para evitar que ocurran y se reduzcan los efectos (Consecuencia de fallos no evidentes, Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad, Consecuencias operacionales, Consecuencias no operacionales). Existen cinco tipos de medidas preventivas que se aplican y son las siguientes:

Tareas de mantenimiento rutinarias Estos son las que ayudan a evitar que ocurran los fallos o minimizar sus consecuencias. Son de seis tipos: inspecciones visuales, lubricación, verificaciones con las herramientas de la misma máquina, verificaciones con herramientas externas de la máquina, tareas condicionales como limpieza, ajustes y cambios de partes de ser necesario, tareas sistemáticas que son las que se realizan con una frecuencia establecida independientemente del estado de la máquina y, finalmente, overhauls o mantenimiento cero horas.

Es importante considerar la criticidad de los efectos de los fallos para decidir qué tareas de mantenimiento rutinarias aplicamos. Asimismo, una vez identificadas las tareas que se deben aplicar al equipo, lo que sigue es definir la frecuencia de estas. Para definir su frecuencia, podemos usar técnicas estadísticas, si se conoce un historial de fallos. También, se puede utilizar alguna fórmula matemática que nos ayude a predecir la vida útil de los componentes. Y, por último, si no disponemos de la información anterior, se debe consultar con personal especialista.

Mejoras en el equipo e instalación Las mejoras que pueden aplicarse en los equipos con el fin de prevenir los fallos son los siguientes: cambios en los materiales, cambios en el diseño de las partes, instalación de sistemas, cambio de diseño de una instalación, cambios en las condiciones de operación del equipo, entre otros.

Cambios en los procedimientos de operación Esta es la medida de más bajo costo y con muy buenos resultados en contra de la generación de fallos. Algunos fallos se producen por una mala intervención del personal de mantenimiento, es por ello por lo que todo trabajo debe contar con un procedimiento escrito y muy detallado para evitar que suceda esto.

Formación del personal Es vital que el personal de mantenimiento y de operación esté correctamente formado y se actualice constantemente para que puedan ayudar a evitar un fallo o, de ser que suceda, lo puedan solucionar de manera oportuna. Para esto se debe contar con un plan programado de formación de acuerdo con las labores de cada trabajador.

- **Fase 6: Agrupación de medidas preventivas según criticidad**

En esta fase se deben agrupar los tipos de medidas preventivas analizadas en el paso anterior para que así la implementación sea más sencilla. La agrupación se dará en: plan de mantenimiento que lo conforma el grupo de tareas de mantenimiento resultado del estudio de fallos, mejoras técnicas a implementar, actividades de entrenamiento, que se refiere a la capacitación del personal, y listas de procedimientos a modificar.

- **Fase 7: Puesta en marcha del plan del mantenimiento**

Es la fase en la que se implementa el nuevo plan de mantenimiento, el cual contiene las medidas preventivas analizadas durante el estudio. Antes de comenzar con la implementación, es necesario revisarlo una vez más por si hubiese alguna omisión. Después de esta revisión, el plan de mantenimiento anterior ya debe dejarse e implementarse el nuevo lo más pronto posible. Para iniciar, se debe tener la seguridad de que se cuenta con todas las facilidades, recursos necesarios y, también, que el personal involucrado de mantenimiento esté al tanto de los detalles del nuevo plan, principalmente, que conozcan que fallos se pretende evitar. Asimismo, las listas de mejoras técnicas deberán ser expuestas para su aprobación después de un análisis de costo – beneficio.³

3.3.2 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

El análisis de los modos efectos y fallas (AMEF), constituye la herramienta principal del RCM, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.

Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante del proceso de implantación del RCM, ya que a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo RCM, los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades d mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.⁴

³ QUALITY MANT, Group. RCM: Metodología de trabajo que mejora el rendimiento de la fábrica. [En línea]. (Recuperado en 10 septiembre 2018). Disponible en <https://qualitymant.com/que-es-el-rcm/>

⁴ LANDAETA VELÁSQUEZ. Op. cit., p. 24-25.

3.3.3 Árbol lógico de decisiones

Es un método analítico que a través de una representación esquemática de las alternativas disponible facilita la toma de mejores decisiones, especialmente cuando existen riesgos, costos, beneficios y múltiples opciones. El nombre se deriva de la apariencia del modelo parecido a un árbol y su uso es amplio en el ámbito de la toma de decisiones bajo incertidumbre junto a otras herramientas como el análisis del punto de equilibrio.

Los árboles de decisión son especialmente útiles cuando:

- Las alternativas o cursos de acción están bien definidas (por ejemplo: aceptar o rechazar una propuesta, aumentar o no la capacidad de producción, construir o no una nueva bodega, etc.)
- Las incertidumbres pueden ser cuantificadas (por ejemplo: probabilidad de éxito de una campaña publicitaria, probable efecto en ventas, probabilidad de pasar de etapas, etc.)
- Los objetivos están claros (por ejemplo: aumentar las ventas, maximizar utilidades, minimizar costos, etc.).⁵

3.3.4 Hoja de Decisiones. Hace referencia al árbol lógico de decisiones, el cual busca escoger las acciones o tareas de mantenimiento correspondiente a las consecuencias de los fallos evidenciados en el ítem anterior, mediante una jerarquización de dichas consecuencias y las medidas para reducirlas, esto teniendo en cuenta cuatro (4) opciones principales:

- Fallo evidente con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente
- Fallo oculto con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente
- Fallo evidente con consecuencias económicas
- Fallo oculto con consecuencias económicas

3.3.5 Análisis de criticidad

Es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. Es el análisis de criticidad que establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgando un valor numérico o estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental y de seguridad.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones

⁵ GEO, Tutoriales. Gestión de Operaciones. [En línea]. (Recuperado en 21 agosto 2018). Disponible en <https://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/arbore-de-decision/>

acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual.⁶

3.4 DEFINICIÓN DE WORKOVER

El termino workover es usado para referirse al mantenimiento y reparación del pozo en el cual se usan técnicas como wire-line, tubería en rollo. Mas específicamente esto se refiere a procesos de sacar y reemplazar la tubería dañada.

Workover está entre las más complejas, dificultades y varios tipos de trabajos en pozos. Allí se realizan la terminación de los pozos y es inusual el trabajo con las manos. La tubería se puede dañar debido a la corrosión y esto puede ocasionar que válvulas de seguridad y las bombas eléctricas sumergibles pueden tener un mal funcionamiento llegando a la necesidad de reemplazarlas.⁷

Dentro del servicio de Workover el principal objetivo que se busca es reparar pozos existentes o buscar un aumento en la producción. Para lograr esto se hacen análisis detallados y así saber si el pozo está en condiciones óptimas de trabajo en cuanto a su localización, calidad del pozo y disponibilidad.

En general los equipos de Workover realizan su trabajo para el proceso de terminación de un pozo y así ponerlo en condiciones de producción.

3.5 SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

El Software de mantenimiento permite gestionar y almacenar toda la información relativa al mantenimiento por su extensa cantidad de elementos y activos que deberán ser chequeados dentro de la empresa.

Permite gestionar perfectamente la mayor parte de las plantas grandes y medianas específicamente a sus equipos mantenimiento (workover), permitiendo además adaptarlo a las necesidades concretas de cada una de ellas. Permite una parametrización completa del programa de forma sencilla y versátil, también

⁶ LANDAETA VELÁSQUEZ. Op. cit., p. 25-26.

⁷ LA LEYENDA. Equipos que intervienen en el trabajo petrolero. [En línea]. (Recuperado en 21 agosto 2018). Disponible en <http://proyechicontepecatg-equipos.blogspot.com/2009/07/mantenimiento-y-reparacion-de-pozos.html>

implementa el árbol jerárquico de equipos y sistemas, personal, tiempos de trabajo, control de sus activos entre otros; Permite incluso elaborar un plan de mantenimiento preventivo completo introduciendo tan solo los equipos con los que cuenta la planta para así obtener los indicadores de mantenimiento más habituales y críticos es de gran ayuda para el departamento de mantenimiento de cualquier empresa, puesto que reduce tiempos y costos dentro de sus operaciones siendo también claves para mejorar el servicio y la comunicación.

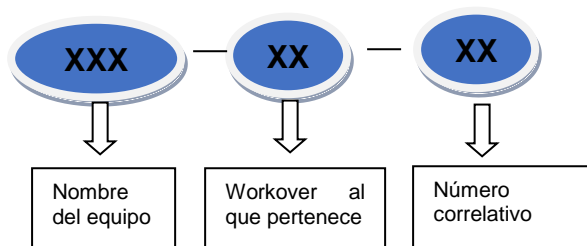
4. INVENTARIO Y CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS

4.1 CODIFICACIÓN

Para la codificación se tendrá en cuenta el nombre del equipo, el equipo de workover al que pertenece y el número de cada equipo esto con el fin de identificar cada uno de los equipos para el correcto control de mantenimiento.

La siguiente figura muestra el código alfanumérico constituido en tres partes:

Figura 39. Diseño de codificación.



4.1.1 Código del Nombre del Equipo. Se hará con las dos primeras letras del nombre del equipo, si el equipo tiene dos palabras en su nombre se hará con la primera letra del nombre del equipo seguido de la primera letra de la segunda palabra en el nombre sin tener en cuenta ningún tipo de preposición. Si el nombre de algún equipo coincide en sus primeras letras con otro ya antes codificado se adicionará una tercera letra en correspondencia al nombre.

Cuadro 4. Código del nombre del equipo.

CÓD.	EQUIPO
WR	WORKOVER RIG
BV	BLOQUE VIAJERO
MA	MALACATE
CO	CORONA
TO	TORRE
GA	GANCHO

CA	CABLE
EV	ELEVADOR DE VARILLA
ET	ELEVADOR DE TUBERIA
LLV	LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA
LLT	LLAVE HIDRAULICA DE TUBERIA
WH	WINCHE HIDRAULICO
EN	ENCUELLADERO
FT	FRAC TANK
BL	BOMBA DE LODOS
TV	TUBO VERTICAL (Stand Pipe)
TE	TEA
MR	MESA ROTARIA
PS	POWER SWIVEL
MC	MOTOR CUMMIS
MD	MOTOR DETROIT
MCA	MOTOR CATERPILLAR
ST	SERVO-TRANSMISIÓN
BC	BOMBAS CENTRIFUGAS
MRE	MOTO REDUCTORES
CAN	CAJA ANGULAR
PE	PLANTA ELECTRICA
PA	PREVENTORA ANULAR
PR	PREVENTORA TIPO RAM
AC	ACUMULADORES
PB	POOR BOY
CM	CHOKE MANIFOLD
TR	TRAILER

4.1.2 Código para Workover al que pertenecen. En la base de Barrancabermeja, SERINCO DRILLING S.A maneja dos equipos de workover denominados workover RIG D5 y workover RIG D8, su codificación está relacionada con estos dos equipos para determinar si un activo pertenece al RIG D5 o al RIG D8 (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Código para Workover al que pertenecen.

EQUIPO WORKOVER	CÓDIGO
RIG D5	05
RIG D8	08

4.1.3 Código número correlativo. Se codificará de manera consecutiva en los equipos de la misma clase pertenecientes al mismo equipo de workover.

4.2 LISTADO DE ACTIVOS

Este listado se hace de acuerdo con la codificación antes planteada

Cuadro 6. Listado de Activos.

CÓDIGO SUGERIDO	EQUIPO
WR-05-01	WORKOVER RIG D5
BV-05-01	BLOQUE VIAJERO
MA-05-01	MALACATE
CO-05-01	CORONA
TO-05-01	TORRE
GA-05-01	GANCHO
CA-05-01	CABLE
EV-05-01	ELEVADOR DE VARILLA DE 5/8"
EV-05-02	ELEVADOR DE VARILLA DE 3/4"
EV-05-03	ELEVADOR DE VARILLA DE 7/8"
EV-05-04	ELEVADOR DE VARILLA DE 1"
EV-05-05	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/8"
EV-05-06	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/4"
EV-05-07	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/2"
ET-05-01	ELEVADOR DE TUBERIA 2 3/8"
ET-05-02	ELEVADOR DE TUBERIA 2 7/8"
ET-05-03	ELEVADOR DE TUBERIA 3 1/2"
ET-05-04	ELEVADOR DE TUBERIA 4 1/2"
LLV-05-01	LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA
LLT-05-01	LLAVE HIDRAULICA DE TUBERIA
WH-05-01	WINCHE HIDRAULICO
EN-05-01	ENCUELLADERO

FT-05-01	FRAC TANK
BL-05-01	BOMBA DE LODOS
TV-05-01	TUBO VERTICAL (Stand Pipe)
TE-05-01	TEA
MR-05-01	MESA ROTARIA
PS-05-01	POWER SWIVEL
MC-05-01	MOTOR CUMMIS
MD-05-01	MOTOR DETROIT
MCA-05-01	MOTOR CATERPILLAR
ST-05-01	SERVO-TRANSMISIÓN
BC-05-01	BOMBAS CENTRIFUGAS
MRE-05-01	MOTO REDUCTORES
CAN-05-01	CAJA ANGULAR
PE-05-01	PLANTA ELECTRICA
PA-05-01	PREVENTORA ANULAR
PR-05-01	PREVENTORA TIPO RAM
AC-05-01	ACUMULADORES
PB-05-01	POOR BOY
CM-05-01	CHOKE MANIFOLD
TR-05-01	TRAILER COMPANY MAN
TR-05-02	TRAILER SUPERVISOR Y COMEDOR
WR-08-01	WORKOVER RIG D8
BV-08-01	BLOQUE VIAJERO
MA-08-01	MALACATE
CO-08-01	CORONA
TO-08-01	TORRE
GA-08-01	GANCHO
CA-08-01	CABLE
EV-08-01	ELEVADOR DE VARILLA DE 5/8"
EV-08-02	ELEVADOR DE VARILLA DE 3/4"
EV-08-03	ELEVADOR DE VARILLA DE 7/8"
EV-08-04	ELEVADOR DE VARILLA DE 1"
EV-08-05	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/8"
EV-08-06	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/4"
EV-08-07	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/2"
ET-08-01	ELEVADOR DE TUBERIA 2 3/8"
ET-08-02	ELEVADOR DE TUBERIA 2 7/8"
ET-08-03	ELEVADOR DE TUBERIA 3 1/2"
ET-08-04	ELEVADOR DE TUBERIA 4 1/2"
LLV-08-01	LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA

LLT-08-01	LLAVE HIDRAULICA DE TUBERIA
WH-08-01	WINCHE HIDRAULICO
EN-08-01	ENCUELLADERO
FT-08-01	FRAC TANK
BL-08-01	BOMBA DE LODOS
TV-08-01	TUBO VERTICAL (Stand Pipe)
TE-08-01	TEA
MR-08-01	MESA ROTARIA
PS-08-01	POWER SWIVEL
MC-08-01	MOTOR CUMMINS
MD-08-01	MOTOR DETROIT
MCA-08-01	MOTOR CATERPILLAR
ST-08-01	SERVO-TRANSMISIÓN
BC-08-01	BOMBAS CENTRIFUGAS
MRE-08-01	MOTO REDUCTORES
CAN-08-01	CAJA ANGULAR
PE-08-01	PLANTA ELECTRICA
PA-08-01	PREVENTORA ANULAR
PR-08-01	PREVENTORA TIPO RAM
AC-08-01	ACUMULADORES
PB-08-01	POOR BOY
CM-08-01	CHOKE MANIFOLD
TR-08-01	TRAILER COMPANY MAN
TR-08-02	TRAILER SUPERVISOR Y COMEDOR

4.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

Para la realización de la matriz de criticidad primero se hace un análisis para determinar la importancia de cada equipo de acuerdo con el riesgo que presenta en su condición de funcionamiento, si este falla o no.

El método para utilizar será el método de los factores ponderados donde se muestra la ponderación de determinados criterios. (ver Figura 40).

4.3.1 Método de factores ponderados. La siguiente figura muestra el formato de factores ponderados a utilizar como ejemplo para el análisis de criticidad de cada equipo.


Figura 40. Formato factores ponderados.

FRECUENCIA DE FALLAS [Fallas/Año]		COSTO DE MANTENIMIENTO [\$ USD]			
Pobre: mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual al 5 % del costo del equipo o también por valor máximo establecido Dpto Mto.	2		
Promedio: 1- 2 fallas/año	3	Inferior al 5% del costo todo el equipo ó también por valor inferior a: valor establecido Dpto Mto.	1		
Buena: 0, 5 -1 fallas /año	2	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE			
Excelente: menor de 0,5 fallas/año	1				
IMPACTO OPERACIONAL		Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización, Ministerios de salud, Ambiente, riesgos, aseguradoras, etc.	8		
Perdida de todo el despacho Operacional	10				
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7			Afecta el ambiente / instalaciones.	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4				
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	5		
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3		
No existe opción de producción y no hay función de respaldo	4				
Hay opción de respaldo compartido/almacén	2			No afecta ni provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes.	1
Función de repuesto disponible	1				

Fuente: BORRÁS PINILLA, Carlos. Análisis de Criticidad en Activos. En: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Bucaramanga: UIS, 2015. P.2.

El formato para análisis de criticidad será diligenciado y socializado por las distintas personas pertenecientes a la empresa que hagan parte de operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente. Dicho formato se muestra en la Cuadro 7 y se almacenara en un archivo de Excel y serán elaborados por activos.

Cuadro 7. Formato para análisis de criticidad.

FORMATO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
EQUIPO:		ELABORÓ:	Brayan guerrero / Mauricio Sierra	
CÓDIGO:		FECHA:	03/09/2018	

FRECUENCIA DE FALLAS		Marque con una X
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	
Promedio 1-2 fallas/año	3	
Buena 0.5-1 fallas/año	2	
Excelente menos de 0.5 fallas/año	1	
IMPACTO OPERACIONAL		
Perdida de todo el despacho	10	
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7	
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4	
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2	
Función de repuesto disponible	1	
COSTO DE MANTENIMIENTO		
Mayor o igual al 5% del costo del equipo	2	
Inferior al 5% del costo total del equipo	1	
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE		
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización	8	
Afecta el ambiente/instalaciones	7	
Afecta las instalaciones causando daños severos	5	
Provoca daños menores (ambiente- seguridad)	3	
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes	1	

4.3.2 Matriz de criticidad de los activos. La matriz de criticidad clasifica los equipos en tres categorías según sea su ubicación.

Área de sistemas No Críticos (NC) (Índice de criticidad 1-25): Son equipos que en el caso de fallar no repercutirán. Dichos equipos pueden estar sometidos a un plan de mantenimiento correctivo y se excluirán del sistema de información para la gestión de mantenimiento.

Área de sistemas de Media Criticidad (MC) (Índice de criticidad 25-59): Son equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo.

Área de Sistemas Críticos (C) (Índice de criticidad 60-200): Son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación

es de carácter urgente. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo.⁸

La Figura 41 muestra la matriz de criticidad clasificando los equipos críticos en la esquina superior derecha con color rojo, los equipos medianamente críticos en el centro con color amarillo y los equipos no críticos en la esquina inferior izquierda con color verde.

Figura 41. Matriz de criticidad.

		MATRIZ DE CRITICIDAD																																																	
FRECUENCIA	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200
	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	192	198	204	210	216	222	228	234	240	246	252	258	264	270	276	282	288	294	300
	2	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	256	264	272	280	288	296	304	312	320	328	336	344	352	360	368	376	384	392	400
	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	276	288	300	312	324	336	348	360	372	384	396	408	420	432	444	456	468	480	492	504	516	528	540	552	564	576	588	600
		CONSECUENCIA																																																	

Para el cálculo de la consecuencia total y de la criticidad se utilizarán las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Consecuencia.

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad Operacional}) + \text{Costo de Mantenimiento} + \text{Impacto HSE}$$

Ecuación 2. Criticidad.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia}$$

⁸ BORRÁS PINILLA, Carlos. Análisis de Criticidad en Activos. En: Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2015. 6p.

4.3.3 Resultados de la Matriz de criticidad. Los resultados de la matriz de criticidad se muestran en una tabla que contiene los valores ponderados de cada activo mostrando así el grado de criticidad en el que se encuentra. (ver Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados Matriz de Criticidad.

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.H.S.E	CONS	CR
BV-05-01	BLOQUE VIAJERO	2	10	2	2	8	30	60
MA-05-01	MALACATE	2	10	2	2	8	30	60
CO-05-01	CORONA	2	10	2	2	8	30	60
TO-05-01	TORRE	1	10	4	2	8	50	50
GA-05-01	GANCHO	1	4	1	1	3	8	8
CA-05-01	CABLE	1	10	1	1	8	19	19
EV-05-01	ELEVADOR DE VARILLA DE 5/8"	3	4	1	1	8	13	39
EV-05-02	ELEVADOR DE VARILLA DE 3/4"	3	4	1	1	8	13	39
EV-05-03	ELEVADOR DE VARILLA DE 7/8"	3	4	1	1	8	13	39
EV-05-04	ELEVADOR DE VARILLA DE 1"	3	4	1	1	8	13	39
EV-05-05	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/8"	3	4	1	1	8	13	39
EV-05-06	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/4"	3	4	1	1	8	13	39
EV-05-07	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/2"	3	4	1	1	8	13	39
ET-05-01	ELEVADOR DE TUBERIA 2 3/8"	2	7	2	1	8	23	46
ET-05-02	ELEVADOR DE TUBERIA 2 7/8"	2	7	2	1	8	23	46
ET-05-03	ELEVADOR DE TUBERIA 3 1/2"	2	7	2	1	8	23	46
ET-05-04	ELEVADOR DE TUBERIA 4 1/2"	2	7	2	1	8	23	46
LLV-05-01	LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA	4	4	1	1	7	12	48
LLT-05-01	LLAVE HIDRAULICA DE TUBERIA	4	4	1	1	7	12	48
WH-05-01	WINCHE HIDRAULICO	2	10	2	2	8	30	60
EN-05-01	ENCUELLADERO	1	7	4	2	8	38	38
FT-05-01	FRAC TANK	3	7	1	2	8	17	51
BL-05-01	BOMBA DE LODOS	3	10	2	2	8	30	90
TV-05-01	TUBO VERTICAL (Stand Pipe)	1	10	2	1	7	28	28

TE-05-01	TEA	1	7	2	2	7	23	23
MR-05-01	MESA ROTARIA	3	4	2	2	7	17	51
PS-05-01	POWER SWIVEL	3	4	2	2	7	17	51
MC-05-01	MOTOR CUMMINS	2	10	4	2	7	49	98
MD-05-01	MOTOR DETROIT	2	10	4	2	7	49	98
MCA-05-01	MOTOR CATERPILLAR	2	10	4	2	7	49	98
ST-05-01	SERVO-TRANSMISIÓN	2	10	4	2	8	50	100
BC-05-01	BOMBAS CENTRIFUGAS	2	10	4	2	7	49	98
MRE-05-01	MOTO REDUCTORES	2	10	2	2	8	30	60
CAN-05-01	CAJA ANGULAR	2	7	2	1	8	23	46
PE-05-01	PLANTA ELECTRICA	4	10	2	2	7	29	116
PA-05-01	PREVENTORA ANULAR	3	10	2	2	8	30	90
PR-05-01	PREVENTORA TIPO RAM	3	10	2	2	8	30	90
AC-05-01	ACUMULADORES	2	7	2	2	8	24	48
PB-05-01	POOR BOY	1	7	4	2	7	37	37
CM-05-01	CHOKE MANIFOLD	2	7	2	1	7	22	44
TR-05-01	TRAILER COMPANY MAN	1	4	1	1	3	8	8
TR-05-02	TRAILER SUPERVISOR Y COMEDOR	1	4	1	1	3	8	8
BV-08-01	BLOQUE VIAJERO	2	10	2	2	8	30	60
MA-08-01	MALACATE	2	10	2	2	8	30	60
CO-08-01	CORONA	2	10	2	2	8	30	60
TO-08-01	TORRE	1	10	4	2	8	50	50
GA-08-01	GANCHO	1	4	1	1	3	8	8
CA-08-01	CABLE	1	10	1	1	8	19	19
EV-08-01	ELEVADOR DE VARILLA DE 5/8"	3	4	1	1	8	13	39
EV-08-02	ELEVADOR DE VARILLA DE 3/4"	3	4	1	1	8	13	39
EV-08-03	ELEVADOR DE VARILLA DE 7/8"	3	4	1	1	8	13	39
EV-08-04	ELEVADOR DE VARILLA DE 1"	3	4	1	1	8	13	39
EV-08-05	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/8"	3	4	1	1	8	13	39
EV-08-06	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/4"	3	4	1	1	8	13	39

EV-08-07	ELEVADOR DE VARILLA DE 1 1/2"	3	4	1	1	8	13	39
ET-08-01	ELEVADOR DE TUBERIA 2 3/8"	2	7	2	1	8	23	46
ET-08-02	ELEVADOR DE TUBERIA 2 7/8"	2	7	2	1	8	23	46
ET-08-03	ELEVADOR DE TUBERIA 3 1/2"	2	7	2	1	8	23	46
ET-08-04	ELEVADOR DE TUBERIA 4 1/2"	2	7	2	1	8	23	46
LLV-08-01	LLAVE HIDRAULICA DE VARILLA	4	4	1	1	7	12	48
LLT-08-01	LLAVE HIDRAULICA DE TUBERIA	4	4	1	1	7	12	48
WH-08-01	WINCHE HIDRAULICO	2	10	2	2	8	30	60
EN-08-01	ENCUELLADERO	1	7	4	2	8	38	38
FT-08-01	FRAC TANK	3	7	1	2	8	17	51
BL-08-01	BOMBA DE LODOS	3	10	2	2	8	30	90
TV-08-01	TUBO VERTICAL (Stand Pipe)	1	10	2	1	7	28	28
TE-08-01	TEA	1	7	2	2	7	23	23
MR-08-01	MESA ROTARIA	3	4	2	2	7	17	51
PS-08-01	POWER SWIVEL	3	4	2	2	7	17	51
MC-08-01	MOTOR CUMMINS	2	10	4	2	7	49	98
MD-08-01	MOTOR DETROIT	2	10	4	2	7	49	98
MCA-08-01	MOTOR CATERPILLAR	2	10	4	2	7	49	98
ST-08-01	SERVO-TRANSMISIÓN	2	10	4	2	8	50	100
BC-08-01	BOMBAS CENTRIFUGAS	2	10	4	2	7	49	98
MRE-08-01	MOTO REDUCTORES	2	10	2	2	8	30	60
CAN-08-01	CAJA ANGULAR	2	7	2	1	8	23	46
PE-08-01	PLANTA ELECTRICA	4	10	2	2	7	29	116
PA-08-01	PREVENTORA ANULAR	3	10	2	2	8	30	90
PR-08-01	PREVENTORA TIPO RAM	3	10	2	2	8	30	90
AC-08-01	ACUMULADORES	2	7	2	2	8	24	48
PB-08-01	POOR BOY	1	7	4	2	7	37	37
CM-08-01	CHOKE MANIFOLD	2	7	2	1	7	22	44
TR-08-01	TRAILER COMPANY MAN	1	4	1	1	3	8	8
TR-08-02	TRAILER SUPERVISOR Y COMEDOR	1	4	1	1	3	8	8

De acuerdo con los resultados obtenidos de la matriz de criticidad, los equipos críticos ordenados de mayor a menor tanto para el workover RIG D5 como para el workover RIG D8 son los siguientes:

- Planta Eléctrica
- Servo – Transmisión
- Motor CUMMINS
- Motor DETROIT
- Motor CATERPILLAR
- Bombas Centrifugas
- Bomba de Lodos
- Preventora Anular
- Preventora Tipo RAM
- Bloque Viajero
- Malacate
- Corona
- Winche Hidráulico
- Moto Reductores

A estos equipos críticos se les hará el plan de mantenimiento preventivo óptimo para mejorar su desempeño en la producción y evitar algún tipo de fallo inesperado.

Los equipos medianamente críticos continuarán dentro del plan de mantenimiento que se lleva hasta el momento para evitar un cambio que lleve a estos equipos a convertirse en equipos críticos.

4.3.4 Análisis de criticidad para el equipo más crítico (Planta Eléctrica).

Utilizando los mismos formatos para la codificación y análisis de criticidad, obtenemos para la planta eléctrica que es el sistema más crítico lo siguiente:

Cuadro 9. Código del Nombre del equipo o sistema

CÓD.	EQUIPO
GE	GENERADOR
CD	CAJAS DE DISTRIBUCIÓN
PC	PANELES DE CONECTORES
CC	CABLES DE CONEXIÓN
ME	MOTORES ELECTRICOS
IG	ILUMINACION GENERAL

Cuadro 10. Código del sistema al que pertenece.

SISTEMA	CÓDIGO
PLANTA ELECTRICA	01

Cuadro 11. Códigos sugeridos para los sistemas de la planta eléctrica.

CÓDIGO SUGERIDO	EQUIPO
GE-01-01	GENERADOR
CD-01-01	CAJAS DE DISTRIBUCIÓN
PC-01-01	PANELES DE CONECTORES
CC-01-01	CABLES DE CONEXIÓN
ME-01-01	MOTORES ELECTRICOS
IG-01-01	ILUMINACION GENERAL

Cuadro 12. Resultados Matriz de criticidad de la Planta eléctrica.

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.H.S.E	CONS	CR
GE-01-01	GENERADOR	2	10	2	2	8	30	60
CD-01-01	CAJAS DE DISTRIBUCIÓN	2	7	2	1	8	23	46
PC-01-01	PANELES DE CONECTORES	1	10	1	1	8	19	19
CC-01-01	CABLES DE CONEXIÓN	1	4	1	1	3	8	8
ME-01-01	MOTORES ELECTRICOS	1	10	4	2	8	50	50
IG-01-01	ILUMINACION GENERAL	3	4	1	1	8	13	39

Para el plan de mantenimiento se tendrá en cuenta solo los equipos críticos y los equipos medianamente críticos.

5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo tiene como fin el reacondicionamiento o sustitución a intervalos regulares de equipos o sus componentes, independientemente de su estado actual. Esto quiere decir, que se debe establecer intervalos de tiempo para la verificación o cambio de los componentes de los equipos con el propósito de que no cumplan su vida útil de trabajo y se presente daño alguno o entren a un mantenimiento correctivo.


Objetivo: Minimizar en número y tiempo los paros en la producción, reduciendo costos de mantenimiento y llevando un correcto control y administración del mantenimiento.

Alcance: Se busca reducir los fallos en un 70% e incrementar la disponibilidad de los quipos al máximo posible.

El plan de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes críticos del Equipo de Workover se manejará en el formato MTTO.F.010 de acuerdo con sus periodos de tiempo sugeridos por los manuales de uso y por el jefe inmediato del equipo, en el cual se debe realizar el mantenimiento y su lista de verificación. (Ver ANEXO G.). En cada formato que se tiene para el cumplimiento del plan de mantenimiento, el mecánico deberá llenar los siguientes ítems.

- Número del Equipo.
- Localización en la que se encuentra el equipo en el momento de realizar el mantenimiento preventivo.
- Fecha de realización del mantenimiento.
- Modelo, Serie, y Marca.
- Número de Activo, Documento y Consecutivo.

Figura 42. Formato de Mantenimiento Preventivo

PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO		 SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA		FORMATO	
				MTO.F.010	
				Version 1	
TAREA PROGRAMADA: XXXX (Nombre del Equipo)					
Equipo N°		Modelo		Activo N°	
Localizacion		Serie		Documento N°	
Fecha		Marca		Consecutivo N°	
Periodo de mantenimiento:	HORA:	Dias Operando:		Calendario:	
<i>TOME LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD, REALICE EL PROCEDIMIENTO DE ETIQUETA Y LOQUEO DE LOS EQUIPOS, UTILICE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION APROPIADOS</i>					
LISTADO	ESTATUS			Mediciones mecanico	
	1	2	3		
1. OK	2. Incompleto(explique en los comentarios)			3. No aplica	
Comentarios/Sugerencias-Obligatorio					
Asegurese que todas las guardas y tapas estan en su lugar con todos los tornillos instalados					

MECANICO			TOOL PUSCHER		

Para la verificación del listado, el mecánico a cargo de la revisión deberá tomar la medida de seguridad adecuada, realizar el procedimiento de loqueo y etiqueta de los equipos y utilizar los elementos de protección adecuados.

El formato será clasificarlo del 1 al 3, siendo el 1 “Ok”, el 2 “Incompleto (Explique en los comentarios)” y el 3 “No aplica” y debe ser firmado directamente por el mecánico a cargo y por el Tool Puscher.

Responsables

- Coordinador de Operaciones y Proyectos Barranca.
- Coordinador de Mantenimiento.
- Asistente de Mantenimiento.
- Jefes de Equipos y Mecánicos.
- Técnicos Mecánicos y Eléctricos.

El presupuesto a utilizar en el mantenimiento preventivo será el 80% del presupuesto de mantenimiento y el 20% restante será para gastos de corrección de averías.

5.1 REEMPLAZO DE EQUIPOS, SUBCONJUNTOS, COMPONENTES O PIEZAS.

Dentro de este apartado los equipos que requieren de algún reemplazo de componentes o piezas son: las servo-transmisiones, los motores, la bomba de lodos, las bombas centrifugas, los moto-reductores y el malacate.

5.2 CONSERVACIÓN, REVISIÓN O RESTAURACIÓN DE ITEMS.

La conservación, revisión o restauración de ítems estará presente en las actividades de todos los equipos críticos a los que se les hará el plan de mantenimiento preventivo.

5.3 RUTINAS DE INSPECCIÓN Y CHEQUEOS DE RECORRIDA.

Al igual que el numeral anterior, todos los equipos tendrán rutinas de inspección ya sea inspecciones generales o en detalle de algún componente.

5.4 LIMPIEZA INSPECCIÓN LUBRICACIÓN Y AJUSTE (LILA).

Dentro de esta aplicación no todos los equipos requieren de las cuatro actividades del LILA algunos solo limpieza y ajuste, otros solo lubricación, pero en general podemos decir que todos los equipos hacen parte del proceso de LILA.

5.5 APLICACIÓN DE PROTOCOLOS DE CALIBRACIÓN

Los equipos que requieren de un protocolo de calibración son: los motores (Cummins, Detroit y Caterpillar), la preventoras (anular y tipo RAM) y el malacate.

5.6 ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CADA EQUIPO

5.6.1 Planta eléctrica. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para la Planta eléctrica debe ser de 15 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Generadores

- Verificar puesta a tierra.
- Verificar conexiones de salida (110V – 220V – 440V).
- Verificar continuidad entre fases y tierra.
- Inspeccionar la temperatura del generador.
- Inspeccionar condición del ventilador del generador.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cajas de Distribución

- Verificar puesta a tierra de las cajas de distribución.
- Inspeccionar estado de los barrajes
- Verificar continuidad de los breakers.
- Revisar que las conexiones tengan buen contacto. Ajuste.
- Inspeccionar que la prensa estopa de la caja esté en buen estado.
- Visualizar el estado de los cables (no estén sulfatados, pelados o quemados).
- Mantenga las cajas limpias.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Motores Eléctricos

- Verificar puesta a tierra.
- Inspeccionar carcasa y protector del ventilador.
- Verificar corriente del tablero del motor.
- Revisar contactor: contactos que no estén sulfatados, quemados ni pelados. Ajustar si es necesario.
- Revisar los contactos de relé térmico e inspeccionar que la escala de corriente sea el indicado para el motor.
- Inspeccionar contactos en la bornera del motor. Ajustar.
- Verificar conexión 220V – 440V.
- Limpieza general de los motores.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Iluminación General

- Verificar puesta a tierra.
- Revisar los contactos.

- Inspeccionar que las conexiones estén adecuadas tanto en tomacorrientes, interruptores y lámparas.
- Inspeccionar luminosidad de las lámparas. Cambie cuando observe baja luminosidad, intermitencia o lámpara quemada.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

5.6.2 Servo-Transmisión Allison. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento para la Servo-transmisión Allison debe ser de 1000 horas, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Cambiar el aceite y los filtros.
- Recolectar y presentar muestras de aceite para análisis.
- Verificar la condición de los tornillos de montaje y su torque.
- Verifique si hay alguna fuga de aceite por mangueras.
- Verifique si existen partículas metálicas en el filtro (si las verifique vibraciones al hacer cambios), límpielo y si a las 48 horas de trabajo persisten las partículas, desarme para revisión general.
- Verifique si la transmisión está emitiendo sonidos fuertes al hacer los cambios.
- Verifique la condición de los manómetros (si se encuentran en mal estado cámbielos). Registre los valores.
- Inspeccione, limpie y lubrique el selector de cambios. Revise estado de los orings internos. Observe que el selector esté alineado con la palanca de accionamiento de la transmisión.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

5.6.3 Motor Cummins. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para el Motor Cummins 6BT debe ser de 250 horas, 1500 horas, 6000 horas y 12000 horas, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Cada 250 horas.

- Cambie el aceite del motor y el filtro correspondiente. Recuerde llenar el filtro antes de instalarlo. No apretar demasiado.
- Cambie todos los filtros de combustible. Recuerde llenar los filtros antes de instalarlos.
- Cambie el filtro de agua.
- Recolecte muestras de aceite del motor, para realizar análisis en laboratorio y diligencie el formato de toma de muestra de aceite.
- Remueva los filtros de aire e inspeccione si hay obstrucciones o daños. Limpie la carcasa y observe si tiene desperfectos.
- Inspeccione de igual manera el indicador de restricción de aire (si hay desperfectos) y si está operando correctamente.
- Chequee condiciones y tensión de las correas del ventilador, verificar si los rodamientos tienen ruido extraño. Engrase el eje.
- Inspeccionar si el radiador está sucio o si tiene obstrucciones; de igual forma inspeccione el ventilador.
- Inspeccione si el sistema de refrigeración tiene fugas. Asegúrese que el nivel de refrigerante sea el adecuado. Revise la tapa del radiador.
- Revise tubería de admisión por mangueras agrietadas, abrazaderas flojas, roturas o pinchazos, que puedan permitir que la suciedad y restos entren al motor; apriete o cambie según sea necesario para garantizar que no hay ingreso de aire no filtrado al sistema de admisión.
- Inspeccione todas las líneas de combustible y determine si hay fugas o desperfectos.

- Asegúrese que la batería esté cargando con el alternador y verifique que el voltaje esté en el rango correcto (entre 11.5 y 13.5 Voltios).
- Verificar que el sistema de apagado de emergencia esté en operación. Se requiere probarlo físicamente.
- Inspeccionar si la tubería del exosto presenta fugas y que la tapa de protección para lluvia se encuentre en buen estado.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 1500 horas.

- Realice el ajuste de las válvulas como se especifica en el manual de servicio cummins.
- Chequear el montaje del motor por si presenta deterioro, o si están sueltos los tornillos del soporte del motor.
- Inspeccionar, verificar y ajustar adaptadores de líneas de alta y baja presión de combustible, así como los del porta-filtro.
- Inspeccione la correa del ventilador (desmóntela y revise el acanalado). Cámbiela de ser necesario.
- Verificar y lubricar cubo del ventilador.
- Verificar el cojinete del tensor de la banda.
- Revisar el ajuste del solenoide.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 6000 horas.

- Cambie el rodamiento del cubo del ventilador.
- Cambiar el rodamiento del tensor.

- Revisar rodamiento del alternador.
- Revisar el turbo cargador (medir juego axial y radial).
- Revisar bomba de agua.
- Inspeccionar fugas.
- Revisar d mper de vibración.
- Medir resistencia óhmica bobinas generador.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 12000 horas.

- Cambiar mangueras en general.
- Cambiar tapa del radiador.
- Cambiar bomba de transferencia.
- Cambiar d mper de vibración.
- Cambiar bomba de agua.
- Revisar casquetes.
- Medir presión gases del cárter.
- Realizar mantenimiento al sistema de inyección.
- Mantenimiento al alternador y motor de arranque.
- Cambiar retenedores delantero y trasero del cigüeñal.
- Cambiar empaque tapa frontal.
- Cambiar rodamiento lado libre del generador.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

5.6.4 Motor Detroit. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para el Motor Detroit debe ser de 250 horas, 2500 horas, 5000 horas y 12000 horas, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Cada 250 horas.

- Cambie el aceite del motor y el filtro correspondiente. Recuerde llenar el filtro antes de instalarlo. No apretar demasiado.
- Cambie todos los filtros de combustible. Recuerde llenar los filtros antes de instalarlos.
- Recolecte muestras de aceite del motor, para realizar análisis en el laboratorio y diligencie el formato de toma de muestras de aceite.
- Cambie el filtro del agua.
- Remueva los filtros de aire e inspeccione si hay obstrucciones o daños. Limpie la carcasa y observe si tiene desperfectos.
- Inspeccione de igual manera el indicador de restricción de aire (si hay desperfectos) y si está operando correctamente.
- Chequee condiciones y tensión de las correas del ventilador, verificar si los rodamientos tienen ruido extraño. Engrase eje.
- Revise estado de las correas del alternador.
- Inspeccionar si el radiador está sucio o si tiene obstrucciones, de ser así lávelo; de igual forma inspeccione el ventilador.
- Inspeccione si el sistema de refrigeración tiene fugas. Asegúrese que el nivel de refrigerante sea el adecuado.
- Revise tubería de admisión por mangueras agrietadas, abrazaderas flojas; roturas o pinchazos, que puedan permitir la suciedad y restos entren al motor; apriete o cambie según sea necesario para garantizar que no hay ingreso de aire no filtrado al sistema de admisión.

- Inspeccione todas las líneas de combustible y determine si hay fugas o desperfectos.
- Inspeccione tubo respiradero del cárter.
- Asegure que la batería esté cargando con el alternador y verifique que el voltaje esté en el rango correcto (entre 11.5 y 13.5 voltios).
- Inspeccionar si la tubería del exosto presenta fugas y que la tapa de protección para lluvia se encuentre en buen estado.
- Verifique que todas las guardas del motor estén ajustadas.
- Verifique que todas las tapas, cubiertas y conexiones que posea estén en buen estado y ajustadas.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre el observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto

Cada 2500 horas.

- Lubrique los rodamientos del cubo del ventilador.
- Verifique presencia de aceite en las líneas de aire, si existe se deberá planear cambio de compresor.
- Revise los soportes del motor.
- Verificar apriete de los tornillos de fijación del turbo al múltiple.
- Revise la polea de mando del alternador.
- Revise la válvula de retención de retorno del sistema de combustible.
- Inspeccione físicamente el estado de la bomba de agua, polea y presencia de agua o suciedad en el agujero de inspección (oído de la bomba).
- Revise el juego axial del turbo.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cada 5000 horas.

- Calibración de válvulas e inyectores.
- Revise los termostatos y sus respectivos sellos. Cambie si es necesario.
- Mantenimiento al motor de arranque y al alternador.
- Verificación de los códigos de falla. Utilice escáner para esta tarea con un técnico especializado.
- Verificación del porcentaje de aceleración.
- Revisión del cubo del ventilador, cambie rodamientos.
- Cambio de mangueras y abrazaderas del sistema de refrigeración.
- Realizar diagnóstico al motor. Tomar dato de relación de compresión, revisión de variables (presiones).
- Revise perla de aceleración y regulador.
- Inspeccione o repare la bomba de agua.
- Inspeccione el soplador.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cada 12000 horas.

- Inspeccione/repare culata, bielas, pistones, camisas, control de relación de combustible, seguidores de levas, bomba de transferencia, anillos de pistón, cojinetes de bielas y de bancada, inyectores de combustible (cambie si es necesario) y regulador.
- Comprobar operación de cigüeñal, cojinetes de árbol de levas, regulador, árbol de levas de la bomba de combustible y cremallera de combustible.
- Revisión y limpieza del enfriador de aceite.
- Revisión de ductos del post-enfriador.
- Revisión de ductos de los gases de escape.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

5.6.5 Motor Caterpillar. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para el Motor Caterpillar debe ser de 300 horas, 2500 horas, 5000 horas y 12000 horas, en el cual deber verificar el siguiente listado.

Cada 300 horas.

- Cambie el aceite del motor y el filtro correspondiente. Recuerde llenar el filtro antes de instalarlo. No reapretar demasiado.
- Cambie todos los filtros de combustible. Recuerde llenar los filtros antes de instalarlos.
- Recolecte muestras de aceite del motor, para realizar análisis en el laboratorio y diligencie el formato de toma de muestra de aceite.
- Cambie el filtro del agua.
- Remueva los filtros de aire e inspeccione si hay obstrucciones o daños. Limpie la carcasa y observe si tiene desperfectos.
- Inspeccione de igual manera el indicador de restricción de aire si hay desperfectos y si está operando correctamente.
- Chequee condiciones y tensión de las correas del ventilador, verificar si los rodamientos tienen ruido extraño. Engrase eje.
- Revise estado de las correas del alternador.
- Inspeccionar si el radiador está sucio o si tiene obstrucciones, de ser así lávelo; de igual forma inspeccione el ventilador.
- Inspeccione si el sistema de refrigeración tiene fugas. Asegúrese que el nivel de refrigerante sea el adecuado.
- Revise tubería de admisión por mangueras agrietadas, abrazaderas flojas, roturas o pinchazos, que puedan permitir que la suciedad y restos entren al motor; apriete o cambie según sea necesario para garantizar que no hay ingreso de aire no filtrado al sistema de admisión.

- Inspeccione todas las líneas de combustible y determine si hay fugas o desperfectos.
- Inspeccione tubo respiradero del cárter.
- Asegure que la batería esté cargando con el alternador y verifique que el voltaje esté en el rango correcto (entre 11.5 y 13.5 voltios).
- Inspeccionar si la tubería del exosto presenta fugas y que la tapa de protección para lluvia se encuentre en buen estado.
- Verifique que todas las guardas del motor estén ajustadas.
- Verifique que todas las tapas, cubiertas y conexiones que posea motor estén en buen estado y ajustadas.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cada 2500 horas.

- Lubrique los rodamientos del cubo del ventilador.
- Verifique presencia de aceite en las líneas de aire, si existe deberá planear cambio de compresor.
- Inspeccione tubo respiradero del cárter.
- Verificar apriete de los tornillos de fijación del turbo al múltiple.
- Revise la polea de mando del alternador.
- Revise la válvula de retención de retorno del sistema de combustible.
- Inspeccione físicamente el estado de la bomba de agua, polea y presencia de agua o suciedad en el agujero de inspección (oído de la bomba).
- Revise el juego axial del turbo.
- Inspeccione los soportes del motor. Verifique torque y estado de las tuercas y tornillos de estos.
- Inspección y limpieza del arnés del motor. No desconecte sensores.
- Drene sedimentos y agua del tanque de combustible.

- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cada 5000 horas.

- Calibración de válvulas e inyectores.
- Revise los termostatos y sus respectivos sellos. Cambie si es necesario.
- Mantenimiento al motor de arranque y al alternador.
- Verificación de los códigos de falla. Utilice escáner para esta tarea con un técnico especializado. Repare si es necesario.
- Revisión del cubo del ventilador, cambie si es necesario.
- Cambio de mangueras y abrazaderas del sistema de refrigeración.
- Realizar diagnóstico al motor. Tomar dato de relación de compresión, revisión de variables (presiones).
- Revise pera de aceleración y regulador.
- Inspeccione/repare bomba de agua.
- Verifique, limpie sensores de temperatura y de presión.
- Verifique, limpie sensores de velocidad y tiempo del motor.
- Limpie el after-cooler.
- Revise el sistema de escape, tuberías y abrazaderas.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cada 12000 horas.

- Inspeccione/repare culata, bielas, pistones, camisas, control de relación de combustible, seguidores de levas, bomba de transferencia, anillos de pistón, cojinetes de bielas y de bancada, inyectores de combustible (cambie si es necesario) y regulador.

- Comprobar operación de cigüeñal, cojinetes de árbol de levas, regulador, árbol de levas de la bomba de combustible y cremallera de combustible.
- Revisión y limpieza de enfriador de aceite.
- Revisión de ductos del post-enfriador.
- Revisión de ductos de los gases de escape.
- Verificación de la bomba de aceite. Reemplace de ser necesario.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

5.6.6 Bombas Centrifugas. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para las bombas centrifugas debe ser de 500 y 1500 horas, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Cada 500 horas.

- Verifique que la carcasa de la bomba no presente grietas y/o fugas.
- Lubrique la bomba en general.
- Revisar el estado del acople (rex omega, si aplica). Si presenta algún tipo de desgaste o fisura hay que cambiarlo.
- Verificar estado de la manzana de acople (que no tenga juego ni presente desgaste).
- Revisar que el cuñero no presente desgaste y los prisioneros se encuentren bien ajustado.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

Cada 1500 horas.

- Revisar sellos retenedores.

- Revisar rodamientos, si se presenta juego o sonido anormal.
- Revisar que el impeller no tenga obstáculos entre las aspas y además que no esté partido.
- Revisar el buje del impeller, que la tuerca de ajuste del impeller no esté floja (si la tiene). De igual forma, revise que la cuña se encuentre en buen estado.
- Verifique que el eje principal de la bomba no esté gastado.
- Cambie el lubricante de la bomba.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

5.6.7 Bomba De Lodos. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para la Bomba de Lodos debe ser de 250 horas, 500 horas, 2000 horas, 6000 horas y 12000 horas, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Cada 250 horas.

- Chequee las válvulas, asientos de válvulas, cauchos de válvulas, retenedores u o 'ring de las tapas, resortes, cojinetes, para observar el estado de cada uno. Cambie los que se encuentren deteriorados.
- Si aplica, desensamble los casquetes del pistón, retire los pistones y revise el estado del conjunto cabeza de pistón (rubber, tuerca y arandela). Si están deteriorados cámbielos inmediatamente.
- Si aplica, retire los plunger y revise el estado de toda la empaquetadura (stuffing box: anillos en bronce, orings, tapas de ajuste). Cambie la que se encuentre deteriorada.
- Chequee y limpie el tamix del filtro del manifold de la bomba.
- Revise todo el conjunto del sistema de enfriamiento de los pistones (tubería, mangueras, abrazaderas). Cambie el agua del tanque del almacenamiento (revise si no tiene fugas).

- Verificar fugas de aceite y reparar si es necesario.
- Si aplica, verifique el estado de correas impulsoras.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 500 horas.

- Chequee todos los espárragos y tuercas del fluid end (tornillos y tuercas entre los módulos, tornillos y tuercas del manifold de succión y descarga); si estos están sueltos deben ser apretados.
- Chequee los anillos de sello del prensaestopa de la extensión rod. Los que están gastados deben ser cambiados. Usualmente cambie estos cada 3 meses.
- Remueva y limpie el manifold de descarga.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 2000 horas.

- Revise el estado del aceite lubricante de la transmisión de la bomba (si está contaminado con agua), cambie si se presenta este problema. De igual forma tome una muestra del aceite para su respectivo análisis en el laboratorio y diligencie el formato de toma de muestra de aceite.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 6000 horas.

- Chequee si las cabezas de biela (crosshead) y guías estén flojas, además si los juegos o espacios de funcionamiento de las cabezas de biela están conforme a los requerimientos.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

Cada 12000 horas.

- Chequee completamente toda la bomba. Si los rodamientos principales, rodamientos de la cabeza de biela, rodamientos del eje de entrada están gastados o dañados.
- Chequee el desgaste o picadura de los engranajes; si hay desgaste claramente la corona debe ser reemplazada.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

5.6.8 Preventora Anular. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para la Preventora anular debe ser de 90 días y cada 2 años, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Cada 90 días.

- Realice inspección del estado del packing unit
- Verifique que las superficies de sello del packing estén en buenas condiciones.
- Inspeccione que los insertos del packing no están golpeados, verifique que el elastómero del packing no muestre desgaste en la parte externa.
- Realice prueba de funcionamiento de la preventora
- Instale tubería de prueba o con tubería de perforación.

- Realice prueba de funcionamiento cerrando y abriendo con presión hidráulica de prueba de: 500 psi y 800 psi
- Verifique que realice sello y mantenga la presión hidráulica de funcionamiento. Estos valores de presión de prueba pueden depender de la marca.

Cada 2 años.

- Realice prueba de preventora en banco
- Con tubo de prueba realiza pruebas de funcionamiento hidráulico y prueba hidrostática.
- Realice las pruebas con baja presión de 400 psi Pruebas de alta presión 800 o 1000 psi de acuerdo con el modelo.
- Reporte el resultado de las pruebas.
- Realice desarme e inspección de partes de la preventora
- Inspección áreas del bore de la tapa y del flanche, ring groove, wear plate, paredes del pistón y el cuerpo interno de la bop.
- Realice inspección dimensional. Reporte los valores.
- Realice inspección NDT con WMP a áreas del flanche y orejas de levante. Amplíe esta inspección si es necesario a otras partes críticas de la preventora
- Realice inspección de sellos de la bop
- Inspección el estado de los sellos. Reemplácelos.

5.6.9 Preventora Tipo RAM. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para la Preventora Tipo RAM debe ser de 90 días y cada 2 años, en el cual debe verificar el siguiente listado.

Cada 90 días.

- Realice prueba de funcionamiento de la preventora

- Realice Con test pump. Prueba a presión de 500, 1500 y 3000 psi
- Medir las presiones de abertura y cierre de las mordazas
- Cerrar los Rams apropiados con la barra para evitar la extrusión de los packings.
- Maniobre y pruebe los tornillos de cierre.
- Realice inspección visual en busca de fugas de aceite hidráulico en los bonnets

Cada 2 años.

- Realice Desmontaje del empilado de BOP
 - ✓ Abertura de compuertas
 - ✓ Sacar los RAMS.
 - ✓ Limpieza de las cavidades (condiciones de la superficie y dimensiones).
 - ✓ Control de piezas movibles.
 - ✓ Reemplace los sellos distintos a los de los Rams.
 - ✓ Realice inspección dimensional a la BOP. Reporte los valores obtenidos
- Prueba a la presión de operación (Operating pressure) del conjunto reparado
- Con tubo de prueba realiza pruebas de funcionamiento hidráulico y prueba hidrostática.
- Realice las pruebas con baja presión de 400 psi
- Pruebas de alta presión de acuerdo con el modelo de la preventora
- Reporte el resultado de las pruebas.

5.6.10 Bloque Viajero. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para el Bloque Viajero debe ser de 250 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Engrasar a fondo todas las poleas acanaladas (rodamientos, adaptadores).
- Verificar el ancho y profundidad de las ranuras de las poleas acanaladas según especificaciones de los fabricantes.

- Verificar todos los pernos de fijación del bloque.
- Verificar que no haya desajuste entre las poleas (movimiento de lado a lado).
- Realizar rutina de inspección visual de todo el bloque viajero para determinarle cualquier grieta o fisura.
- Revisar el mecanismo de cierre del gancho por si presenta desgaste.
- Verificar el ensamble del gancho.
- Revisar que todos los adaptadores se encuentren engrasados y en buena condición. Engrase generalmente.
- Registre última fecha de inspección de luz negra.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

5.6.11 Malacate. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para el Malacate debe ser de 120 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Cambiar el aceite del sistema de transmisión de cadenas del malacate y limpiar profundamente el carter o depósito de aceite.
- Verificar las líneas de grasa y el alcance a los puntos deseados.
- Verificar todas las posibles fugas de aceite y/o agua del conjunto del malacate.
- Inspeccionar el espesor (desgaste) del break blocks del freno del malacate. Registre la última vez que se cambiaron estos.
- Inspeccionar todo el sistema de palancaje de accionamiento del freno del malacate (Revisar que los bujes y pasadores no presenten desgaste excesivo o se encuentren en mal estado, de ser así cámbielos).
- Revisar sistema de cadenas que impulsan el malacate, verifique que todos los eslabones y uniones se encuentren en buen estado.
- Engrasar los acoplamientos principales.
- Inspecciones el estado de las chaquetas o conchas del malacate.

- Verifique que la presión de entrada de aire al air tube (Twin Disc Clutch) sea la mínima requerida (100psi) para ejercer una buena fricción entre los discos de asbesto y metálicos.
- Inspeccione y/o revise la operación de liberación de aire rápido de la válvula QRV; de igual forma revise el estado del roto seal.
- Chequear que el sistema de aire no presente fugas.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

5.6.12 Corona. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para la Corona debe ser de 250 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Engrasar todos los rodamientos de las poleas.
- Verificar que la profundidad del canal de las poleas (garganta) cumplan con las especificaciones del fabricante.
- Revisar ajuste de todos los tornillos de montaje de la corona.
- Verificar que no haya desajuste en las poleas (movimiento de lado a lado).
- Verifique las luces de la corona.
- Revise y/o inspeccione toda la plataforma de seguridad de la corona (soldadura, fisuras o partiduras).
- Registre última fecha de inspección de luz negra.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

5.6.13 Winche Hidráulico. El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para el Winche Hidráulico debe ser de 30 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Verificar que todos los tornillos de montaje se encuentren totalmente ajustados.

- Verificar el estado de las mangueras hidráulicas y sus respectivos adaptadores. Cambie de ser necesario.
- Si aplica, verificar que el nivel de aceite de la caja esté en óptima condición.
- Verificar que el control hidráulico del winche esté operando adecuadamente y se encuentre en óptimas condiciones.
- Verificar la condición del cable de acero.
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

5.6.14 Moto Reductores (Agitadores en Tanques de Lodos). El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo para los moto-reductores debe ser de 180 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Cambie el aceite al reductor.
- Engrase todos los rodamientos.
- Revise el estado del coupling.
- Verificar y reportar ruidos extraños o vibraciones anormales.
- Verificar todas las fugas de aceite y reparar si es necesario.
- Revisar estado y ajuste del eje batidor, coupling, estabilizador y las aspas del eje batidor.
- Remueva y limpie el respiradero del reductor.
- Verificar alineación entre el motor y el reductor (agitador).
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema que se haya visto.

5.7 MANTENIMIENTO DIARIO Y NO RUTINARIO

Cada uno de los formatos que se explicarán a continuación deberán ser fotocopiados dando entrega de la copia al Coordinador de Mantenimiento para que se haga el registro de la información por medio de una herramienta computacional

y de este modo, se realice el seguimiento respectivo a cada trabajo de mantenimiento que se presente en los equipos. Por otro lado, todo formato deberá ser firmado por el Jefe de Equipo (Tool Pusher), ya que de otro modo no será válido y será devuelto para su firma.

5.7.1 Solicitud de Trabajo. El formato de Solicitud de Trabajo MTO.F.001 se debe diligenciar por el mecánico cuando se presente en el equipo un mantenimiento de algún componente y debe realizarse en la Base.

Al diligenciar toda Solicitud de Trabajo MTO.F.001 se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Definir qué Equipo de Trabajo (RIG) es quien solicita el trabajo.
- Tener en cuenta el conjunto (Unidad Básica) a que aplica.
- El sistema que lo necesita (Eléctrico, Hidráulico, Mecánico o Neumático).
- El elemento (Bomba, Manguera, Arranque, Compresores, u otro) que requiere el mantenimiento.
- Tipo de mantenimiento que se le realizará al conjunto o sistema

Se debe colocar en la solicitud el nombre de la persona solicitante y la aprobación por parte del Jefe de Equipo. Todas las solicitudes generadas en campo, deben tener el visto bueno del Jefe de Equipo. De acuerdo con la magnitud de las solicitudes, estas serán atendidas en su mayor parte en el campo o equipo en el cual este ubicado el componente o sistema, sin embargo, cuando la solicitud requiere ser evaluado previamente debido los costos y repuestos que se necesiten se tomará la decisión desde la Base Barranca.

5.7.2 Orden de Trabajo. El formato de Orden de Trabajo MTO.F.002 es generado por el Coordinador de Mantenimiento, el cual lleva el seguimiento de los trabajos que se le realizan a los equipos. Por otro lado, en este formato se indica en que equipo se efectuará el trabajo y que parte se va a intervenir, así como los materiales, repuestos y tiempos utilizados. Adicional a este formato se llevará un registro fotográfico.

También se presenta un listado de las actividades a realizar de acuerdo con el tipo o alcance del mantenimiento.

Este formato se envía por correo electrónico o en físico a cada uno de los taladros y una vez ejecutado debe ser firmado por el mecánico (ejecutor) y el Tool Pusher del taladro.

Antes de la ejecución del mantenimiento se debe verificar la existencia de los materiales, insumos o elementos requeridos para cumplir con la Orden de Trabajo. Si no hay existencias, se debe seguir el procedimiento “Compra de Materiales”.

5.7.3 Formato de Rutina de Mantenimiento Diario. El formato de mantenimiento diario MTO.F.003 como su nombre lo dice se debe diligenciar todos los días por el mecánico de turno ya sea a comenzar el día o al terminar el día. En este formato se expone cada uno de los trabajos realizados y los aspectos anormales que el mecánico considere que se observaron en el equipo.

Este formato consta de un checklist, el cual incluye todos los aspectos importantes que se deben tener en cuenta en cada uno de los equipos. Los mecánicos deberán clasificar cada uno de estos aspectos de acuerdo con su estado, óptimo, regular o deficiente. En caso de que el estado sea regular o deficiente el mecánico deberá especificar el problema en el cuadro de observaciones.

El checklist comprende cada uno de los sistemas del equipo por lo cual se puede determinar un primer estado de este y tomar las medidas necesarias para solucionar cada uno de los inconvenientes que se observen. El mecánico debe diligenciar este formato con conciencia, ya que es de vital importancia que cada aspecto se clasifique de manera correcta y poder hacerle el seguimiento respectivo.

Después de una movilización y antes de arrancar la operación se deben tener en cuenta 3 aspectos importantes. El mecánico deberá realizar estas actividades para no generar tiempo perdido en la operación. Estos son:

- Revisar el correcto funcionamiento del twin stop, subiendo y bajando el bloque viajero. Calibrar si es necesario.
- Revisar el estado de las bandas del malacate.
- Lubricar los rodamientos de la polea de la corona y el bloque viajero.

Así mismo, se debe registrar las horas de trabajo de cada uno de los componentes del equipo, la presión del aceite, la temperatura del agua, el ACPM agregado y la fecha del último cambio de aceite. Esto con el fin de determinar y llevar un control de los cambios de filtros y aceite cada cierto número de horas de trabajo.

5.7.4 Reporte de Falla y Reparación. El reporte de falla y reparación MTO.F.004 es un formato que el mecánico debe diligenciar en el momento que se presente una falla o se realice una reparación de algún componente del equipo.

Cada falla que se presente se deberá clasificar de acuerdo con su sistema, ya sea mecánico, eléctrico, hidráulico o neumático, complementándolo con una breve descripción de esta.

Por otro lado, el mecánico debe marcar con una X la causa probable de la falla, estos tipos de causas abarcan todas las posibles que pueden ocurrir en el equipo.

El mecánico deberá realizar un listado de los trabajos a realizar para la reparación de la falla, así como el listado de los repuestos o insumos que se utilizarán.

5.7.5 Reporte de Mantenimiento del Equipo. El reporte de mantenimiento del equipo MTO.F.005 se debe diligenciar de tal manera el Coordinador de Mantenimiento sepa a diario que actividades fueron realizadas en el día y que actividades quedaron pendientes para el día siguiente. Esto con el fin de realizar el seguimiento de los trabajos y se lleve un control del tiempo que cada actividad toma en el día, y no interrumpa el tiempo de operación.

El mecánico debe realizar un listado de los repuestos o insumos que se utilizaron, así como la cantidad utilizada.

Por último, se deja un espacio para las observaciones y recomendaciones que puede tener el mecánico de acuerdo con lo que el observe en el equipo.

5.7.6 Solicitud de Materiales. La solicitud de materiales por parte de los mecánicos se deberá realizar por medio del formato MTO.F.006. En este formato el deberá diligenciar el área para lo cual lo necesita y el equipo.

Seguido de esto el mecánico realizará el listado de lo que necesita escribiendo unidad o sistema para lo que necesita el repuesto, después la descripción, la cantidad y por último una breve observación donde debe poner el porqué de la solicitud.

Este formato debe ir firmado por él y por el Tool Pusher, sin embargo, el mecánico hará entrega de la solicitud al Pusher para que este lo haga llegar al Coordinador de Mantenimiento o al Coordinador de Operaciones y se realice la requisición respectiva que se debe enviar al área de compras y sea autorizado por Gerencia.

5.7.7 Acta Entrega de Turno. El formato MTO.F.007 “Acta Entrega de Turno” se realiza en el Workover cada vez que hay cambio de turno del personal mecánico.

En este formato el mecánico que entrega el turno le informa por escrito al mecánico que recibe el estado de cada uno de los componentes del equipo señalados en el formato.

De igual forma informa las Órdenes de mantenimiento y requisiciones de materiales generadas, cumplidas y pendientes en su turno, además de cualquier recomendación relevante.

Finalmente, el mecánico debe dejar registrado en el acta el inventario de herramientas que se tiene para que el compañero de turno sepa lo que puede encontrar o no en la caja de herramientas.

Figura 43. Formato Solicitud de Trabajo.


SOLICITUD DE TRABAJO	 SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA		FORMATO	
			MTO.F.001	
			Versión: 1	
RIG:	CONJUNTO:	SISTEMA:		ELEMENTO:
TIPO DE MANTENIMIENTO:		Predictivo	Preventivo	Correctivo
DESCRIPCION DEL TRABAJO A REALIZAR				
CAUSA DE LA FALLA				
SOLUCION Y/O MODIFICACION				
MATERIALES				
DESCRIPCION		CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
TOTAL				
SOLICITADO POR:		APROBO POR:		

Figura 44. Formato Orden de Trabajo.


ORDEN DE TRABAJO		 SERINCO DRILLING S.A. <small>SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA</small>			FORMATO	
					MTO.F.002	
					Versión 1	
Nombre del Responsable:		Fecha de la Solicitud:		N° de Orden		
Cargo:		Hora de la Solicitud:		Eléctrico		
RIG:		Parte de Intervenir:		Mecánico		
Equipo:		Modelo:		Otro - Cuál		
Serie:				N° de Remisión		
Observación y/o motivo de la solicitud:				Categoría de Mantenimiento		
				Preventivo		
				Correctivo		
				Alistamiento		
				Predictivo		
Firma del Responsable:				Firma del Jefe de Equipo:		
Requiere Reparación Externa	Si	No	A dónde se dirige:			
TRABAJOS A REALIZAR AL ACTIVO						
Ítem	Cantidad	Descripción		Causa del Trabajo	Realizado	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Insumos: _____						
Fecha y hora de inicio:				Fecha y hora de finalización:		
Observaciones técnicas: Imprimir formato y entregar al mecánico de turno, indicar hora de inicio y finalización de la actividad de mantenimiento realizada.						
Ejecutado y Reparado	Si	No	Descripción de las Pruebas:			
Pruebas Realizadas	Si	No				
Observaciones:						
Mecánico ó Técnico Responsable		Jefe de Equipo		Jefe de Mantenimiento		
				Gerencia		

Figura 45. Formato Rutina de Mantenimiento Diario – Equipo de Workover



RUTINA DE MANTENIMIENTO DIARIO - EQUIPO DE WORKOVER		FORMATO MTO.F.003 Versión 1								
Fecha: _____ Mecánico: _____ Equipo: _____ Locación: _____										
RUTINA DE MANTENIMIENTO MECANICO										
ITEM	DESCRIPCION	1	2	3	OBSERVACIONES					
1	Verifique ruidos anormales en el funcionamiento de cada uno de los equipos									
2	Revise los niveles de aceite de los motores: Unidad Básica, generadores, planta estadio, bomba de lodos, power swivel, asimismo servotransmisiones. Agregue si es necesario.									
3	Chequee el nivel de agua del radiador de los diferentes motores del equipo y tanque de agua de suministro de la Unidad. Agregue si es necesario. Obsene si los paneles están limpios.									
4	Drenar el agua de: Tanque de ACPM, aire, secadores. De igual forma drenar filtros separadores de agua de los motores									
5	Inspeccione visualmente el estado de las correas (donde se utilicen). De ser necesario cambielas.									
6	Inspeccione posibles fugas en los mandos, mangueras y conexiones de los sistemas hidráulico y neumático									
7	Verifique el funcionamiento de la llave hidráulica de vanilla y tubería. Asimismo inspeccione sus respectivas mangueras y manómetro.									
8	Inspeccione el correcto funcionamiento de todos los indicadores (presión de aceite, temperatura, voltaje, amperaje, presión de aire).									
9	Verifique los niveles de los tanques de combustible (Unidad básica, bomba de lodos, generadores, planta estadio). Agregue si es necesario.									
10	Verifique los niveles de aceite hidráulico de la Unidad Básica y el acumulador, agregue si es necesario.									
11	Verifique que los cambios de la Unidad Básica en la consola del maquinista estén entrando y saliendo correctamente.									
12	Mantenga todos los equipos limpios a su alrededor.									
13	Inspeccione visualmente el estado de los pines y chavetas de todo el sistema palancaje del malacate principal y auxiliar de la Unidad Básica.									
RUTINAS DE MANTENIMIENTO DESPUES DE UNA MOVILIZACIÓN Y ANTES DE ARRANCAR LA OPERACIÓN										
14	Revise el correcto funcionamiento del twin stop, subiendo y bajando el bloque viajero. Calibrelo si es necesario									
15	Revise el estado de las bandas del malacate									
16	Lubrique los rodamientos de la polea de la corona y bloque viajero									
17	Revise el correcto funcionamiento de la válvula del pedal de freno, que al revisar no se vea a encontrar pegado el pedal y el émbolo de accionamiento (ANTES DE CADA MOVILIZACIÓN)				ADJUNTE CON EL REPORTE EVIDENCIA FOTOGRAFICO Y VIDEO DE LO ENCONTRADO					
HORAS TRABAJADAS E INDICADORES DE CONTROL										
MOTOR/EQUIPO	NUMERO DE SERIE	LECTURA HOROMETRO ATUAL	ACEITE AGRE.	PRES ACEITE (PSI)	TEMP. AGUA (°C)	ULTIMO DIA CAMBIO ACEITE	HRS. ULTIMO CAMBIO ACEITE	HRS. PROX. CAMBIO ACEITE	ACPM AGREGADO (Gines)	OBSERVACIONES
Motor Unidad Básica								300		
Motor BMP								300		
Planta eléctrica N° 1								300		
Planta eléctrica N° 2								300		
Planta estadio N°1								300		
Planta estadio N°2								300		
Servotransmisión Unidad Básica								1000		
Servotransmisión BMP								1000		
Power Swivel								300		
Camioneta								5000		
Total ACPM Turno (Gines) _____ Total Aceite Turno (Gines) _____										
RANGO PRESIÓN ACEITE MOTOR Y SERVOTRANSMISION MOTORES DETROIT 40 - 60PSI a 1800 RPM MOTORES CATERPILLAR 30 - 60 PSI a 1800 RPM SERVOTRANSMISIONES 160 - 210 PSI										
RANGO TEMPERATURA MOTOR Y SERVOTRANSMISION MOTOR DETROIT Y CAT 160° - 190°F SERVOTRANSMISIONES 180° - 200°F		Firma Mecánico _____ Nombre _____			Firma Tod Pusher _____ Nombre _____					
1 Optimo Abreviaturas 2 Regular 3 Deficiente										

Figura 48. Formato Solicitud de Materiales (Mantenimiento).

SOLICITUD DE MATERIALES (MANTENIMIENTO)		FORMATO		
		MTO.F.006		
		Versión 1		
FECHA: _____ HORA: _____ N° CONSECUTIVO: _____ AREA: _____ EQUIPO: _____				
ITEM	UNIDAD	DESCRIPCION	CANT	OBSERVACIÓN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
OBSERVACIONES:				
NOMBRE DE QUIEN SOLICITA: _____ NOMBRE DE QUIEN AUTORIZA: _____ _____ ENTREGADO POR: _____				

6. MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD/CONFIABILIDAD (RCM)

Para la aplicación de esta metodología se seguirán cada uno de los parámetros descritos a lo largo del numeral 3.4 de este documento, ofreciendo al personal de SERINCO DRILLING S.A. un análisis funcional, lógico y documentado de los activos correspondientes a las operaciones de Workover.

Se busca con esta metodología modificar el plan de mantenimiento siempre y cuando no se pierda la confiabilidad del servicio, crear planes de mantenimiento preventivo que no se tengan para los equipos que en este caso son los más críticos dentro de la operación de Workover.

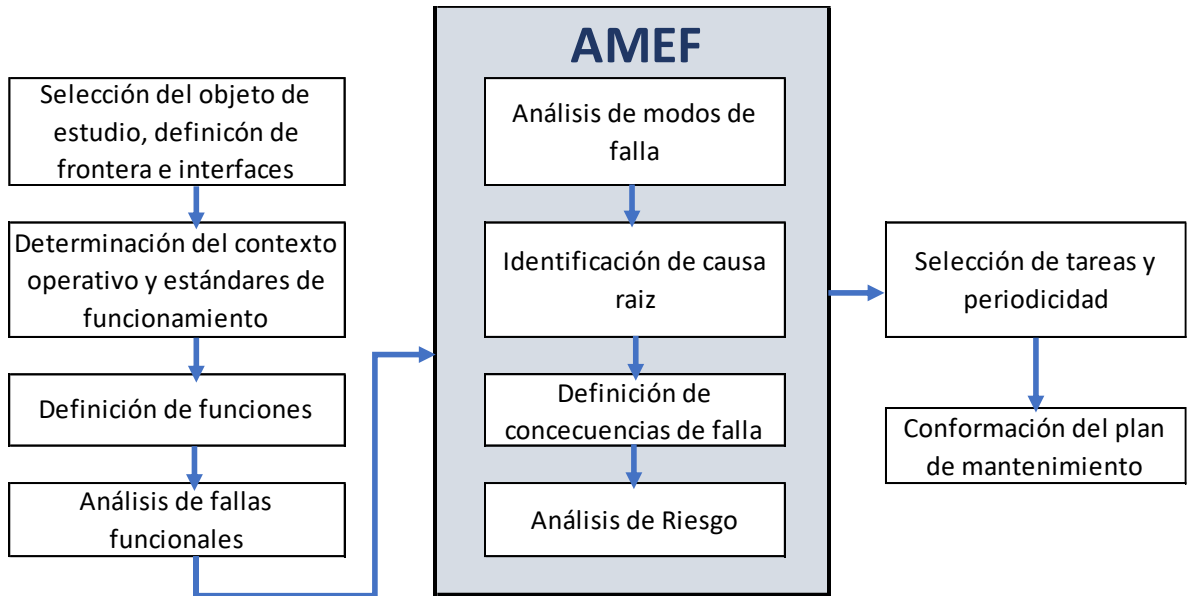
Las siete preguntas básicas del RCM según la norma SAE JA1011* son:

- ✓ ¿Cuál es la función del activo?
- ✓ ¿De qué manera puede fallar?
- ✓ ¿Qué origina que falla?
- ✓ ¿Qué pasa cuando falla?
- ✓ ¿Importa si falla?
- ✓ ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
- ✓ ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

La siguiente figura muestra las diez fases de la aplicación del RCM donde se puede observar que el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) es parte esencial de esta metodología.

* SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999. 30p.

Figura 50. Diagrama de Flujo para la Aplicación del RCM.



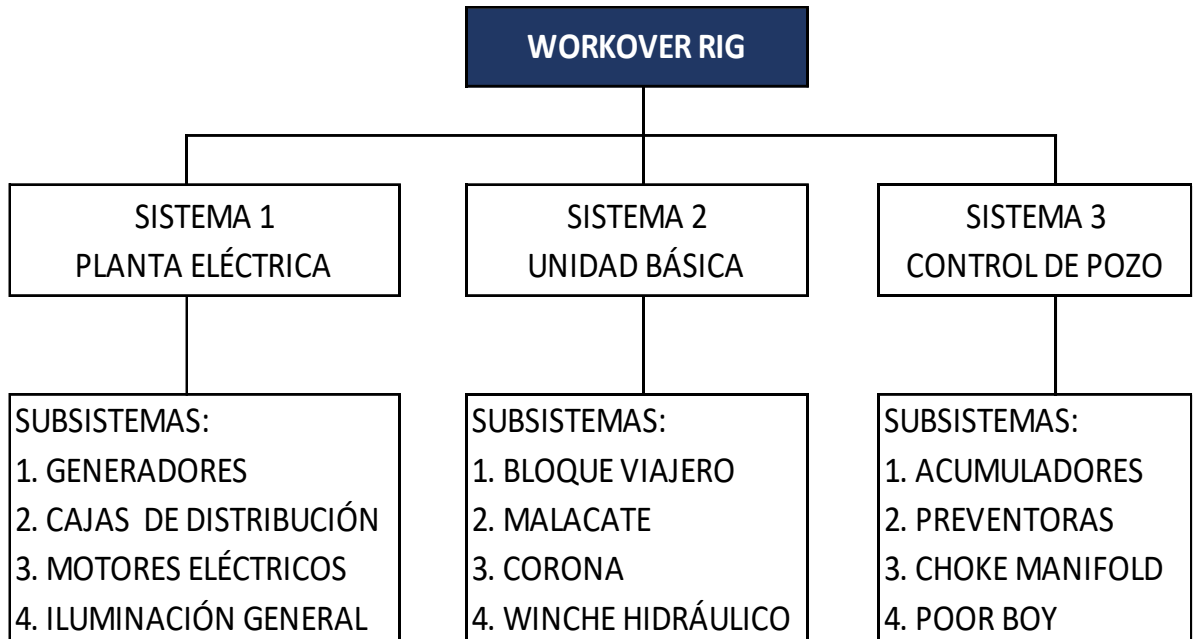
Fuente: Modificado de: ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010.

6.1 ÁRBOL JERÁRQUICO DE LOS EQUIPOS MÁS CRÍTICOS

La aplicación del RCM se llevará a cabo para los equipos más críticos en este caso la Planta eléctrica que es un sistema con varios componentes. Por otro lado, la mayoría de los equipos críticos hacen parte de la unidad básica y del control de pozo dentro del proceso de workover, es por ello por lo que también se aplicará la metodología a estos dos sistemas.

6.1.1 Sistemas y Subsistemas. En la siguiente figura se muestra el árbol jerárquico del equipo de workover con cada uno de los componentes del sistema de la Planta eléctrica, del sistema de la Unidad Básica y del sistema de control de pozo susceptibles a la aplicación de esta metodología.

Figura 51. Árbol Jerárquico.



6.2 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)

Dentro de esta aplicación se debe tener en cuenta que tipo AMEF es el que se va a usar pues existen tres tipos que son: AMEF de sistema, AMEF de diseño y AMEF de proceso. En este caso se utiliza el AMEF de sistema que cumple con la función de analizar sistemas completos y/o subsistemas.

Los pasos que se siguen para la elaboración del AMEF se basan en listar cada una de las funciones, listar los modos de falla para identificar cuáles son las causas principales del fallo, listar los efectos de cada modo de falla, clasificar los efectos de acuerdo con la severidad dando una determinada calificación. El archivo documental del AMEF será un archivo sujeto a actualizaciones dentro de la empresa con relación al proceso que se esté realizando.

Se elaboran formatos para cumplir con el componente documental que se debe aplicar en la metodología del RCM, el cual contendrá para cada sistema y subsistema:

- Las funciones, que definen la razón por la cual se adquirió el activo principalmente y también funciones adicionales que cumple el activo.
- Las fallas funcionales son aquellas que aparecen cuando el activo no cumple las funciones y de qué manera falla.
- Los modos de falla responden a la pregunta ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- Los efectos de falla que no son lo mismo que una consecuencia de falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla.

Figura 52. AMEF para el Generador.


		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA		SISTEMA N°1		HOJA N°:1/12		
SUBSISTEMA: GENERADOR		SUBSISTEMA N°:1		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	convertir la energía mecánica en energía eléctrica, en pocas palabras emplear un campo magnético para generar en el conductor un movimiento de electrones y producir energía eléctrica	A	No genera energía, motor no gira	1	estator o embobinado dañado	ocasiona recalentamiento de la máquina y podría llegar a fundir las piezas
				2	conexión errada	el motor no suministra potencia ocasionando significativas pérdidas de producción
				3	desequilibrio de rotor y estator	puede provocar desgaste excesivo entre rotor y estator llegando a la fundición del material o inmovilización de las piezas
		B	Tornillo eje que soporta el rotor partido	1	forzamiento mecánico	provocación de sobrecarga en el generador originando un disparo térmico debido a desgaste, desconocimiento o baja calidad del material
				2	vibración y desajuste de pernos	el rotor al estar libre puede rayar las paredes del estator por fricción
		C	elevación de la temperatura	1	aletas del ventilador quebradas	puede ocasionar falla a los componentes que se encuentren cerca golpeándolo con el residuo del ventilador
				2	falta de lubricación	desgaste excesivo y fundición de piezas llegando incluso a ocasionar quemaduras en el personal de trabajo
		D	mala conexión	1	personal no capacitado	mal funcionamiento del generador y se puede presentar un corto circuito llegando a provocar una chispa de corriente y esta generar un incendio en la localización
		E	Daño en el embobinado entre el rotor y estator	1	Corto entre espiras o Bobina en Corto - Circuito	Provoca el NO funcionamiento del motor, y el recalentamiento de este
				2	Corto entre fases.	Recalentamiento del motor y falla de este
				3	Corto en la conexión	Explosión durante la unión de las clavijas, y la quema de estas.
				4	Corto en la salida o dentro de la ranura	Recalentamiento y fallo del motor.
				5	Pico de tensión.	Conductor peligroso de energía eléctrica a la persona que lo manipula y el mal funcionamiento del motor
				6	Desequilibrio de tensión	Daño de las fases en el motor, daño de los condensadores y la falla del motor
				7	Rotor Bloqueado	Variación del deslizamiento y poca eficiencia del motor.
				8	Sobrecalentamiento.	Daño del motor, recalentamiento y posible explosión
		F	Carcasa en muy mal estado	1	Rotura en la superficie de esta	Mal funcionamiento del motor por contacto con partículas del exterior
				2	Recalentamiento en la Carcasa	Produce un recalentamiento de la carcasa en determinadas zonas
				3	Pérdida de pedazos de pintura que recubre a la carcasa	Pérdida del cubrimiento o protección a la carcasa, lo que ocasionaría el deterioro de esta y posibles pérdidas de energía o aislamiento en el sistema

Figura 53. AMEF para la caja de distribución.


 SERINCO DRILLING S.A. <small>SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA</small>		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA		SISTEMA N°1			HOJA N°:2/12	
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: CAJAS DE DISTRIBUCION		SUBSISTEMA N°:2		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
1	proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales	A	No hay continuidad de corriente	1	empalmes no ajustados	origina aumento en las cuentas de servicios y recalentamiento en los cables
				2	No puesta a tierra	Genera daños de los equipos al ocasionar un pico de corriente y no estar en prevención a tierra
		B	impedimento de desenergización	1	breaker partido	no poder prevenir (apagar breaker) alguna emergencia de HSQE o alguna falla de cortocircuito que pueda generar arcos de corriente
				2	contactos sulfatados	puede ocasionar corto circuito en la caja si la humedad incrementa y la sulfatación se expande

Figura 54. AMEF para la iluminación general.


 SERINCO DRILLING S.A. <small>SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA</small>		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA		SISTEMA N°1			HOJA N°:4/12	
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: ILUMINACION		SUBSISTEMA N°:4		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
1	Es la encargada de generar un ambiente claro y luminoso (valga la redundancia) en la locación para que sus trabajadores puedan operar satisfactoriamente en el pozo ya que la mayoría de veces perforan en espacios sin iluminación	A	contactos dañados	1	podría fallar por una incorrecta forma de conectar y desconectar las luminarias al toma corriente	falencia de luz en la localización y esto conlleva a un paro de producción porque en ese ambiente sin iluminación no se puede laborar
				2	ruptura, intermitencia o baja luminosidad de la lampara	
		B	mala luminosidad	2	puesta a tierra	

Figura 55. AMEF para los motores eléctricos.

SERINCO DRILLING SA SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE COLUBIERA		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: PLANTA ELÉCTRICA		SISTEMA N°1		HOJA N°3/12		
SUBSISTEMA: MOTORES ELÉCTRICOS		FACULTADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	transformar la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.	A	Daño placa de bornes	1	Generación de armónicas.	reduce o altera la potencia con la cual debería trabajar el motor en condiciones óptimas, produciendo desbalances en todo el circuito eléctrico.
		2			Desbalances de corriente	
		B	Rotor dañado	1	rupturas de barras	calor intenso en la zona de ruptura. Se puede destruir el aislamiento cercano a las laminaciones. El devanado estático colapsaría
		C	Fallo en los rodamientos	1	Fatiga Superficial	Se desarrolla en servicio un agrietamiento en las superficies con posterior pérdida de material, el cual puede ser poco profundo o generar descascaramiento de áreas grandes y profundas
		2		Descarga Eléctrica	Por paso de corriente eléctrica AC o DC a través del rodamiento se generan arcos eléctricos entre los elementos rodantes, las pistas y las jaulas, que erosionan las superficies debidas a fusión a pequeña escala. Producto de los arcos se pueden generar patrones de estrías o cráteres profundos si la corriente es alta.	
		3		Desgaste Abrasivo	Se presenta en servicio la generación de un rayado abrasivo sobre las superficies de rodadura y también sobre las jaulas, indicando que se está perdiendo material por abrasión. Normalmente está acompañado el proceso por la indentación.	
		4		Desgaste Adhesivo	Se presenta en servicio pérdida de material por contacto metal - metal entre las partes en rodamiento incluyendo las jaulas, producto de la pérdida parcial o total de la película lubricante. Si la pérdida de lubricación es parcial las zonas de contacto se pueen y si es total se eleva fuertemente la temperatura quemando el lubricante, oxidándose las partes o incluso fundiéndose.	
		5		corrosión	Se genera ataque corrosivo sobre las superficies de rodadura o las jaulas, por la acción del lubricante o de otro fluido que entra en contacto con el rodamiento, generando daño superficial y depósitos	
		6		Fractura	Las pistas o las jaulas presentan agrietamiento o fractura en montaje o servicio, llevando algunas veces a destrucción total del rodamiento	
		7		ludimiento	Se presentan depósitos oscuros en las superficies de apoyo con el eje o su alojamiento, indicando que en servicio se dieron pequeños movimientos oscilantes entre las partes (desgaste y/o oxidación).	
		D	Daño en el eje que soportador del rotor	1	Fractura Frágil Por Flexión	Fractura transversal al eje con apariencia granular y sin deformación del elemento quiza por: 1.Sobrecarga por flexión. 2.Dureza de núcleo y/o su capa endurecida elevada. 3.Trabamieto de la máquina.
		2		Fractura Frágil Por Torsión	Agrietamiento en servicio a 45 alrededor del eje. Superficie de fractura tersa sin deformación del eje, normalmente con marcas elípticas concéntricas al origen.	
		3		Desgaste Abrasivo	Cuando la superficie del eje en contacto con un cojinete o seguidor se mecaniza o pule. Se conoce como rayado.	
		4		Desgaste Adhesivo	Cuando entre el eje y su cojinete o seguidor se transfiere metal, debido a que están en contacto directo porque se rompe la capa de lubricante	
		5		Corrosión Generalizada	Se presenta ataque corrosivo sobre la superficie del eje, dejando su acabado superficial y dejando residuos.	
		E	Daño en el embobinado entre el rotor y estator	1	Corto entre espiras o Bobina en Corto-Circuito	rovoaca el NO funcionamiento del motor, y el recalentamiento del mismo
		2		Corto entre fases.	Recalentamiento del motor y falla de este	
		3		Corto en la conexión	Explosión durante la unión de las clavijas, y la quema de estas.	
		4		Corto en la salida o dentro de la ranura	Recalentamiento y fallo del motor.	
		5		Pico de tensión.	Conductor peligroso de energía eléctrica a la persona que lo manipula y el mal funcionamiento del motor	
		6		Desequilibrio de tensión	Daño de las fases en el motor, daño de los condensadores y la falla del motor	
7	Rotor Bloqueado	Variación del deslizamiento y poca eficiencia del motor				
8	Sobrecalentamiento.	Daño del motor, recalentamiento y posible explosión				
F	ventilador en malas condiciones	1	sobrecalentamiento en los rodamientos	El aire no circula de manera adecuada en el sistema por tener las rejillas o los filtros del motor obstruidos (suciedad o agentes externos al motor)		
2		el motor se calienta				
G	fallo en el estator	1	Reduce la habilidad de producir un campo magnético balanceado.	El reemplazo del motor, si el núcleo del motor se llegase a dañar		
2		Aumento en la vibración de la máquina.				
3		Degradación del aislamiento y daños a los rodamientos del motor				
H	Escobillas	1	Desgaste excesivo por trabajo	El rozamiento provoca un desgaste irreversible con la única solución de tener que cambiar las viejas escobillas por unas nuevas		

Figura 56. AMEF para el Bloque viajero.

		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA					
SISTEMA: UNIDAD BASICA		SISTEMA N°2		HOJA N°:5/12			
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA					
SUBSISTEMA: BLOQUE VIAJERO		SUBSISTEMA N°:1	REVISADO POR:				
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Es el encargado de soportar la carga y transportarla verticalmente a lo largo de la torre la tubería para meterla y sacarla del pozo	A	poleas	1	desajuste radial (movimiento de lado a lado)	Esta separación debe ser lo más pequeña posible de tal manera de evitar al máximo el riesgo de que el cable salte y se deslice en estos espacios libres y la carga que este soportando el bloque viajero se venga abajo ocasionando accidentes fatales para esto se debe Inspeccionar las tapas externas e internas o espaciadoras, para verificar si hay desgaste ocasionado por el roce de las poleas o deformaciones causadas por impacto. Así mismo, verificar si hay signos evidentes de sobrecarga en alguno de los componentes que conforman el bloque. Si alguna de estas condiciones es detectada se debe reemplazar el bloque o los componentes dañados. Verificar la perfecta rotación de las poleas.	
				2	separación de poleas		
				3	desgaste canales		
				4	diámetro inadecuado		
				5	condición de las ranuras		Verificar que las canales en poleas y tambores se encuentren lisos y uniformes, ya que la presencia de corrugaciones o marcas realizadas por los cables de acero puede ejercer un efecto erosivo sobre estos. Y la vida útil del cable será menor llegando a romperse en un menor tiempo estimado ocasionando un accidente fatal
				6	diámetro de cable vs ranura		El canal o ranura de una polea deberá tener una profundidad equivalente a al menos 1,75 veces su diámetro y las paredes o caras laterales correspondientes no deberán formar un ángulo mayor que 15° respecto a la vertical. Los canales de las poleas para cables deberán ser lo suficientemente grandes para permitir que un cable nuevo encaje con facilidad con un arco de soporte entre 120° a 150° de la circunferencia de este. Las caras del canal deben ser tangentes a dicho arco
		B	pin sujetador de gancho	1	Agrietamiento	ocasionaría múltiples daños en el equipo por si desprendimiento del gancho que soporta toda la carga del top drive y tubería incluso generar un accidente fatal con los trabajadores que se encuentren debajo de la carga	
				2	desajuste y propenso a salirse		
		C	rodamientos	1	inadecuado para el servicio de trabajo	freno o trabamiento del bloque viajero ya que el rodamiento al fallar la polea se inclinará y rozará contra la carcasa del bloque, incluso podría sacar el cable de sus poleas	
				2	mal operación		

Figura 57. AMEF para el Malacate.


		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: UNIDAD BASICA		SISTEMA N°2			HOJA N°:6/12	
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: MALACATE		SUBSISTEMA N°:2		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	funciona como centro de distribución de potencia para el sistema de izaje y el sistema rotatorio pasando por la corona y llegando al bloque viajero para poder subir y bajar la tubería	A	transmisión por cadenas	1	holgura de cadena, sonido excesivo	su efecto principal es el paro total del izaje o levantamiento, ya que la transmisión por cadena es la encargada de generar el movimiento del malacate y por medio del cable que pasa por la corona halar el bloque viajero para así sacar o meter tubería. Las consecuencias del fallo serian altamentes economicas en el ambito operacional
				2	mal estado de lubricación	
				3	eslabón partido	
				4	piñones desgastados	
		B	break blocks del freno	1	zapatas de frenado	sobrecalentamiento en el tambor y desplome del izaje
				2	freno auxiliar	los frenos hidráulicos, electromagnético me protege oportunamente el impacto del bloque viajero con el trabajador o el piso. Ocasionaría accidente fatal
		C	acoplamientos principales	1	NO chequeo preventivo de palanca de frenado, bujes, pasadores, pernos sujetadores	el fallo de algún acoplamiento es vital para disponibilidad del equipo

Figura 58. AMEF para el Winche Hidráulico.


		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: UNIDAD BASICA		SISTEMA N°2			HOJA N°:8/12	
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: WINCHE HIDRAULICO		SUBSISTEMA N°:4		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	este dispositivo se encarga de halar cargas excesivamente pesadas impulsado por un motor hidráulico que hace rotar un set de engranajes y estos rotan el tambor del winche para que este funcione	A	mangueras de hidráulico	1	rotas o desajustadas	NO accionamiento del winche ya que el hidráulico no le llega por ende este no funcionara y la carga no se podra mover
				2	pisadas (no pasa hidráulico)	
				3	mal conexión	
		B	control hidráulico	1	no esté operando adecuadamente	peligro de una mala función y poder romper la carga que se esté moviendo, se verán afectaciones económicas
		C	cable de acero	1	quebradura	podría reventarse en pleno levantamiento de carga y caer libremente el equipo, tener prevenciones con el ayudante de señalizaciones a la hora de caer la carga
				2	oxido	
				3	aplicación de fuerza brusca	

Figura 59. AMEF para la Corona.

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: UNIDAD BASICA		SISTEMA N°2		HOJA N°:7/12		
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: CORONA		SUBSISTEMA N°:3		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
1	Su función es sostener como punto de apoyo dejando pasar por sus poleas el cable dirigido del malacate hacia el bloque viajero. Ubicándose esta en el extremo superior de la torre	A	rodamientos	1	inadecuado para el servicio de trabajo	freno o trabamiento de la corona ya que el rodamiento al fallar la polea se inclinara y rozara contra la carcasa del bloque corona, incluso podría sacar el cable de sus poleas
		B	poleas	1	desajuste radial (movimiento de lado a lado)	Esta separación debe ser lo más pequeña posible de tal manera de evitar al máximo el riesgo de que el cable salte y se deslice en estos espacios libres y la carga que este soportando el bloque viajero se venga abajo ocasionando accidentes fatales para esto se debe Inspeccionar las tapas externas e internas o espaciadoras, para verificar si hay desgaste ocasionado por el roce de las poleas o deformaciones causadas por impacto. Así mismo, verificar si hay signos evidentes de sobrecarga en alguno de los componentes que conforman el bloque. Si alguna de estas condiciones es detectada se debe reemplazar el bloque o los componentes dañados. Verificar la perfecta rotación de las poleas.
				2	separación de poleas	
				3	desgaste canales	
				4	diámetro inadecuado	
				5	condición de las ranuras	
		6	diámetro de cable vs ranura	El canal o ranura de una polea deberá tener una profundidad equivalente a al menos 1,75 veces su diámetro y las paredes o caras laterales correspondientes no deberán formar un ángulo mayor que 15° respecto a la vertical. Los canales de las poleas para cables deberán ser lo suficientemente grandes para permitir que un cable nuevo encaje con facilidad con un arco de soporte entre 120° a 150° de la circunferencia de este. Las caras del canal deben ser tangentes a dicho arco		
	C	estructura de soporte	1	Fisuras, soldadura o partiduras	provocaría la caída de la corona y el bloque viajero ya que está soportado por los cables que pasan por la corona. Y la operación de izaje queda parada	

Figura 60. AMEF para los Acumuladores


		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: CONTROL DE POZO		SISTEMA N°3			HOJA N°:9/12	
SUBSISTEMA: ACUMULADOR		SUBSISTEMA N°:1		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
1	Encargado de almacenar una cierta cantidad de fluido en este caso hidráulico con presión, para auxiliar al circuito hidráulico y preventora en caso de necesitar cerrar sus arietes (comando de la BOP)	A	presión inadecuada	1	daño en el manómetro	desorientación al operador del mando de palancas y falta de capacidad para poder accionar las válvulas direccionales
				2	fugas en el circuito	el sellamiento de los arietes de la preventora no es suficiente para cumplir su función de no dejar devolver nada a la boca del pozo
				3	válvulas averiadas	el hidráulico no recorre el circuito y esto no me permitirá cerrar los arietes ciegos y de tuberías
		B	falla en la vejiga	1	ruptura en la parte inferior	No desplegar correctamente la vejiga a la hora del montaje en el acumulador hace que esta no pueda estirarse el todo para cerrar la válvula de retención provocando que estalle la parte inferior.
				2	falta de lubricación	provoca estiramiento excesivo y la vejiga se puede romper
				3	fallo de válvula de retención	El flujo excesivo ocasiona que la vejiga sea extruida antes de que la válvula de asiento pueda cerrarse.
		C	hidráulico	1	nivel bajo	el bajo o nulo estado del hidráulico genera la no funcionalidad de la preventora como alternativa emergente y el acumulador no cumple con su función es una pérdida absoluta
				2	fugas en conexiones o mangueras	
		D	mal operación	1	el operador dirige mal la palanca de accionamiento	daños en la boca del pozo y en tubería esto también conllevaría el mal funcionamiento de los arietes (ej: a la hora de querer cerrarlos se abren o viceversa
				2	conexiones invertidas	

Figura 61. AMEF para las Preventoras.


		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: CONTROL DE POZO		SISTEMA N°3		HOJA N°:10/12		
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: PREVENTORA		SUBSISTEMA N°:2		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	Permitir el control rápido y seguro del pozo en caso de presentarse un disparo o reventón (patada de pozo). Esta es dependiente del acumulador	A	NO sellamiento de los arietes	1	equivocación por parte del operador del tablero de mando	esta escasez de fluido, mal operación y mal estado de cauchos impide la operación de sellamiento del pozo. puede provocar que los gases y el crudo se devuelvan por la boca del pozo si en algún momento inesperado hay un reventón, también llamada patada de pozo ocasionando contaminación en el medio ambiente y accidente fatal con su personal de trabajo
				2	falta de hidráulico	
				3	sellos de arietes (cauchos) reventados	
		B	Fallo del acumulador	1	escasez de hidráulico	cabe recalcar que esta preventora depende del acumulador si este no le manda ninguna señal por alguna de sus modos de falla la preventora nunca se accionara en una emergencia de patada de pozo, esto se podría regular manualmente pero el tiempo es mayor y el riesgo el inminente
				2	manguera rota	
				3	presión baja	
		C	mal operación (cerrar ariete ciego con tubería) iba choke manifold	1	cierre de arietes ciegos con tubería	genera daños en la tubería (estripamiento) y podría ocasionar un trabamiento en la boca del pozo esto da para un paro de producción porque se debe rectificar la tubería y revisar el estado de los arietes ciegos
				2	cierre de arietes y no apertura hacia choke manifold	sobrepresiones internas del pozo y el crudo buscara salida por algún lado rompiendo el subsuelo cercano a la localización generando una gran contaminación ambiental

Figura 62. AMEF para el Choke Manifold.


		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: CONTROL DE POZO		SISTEMA N°3			HOJA N°:11/12	
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: CHOKE MANIFOLD		SUBSISTEMA N°:3	REVISADO POR:			
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	sirve para controlar la presión del pozo y para manejar la dirección del flujo de acuerdo con las necesidades dependiendo de su presión y caudal	A	válvula maestra	1	no tiene el ajuste requerido a la presión de trabajo	para pozos de alta presión se debe poner 2 valvulas maestras en serie como prevención y seguridad, una avería en esta puede llegar a dejar pasar presiones muy elevadas a las válvulas de estrangulamiento no controlando bien el crudo y el poor boy no podrá desgasificar correctamente
				2	desajuste interno de la válvula	
				3	no hay conexión en serie	
		B	presión inadecuada	1	manómetro averiado	sin registro de manómetro no se puede llevar un control de la boca del pozo y no se podrán ajustar las válvulas correctamente. Estos manómetros debe ser calibrado al menos cada 3 años
				2	válvulas defectuosas	puede que una válvula al fallar se tapen y generen contrapresiones en el pozo y este crudo buscara salida por alguna parte del subsuelo generando una catástrofe ambiental
		C	línea de venteo	1	obstrucción en la línea de venteo (suciedad, válvula cerrada, mal diseño)	en caso de tener un sobrepresión esta se puede aliviar por esta línea en caso de no actuar este gas no tomara su dirección de salida hacia la tea para que sea quemado

Figura 63. AMEF para el Poor Boy.

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA		ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA				
SISTEMA: CONTROL DE POZO		SISTEMA N°3		HOJA N°:12/12		
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA				
SUBSISTEMA: POOR BOY		SUBSISTEMA N°:4		REVISADO POR:		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	se encarga de separar el gas de fluidos circundantes en este caso cuando el crudo viene con gas, aceite, arena, agua. Etc. (este gas va directamente a la tea)	A	presión	1	manómetro dañado	no se podría controlar el flujo de gas dirigido hacia la tea para que este sea quemado
2				ruptura de recipiente	generaría un estallido del recipiente teniendo una contaminación considerable incluso afectando la vida de algún trabajador que se encuentre cerca al poor boy	
3				sobrecarga		
4				camino cerrado hacia la tea	se genera una sobrepresión en el recipiente y este gas no se quemará y se dirigirá hacia el camino que conduce el crudo hacia el tanque de lodos	
		B	recipiente	1	agrietamiento	es un peligro inminente y se debe buscar la corrección inmediata ya que este puede estallar em cualquier momento ocasionando gran contaminación ambiental y riesgo de vidas en los trabajadores

6.3 HOJAS DE DECISIÓN

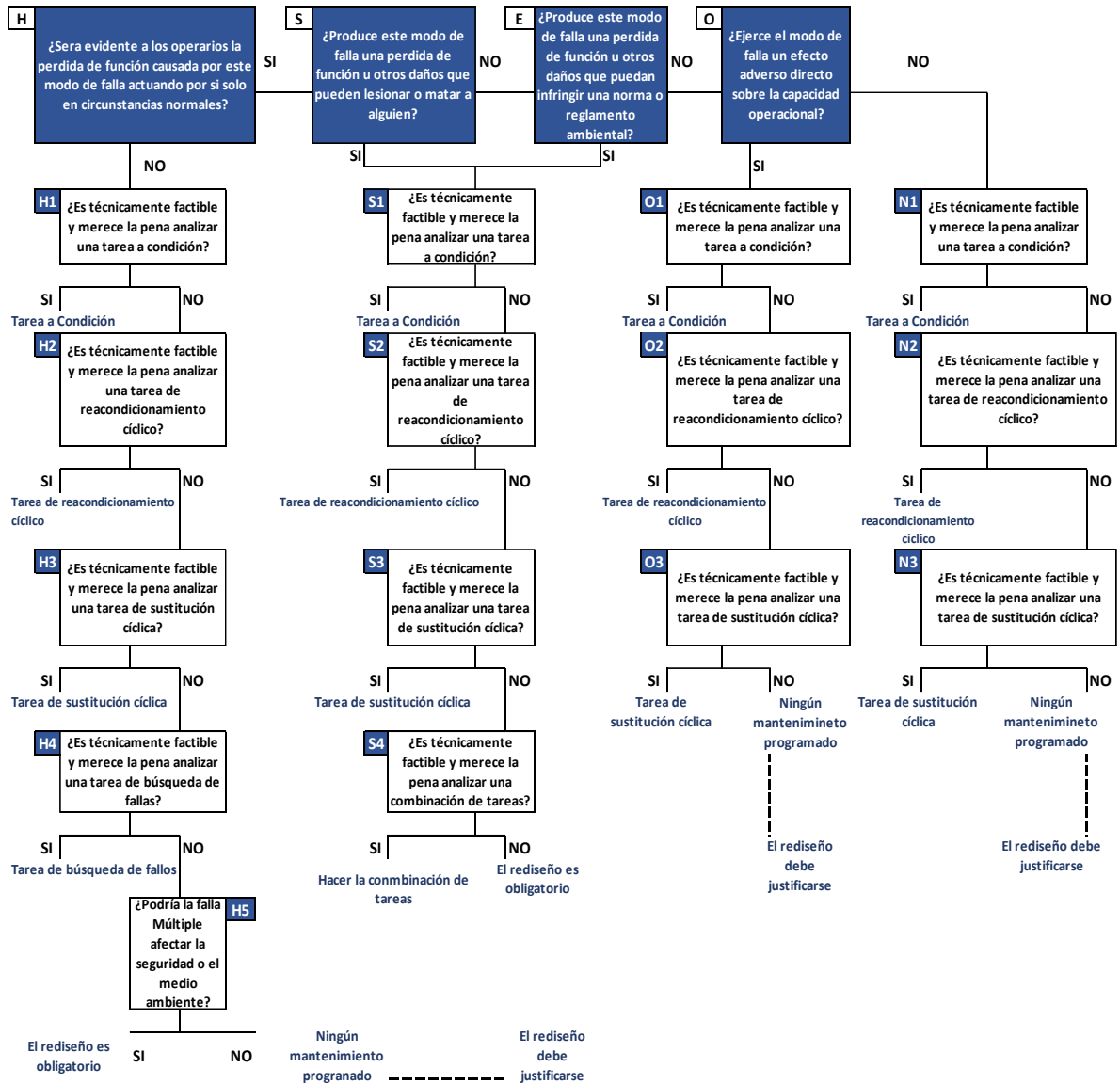
Serán documentadas en formatos que respondan a las preguntas del árbol lógico de decisión, los resultados de la hoja de decisión serán: referencia de información, evaluación de las consecuencias, tarea a condición, tarea de reacondicionamiento, tarea de sustitución crítica, la falta de tareas, la actividad o tarea programada, el intervalo inicial y el delegado a realizar la tarea.

Cabe resaltar que dentro de la evaluación de consecuencia se encuentran las consecuencias del fallo oculto (H), las consecuencias para la seguridad (S), las consecuencias para el medio ambiente (E), las consecuencias operacionales (O) y las no operacionales (N).

Al conocer los modos y efectos de fallas y sus consecuencias, el proceso siguiente es encontrar cuales son las tareas adecuadas y el plan de mantenimiento pertinente para los equipos, para esto se sigue el árbol lógico de decisiones del RCM donde se puede determinar si es técnicamente factible y vale la pena analizar una tarea a condición, esto corresponde a las preguntas H1/S1/O1/N1, si es técnicamente factible y vale la pena analizar una tarea de reacondicionamiento cíclico, esto corresponde a las preguntas H2/S2/O2/N2, si es técnicamente factible y vale la pena analizar una tarea de sustitución cíclica, esto corresponde a las preguntas H3/S3/O3/N3, si es técnicamente factible y vale la pena analizar una tarea de búsqueda de fallas, esto corresponde a la pregunta H4 y si es técnicamente factible y vale la pena analizar una combinación de tareas, esto corresponde a la pregunta S4.

La siguiente figura muestra el árbol lógico de decisión a seguir para el correcto manejo de las hojas de decisión.

Figura 64. Árbol Lógico de Decisión.



Fuente: Modificado de: MOUBRAY, Jhon. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc. 1997. 421p.

Haciendo el mismo análisis para cada uno de los sistemas y subsistemas ya propuestos para la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y contestando cada una de las preguntas del árbol lógico de decisión con una S (Si)

y una N (No), se muestra a continuación las hojas de decisión que también serán documentadas y se podrán ver en el Anexo L.

Figura 65. Hoja de Decisión del Generador.


 SERINCO DRILLING S.A. <small>SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA</small>		MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN													
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA		SISTEMA N°1									HOJA N°:1/12				
		FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA													
SUBSISTEMA: GENERADOR		SUBSISTEMA N°:1						REVISADO POR:							
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
										H4	H5	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O									
1	A	1	N	N	N	S	N	N	S				comprobar ventilación y calentamiento	Diario	Maquinista
1	A	2	S	N	N	S	N	S				Probar resistencia de aislamiento y puesta a tierra	Semanal	Técnico eléctrico	
1	A	3	N	N	N	S	N	S				comprobar equilibrio del rotor y estator	Mensual	Técnico mecánico	
1	B	1	S	N	N	S	S					comprobar estado general de la maquina	Mensual	Mantenimiento operacinal	
1	B	2	S	N	N	N	S					comprobar equilibrio del rotor y estator	Mensual	Técnico mecánico	
1	C	1	N	N	N	S	N	N	S			comprobar ventilación y calentamiento	Diario	Maquinista	
1	C	2	N	N	N	S	N	S				Observar estado de cojinetes y nivel de lubricación	Semanal	Técnico mecánico	
1	D	1	S	N	N	S	S					Verificar conexiones de salida (110V- 220V-440V)	Diario	Técnico eléctrico	
1	E	1	S	N	N	S	N	N	S			comprobar circulación de corriente y calentamiento	Mensual	Técnico eléctrico	
1	E	2	S	N	N	S	N	N	S			verificar temperatura del generador	Diario	Maquinista	
1	E	3	S	N	N	S	N	N	S			Verificar continuidad entre las fases y tierra	Semanal	Técnico eléctrico	
1	E	4	S	N	N	S	N	N	S			comprobar cargas con aparatos de medida	Mensual	Técnico eléctrico	
1	E	5	S	N	N	S	N	S				comprobar cargas con aparatos de medida	Mensual	Técnico eléctrico	
1	E	6	N	N	N	S	S					comprobar estado general de la maquina	Mensual	Mantenimiento operacinal	
1	E	7	N	N	N	S	N	S				Observar el estado del rotor	Mensual	Técnico mecánico	
1	E	8	S	N	N	S	N	S				verificar temperatura del generador	Diario	Maquinista	
1	F	1	S	N	N	S	N	N	S			comprobar estado general de la maquina	Diario	Mantenimiento operacinal	
1	F	2	N	N	N	S	S					verificar temperatura del generador	Diario	Maquinista	
1	F	3	S	N	N	S	N	S				Reacondicionamiento de la carcasa	Anual	Mantenimiento operacinal	

Figura 66. Hoja de Decisión de la caja de distribución.

			MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN												
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA			SISTEMA N°1							HOJA N°:2/12					
			FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA												
SUBSISTEMA: CAJA DE DISTRIBUCIÓN			SUBSISTEMA N°:2					REVISADO POR:							
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1	H2	H3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar que las conexiones tengan buen contacto. Ajuste si es necesario	Semanal	Técnico eléctrico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Verificar la puesta a tierra de la caja de distribución	Semanal	Técnico eléctrico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificar la continuidad y el estado de los Breakers. Cambiar si es necesario	Semanal	Técnico eléctrico
1	B	2	N	N	N	S	N	S					Visualisar el estado de los cables verificando que no estén sulfatados, pelados o quemados	Semanal	Técnico eléctrico

Figura 67. Hoja de Decisión de los motores eléctricos.

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA		MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN													
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA						SISTEMA N°1					HOJA N°:3/12				
SUBSISTEMA: MOTORES ELÉCTRICOS						SUBSISTEMA N°:3					REVISADO POR:				
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
										H4	H5	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O									
1	A	1	N	N	N	S	S						Inspeccionar que la escala de corriente sea la indicada para el motor	Mensual	Técnico eléctrico
1	A	2	N	N	N	S	S						Inspeccionar que la escala de corriente sea la indicada para el motor	Mensual	Técnico eléctrico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión Interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional
1	C	1	S	N	N	N	N	S					Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	C	2	S	N	N	S	S						Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	C	3	S	N	N	S	N	S					Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	C	4	S	N	N	S	N	S					Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	C	5	S	N	N	S	N	S					Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	C	6	S	N	N	S	N	N	S				Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	C	7	S	N	N	S	S						Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar el funcionamiento y la temperatura del motor	Diaria	Maquinista
1	D	2	S	N	N	S	N	N	S				Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	D	3	S	N	N	S	N	S					Revisión Interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional
1	D	4	S	N	N	S	N	S					Revisión Interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional
1	D	5	S	N	N	N	N	S					Revisión Interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional
1	E	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificar continuidad y paso de corriente por la bobina	Semanal	Técnico eléctrico
1	E	2	S	N	N	S	N	S					verificar conexiones 220V - 440V	Semanal	Técnico eléctrico
1	E	3	S	N	N	S	N	S					Revisar contactores que no estén sulfatados, pelados ni quemados. Reparar si es necesario	Semanal	Técnico eléctrico
1	E	4	S	N	N	S	N	S					verificación de calentamiento en el motor	Diaria	Maquinista
1	E	5	S	N	N	S	S						Comprobar cargas con aparatos de medida	Mensual	Mantenimiento operacional
1	E	6	S	N	N	S	S						Comprobar cargas con aparatos de medida	Mensual	Mantenimiento operacional
1	E	7	S	N	N	S	N	S					Revisión Interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional
1	E	8	N	N	N	S	S						verificación de calentamiento del motor	Diaria	Maquinista
1	F	1	S	N	N	N	N	S					Comprobar ventilación y calentamiento	Diaria	Maquinista
1	F	2	S	N	N	N	N	S					Comprobar ventilación y calentamiento	Diaria	Maquinista
1	G	1	S	N	N	S	N	S					Verificar continuidad y paso de corriente en el estator	Semanal	Técnico eléctrico
1	G	2	S	N	N	N	S						Verificación de ruidos o mal funcionamiento del motor	Diaria	Técnico eléctrico
1	G	3	N	N	N	S	N	N	S				Revisión Interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional
1	H	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión interna del motor	Mensual	Mantenimiento operacional

Figura 68. Hoja de Decisión de la iluminación general.

Referencia de Información		Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por	
									H4	H5	S4				
SISTEMA: PLANTA ELECTRICA												SISTEMA N°1		HOJA N°:4/12	
												FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA			
SUBSISTEMA: ILUMINACIÓN						SUBSISTEMA N°:4						REVISADO POR:			
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar que las conexiones estén adecuadas tanto en tomacorrientes, interruptores y lámparas.	Diaria	Maquinista o Técnico eléctrico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Inspeccionar luminosidad de las lámparas. Cambie cuando observe baja luminosidad, intermitencia o lámpara quemada.	Diaria	Maquinista o Técnico eléctrico
1	B	2	N	N	N	S	N	S					Verificar la puesta a tierra	Semanal	Técnico eléctrico

Figura 69. Hoja de Decisión del Bloque viajero.

Referencia de Información		Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por	
									H4	H5	S4				
SISTEMA: UNIDAD BÁSICA												SISTEMA N°2		HOJA N°:5/12	
												FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA			
SUBSISTEMA: BLOQUE VIAJERO						SUBSISTEMA N°:1						REVISADO POR:			
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificar que no haya desajuste en las poleas	Diario	Maquinista y/o técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Verificar el estado de todo el bloque viajero	Diario	Técnico mecánico
1	A	3	N	N	N	S	S						Verificar el ancho y la profundidad de las ranuras de las poleas acanaladas según manual del fabricante	Semanal	Técnico mecánico
1	A	4	S	N	N	S	S						Verificar el estado de todo el bloque viajero	Diario	Técnico mecánico
1	A	5	N	N	N	S	S						Verificar el ancho y la profundidad de las ranuras de las poleas acanaladas según manual del fabricante	Semanal	Técnico mecánico
1	A	6	S	N	N	S	N	S					Verificar que no haya desajuste y que todo el bloque este funcionando correctamente.	Diario	Maquinista y/o técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Realizar rutina de inspección visual de todo el bloque viajero para determinarle cualquier grieta o fisura.	Diario	Maquinista y/o técnico mecánico
1	B	2	N	N	N	S	S						Verificar todos los pernos de fijación del bloque	Diario	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					engrasar a fondo los rodamientos y adaptadores. Engrase generalmente	Semanal	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S						realizar inspección del correcto uso del bloque viajero.	Semanal	Mantenimiento operacional

Figura 70. Hoja de Decisión del Malacate.

Referencia de Información		Evaluación de Consecuencia				H1	H2	H3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5				S4
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar sistema de cadenas que impulsan el malacate, verifique que todos los eslabones y uniones se encuentren en buen estado.	Diario	Técnico Mecánico
1	A	2	N	N	N	N	S						Cambiar el aceite del sistema de transmisión de cadenas del malacate y limpiar profundamente el carter o depósito de aceite.	Trimestral	Técnico Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Verificar el estado general del malacate	Mensual	Técnico Mecánico
1	A	4	N	N	N	N	S						Verificar el estado de los piñones, engrasar los acoplamientos principales	Trimestral	Técnico Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Inspeccionar todo el sistema de palancaje de accionamiento del freno del malacate	Mensual	Técnico Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Inspeccionar el espesor (desgaste) del break blocks del freno del malacate.	Mensual	Técnico Mecánico
1	C	1	N	N	N	S	S						Inspeccionar todo el sistema de palancaje de accionamiento del freno del malacate y engrasar los acoplamientos principales	Mensual	Técnico Mecánico

Figura 71. Hoja de Decisión de la Corona.

Referencia de Información		Evaluación de Consecuencia				H1	H2	H3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5				S4
1	A	1	S	N	N	S	N	S					engrasar a fondo los rodamientos y adaptadores. Engrase generalmente	Semanal	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Verificar que no haya desajuste en las poleas	Diario	Maquinista y/o técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Verificar el estado de toda la Corona	Diario	Técnico mecánico
1	B	3	N	N	N	S	S						Verificar el ancho y la profundidad de las ranuras de las poleas acanaladas según especificaciones del fabricante	Semanal	Técnico mecánico
1	B	4	S	N	N	S	S						Verificar el estado de toda la Corona	Diario	Técnico mecánico
1	B	5	N	N	N	S	S						Verificar el ancho y la profundidad de las ranuras de las poleas acanaladas según especificaciones del fabricante	Semanal	Técnico mecánico
1	B	6	S	N	N	S	N	S					Verificar que no haya desajuste y que toda la Corona este funcionando correctamente.	Diario	Maquinista y/o técnico mecánico
1	C	1	N	N	N	S	N	N	S				Revise y/o inspeccione toda la plataforma de seguridad de la corona (soldadura, fisuras o partaduras).	Semanal	Maquinista y/o técnico mecánico

Figura 72. Hoja de Decisión del Winche hidráulico.

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA										MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN					
SISTEMA: UNIDAD BÁSICA					SISTEMA N°2					HOJA N°:8/12					
SUBSISTEMA: WINCHE HIDRÁULICO					FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA					REVISADO POR:					
SUBSISTEMA N°:4															
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1	H2	H3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
			N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10			
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificar el estado de las mangueras hidráulicas y sus respectivos adaptadores. Cambio de ser necesario.	Semanal	Maquinista y/o técnico mecánico
1	A	2	N	N	N	S	N	S							
1	A	3	S	N	N	S	N	S							
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Verificar que el control hidráulico del winche esté operando adecuadamente y se encuentre en óptimas condiciones.	Semanal	Técnico Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Verificar la condición del cable de acero	Semanal	Maquinista y/o técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	N	S								
1	C	3	S	N	N	S	N	S							

Figura 73. Hoja de Decisión de los Acumuladores.

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA										MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN					
SISTEMA: CONTROL DE POZO					SISTEMA N°3					HOJA N°:9/12					
SUBSISTEMA: ACUMULADOR					FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA					REVISADO POR:					
SUBSISTEMA N°:1															
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1	H2	H3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
			N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10			
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Verificar el estado de los manómetros. Cambio si es necesario	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Visualizar el estado del acumulador y mangueras	Semanal	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar que las válvulas funcionen correctamente y estén en buen estado	Semanal	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificar el correcto despliegue de la vejiga en el acumulador	Mensual	Técnico mecánico
1	B	2	N	N	N	S	S						Revisar el estado de lubricación general del acumulador	Semanal	Técnico mecánico
1	B	3	S	N	N	S	N	S					Revisión general del acumulador	Mensual	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	S						Verificar el nivel de aceite	Semanal	Técnico mecánico
1	C	2	N	N	N	S	S						Revisar las conexiones y mangueras. Reparar si es necesario	Semanal	Técnico mecánico
1	D	1	S	N	N	S	N	S					Verificar el correcto manejo del sistema	Diario	Técnico mecánico
1	D	2	N	N	N	S	S						Revisar que las conexiones y acoples estén correctos	Diario	Técnico mecánico

Figura 74. Hoja de Decisión de las Preventoras

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA										MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN					
SISTEMA: CONTROL DE POZO					SISTEMA N°3					HOJA N°:10/12					
					FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA										
SUBSISTEMA: PREVENTORA					SUBSISTEMA N°:2					REVISADO POR:					
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	N	N	N	S	N	S					Verificar que la operación sea la adecuada	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Revizar el nivel de aceite	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico
1	A	3	N	N	N	S	N	S					Visualizar el estado general del preventor	Semanal	Técnico Mecánico
1	B	1	N	N	N	S	S						Revizar el nivel de aceite	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Visualizar el estado general del preventor	Semanal	Técnico Mecánico
1	B	3	S	N	N	S	N	S					Inspeccionar el nivel de presión	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico
1	C	1	N	N	N	S	S						Rectificar la tubería y revisar el estado de los arietes ciegos	Semanal	Técnico Mecánico
1	C	2	N	N	N	S	N	S					Verificar que la operación sea la adecuada	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico

Figura 75. Hoja de Decisión del Choke Manifold.

SERINCO DRILLING S.A. SERVICIO DE INGENIERIA DE COLOMBIA										MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RESULTADOS DE LA HOJA DE DECISIÓN					
SISTEMA: CONTROL DE POZO					SISTEMA N°3					HOJA N°:11/12					
					FACILITADORES: BRAYAN GUERRERO, MAURICIO SIERRA										
SUBSISTEMA: CHOKE MANIFOLD					SUBSISTEMA N°:3					REVISADO POR:					
Referencia de Información			Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisar el nivel de presión. Ajuste si es necesario	Diario	Maquinista y/o Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado interno de las válvulas	Mensual	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Verificar las conexiones	Diario	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Verificar el estado de los manómetros. Cambie si es necesario	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Revizar que las válvulas funcionen correctamente y estén en buen estado	Semanal	Técnico mecánico
1	C	1	N	N	N	S	N	S					Limpieza de la valvula	Mensual	Técnico mecánico

Figura 76. Hoja de Decisión del Poor Boy.

Referencia de Información		Evaluación de Consecuencia				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	A Falta de Tareas			Actividad / Tarea a Realizar	Intervalo Inicial	A Realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5				S4
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificar el estado de los manómetros. Cambie si es necesario	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Verificar el estado general del Poor Boy	Semanal	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Verificar el nive de presión	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	S					Verificar que las conexiones y la tubería estén correctas y en buen estado.	Diario	Maquinista y/o Técnico Mecánico
1	B	1	S	N	N	N	S						Verificar el estado general del Poor Boy	Semanal	Técnico mecánico

6.4 PLAN DE MANTENIMINETO (Unidad Básica)

El período en el cual se debe realizar el mantenimiento preventivo adicional para la Unidad Básica debe ser de 60 días, en el cual debe verificar el siguiente listado.

- Revisar el estado del eje(s) del cardan.
- Verificar el ajuste de los tornillos de los cardanes-flanches de conexión.
- Chequee el juego axial-radial de todas las juntas cardánicas, estas no podrían ser más de 0.10mm.
- Engrase de acuerdo con los requerimientos.
- Inspeccione el estado de todas las hojas resortadas (muelles). Si encuentra alguna partida debe cambiarse inmediatamente.
- Verifique el estado de la tornillería de sujeción y el ajuste de los tornillos centrales de la suspensión trasera.
- Inspeccione el estado de las terminales (cauchos) y de igual forma verifique el ajuste de estas. Adicione grasa acorde a lo requerido.

- Inspeccione y/o revise estado de los rodamientos, rodajas, resortes y frenos de las ruedas.
- Inspecciones y/o revise el estado y funcionamiento del sistema de la dirección (desde la bomba hidráulica – hasta los gatos hidráulicos de la dirección). Verifique la no existencia de fugas. Repare de ser necesario.
- Revise el estado y el ajuste de todas las crucetas. Lubrique de acuerdo con los requerimientos.
- Inspeccione el sistema de aire de accionamiento de los frenos, válvulas relay, bombonas y mangueras, revise posibles fugas y repare o reemplace de ser necesario.
- Inspeccione el estado de las llantas (deterioro del labrado).
- Por último, realice los comentarios pertinentes sobre lo observado y que nos permita solucionar cada problema se haya visto.

7. SOFTWARE DE MANTENIMIENTO SERINCO DRILLING S.A.

El MP es un software profesional para control y administración del mantenimiento que ayuda a mantener organizada toda la información que requiere el departamento de mantenimiento.

En forma general, se puede decir que el MP constituye una poderosa herramienta que le ayudará a:

- Documentar información de los equipos de workover y localización.
- Documentar planes y rutinas de mantenimiento rutinario como no rutinario.
- Organizar y programar trabajos de mantenimiento.
- Organizar historiales referentes a trabajos realizados y recursos utilizados.
- Generar una gran cantidad de consultas, gráficas y reportes relacionados con la gestión del mantenimiento.

7.1 INSTALACION DEL MP SOFTWARE

Los archivos de los programas se entregan en formato comprimido y se descomprimen durante el proceso de instalación donde adicionalmente ofrece un documento en formato PDF del manual de instalación. Por lo tanto, para ejecutar los programas en la computadora, primero hay que correr el programa de instalación que cubre los siguientes procedimientos:

- **Instalación monousuaria:** Se utiliza cuando se ha adquirido el programa versión monousuario y se va a instalar en una PC individual donde no se compartirán ni los programas ni las bases de datos con otros usuarios.

Los requerimientos mínimos del hardware para la instalación monousuario son:

Figura 77. Requerimientos mínimos de hardware versión monousuario.

Requerimientos mínimos de hardware	
Sistema operativo de 32/64 bits	Windows 2000/XP/Vista/7/8/8.1/10 Windows Server 2000/2003/2008/2012
Procesador	Pentium III 800 MHz o superior
Memoria RAM	Windows 2000/XP: 256 MB (512 MB recomendado) Windows Vista/7/8/8.1/10: 1 GB (2 GB recomendado)
Espacio en disco	600 MB (instalando los cursos en video) 195 MB (sin instalar los cursos en video)
Monitor	Resolución de 1024x768 pixeles, color de alta densidad

Fuente: MP SOFTWARE. Manual de Instalación. México: 2018. p. 5.

- **Instalación en un servidor:** Se utiliza cuando se ha adquirido el programa para trabajar en red y se va a instalar en un servidor donde se compartirán los programas y las bases de datos con otros usuarios.

La siguiente figura muestra los requerimientos mínimos de hardware para la instalación en un servidor.

Figura 78. Requerimientos mínimos de hardware en el servidor.

Requerimientos mínimos de hardware en el SERVIDOR	
Sistema operativo de 32/64 bits	Windows Server 2000/2003/2008/2012
Procesador	Pentium III 500 MHz o superior
Memoria RAM	512 MB (2 GB recomendado)
Espacio en disco	240 MB

Fuente: MP SOFTWARE. Manual de Instalación. México: 2018. p. 7.

- **Instalación en una estación de trabajo:** Se utiliza cuando se ha adquirido el programa para trabajar en red y se ha hecho previamente la instalación en un servidor. Esta instalación configura cada estación de trabajo para poder ejecutar cada uno de los programas y poder compartir las bases de datos ubicados en el servidor con otros usuarios.

Figura 79. Requerimientos mínimos de hardware en la estación de trabajo.

Requerimientos mínimos de hardware en la estación de trabajo	
Sistema operativo de 32/64 bits	Windows 2000/XP/Vista/ 7/8/8.1/10 Windows Server 2000/2003/2008/2012
Procesador	Pentium III 800 MHz o superior
Memoria RAM	Windows 2000/XP: 256 MB (512 MB recomendado)
Espacio en disco	Windows Vista/7/ 8/8.1/10: 1 GB (2 GB recomendado) 470 MB (instalando los cursos en video) 100 MB (sin instalar los cursos en video)
Monitor	Resolución de 1024x768 pixeles, color de alta densidad

Fuente: MPSOFTWARE. Manual de Instalación. México: 2018. p. 9.

7.2 DESCRIPCION DEL MPSOFTWARE

A continuación, se presenta una breve explicación resumida de los módulos con sus respectivas ventanas de ajustes y modelamientos principales del MP.

Figura 80. Interfaz MPSoftware.



7.2.1 Catálogos de Equipos y Localización. La implementación del sistema comienza con el levantamiento de los equipos cuyo mantenimiento se desea controlar con el MP.

Al registrar en el sistema el catálogo de equipos y localizaciones, podremos asignar trabajos de mantenimiento tanto a equipos como a localizaciones, así como documentar la localización de cada uno de los equipos.

El MP permite documentar también toda la información referente a los equipos, por ejemplo, fotografías, manuales técnicos, datos del proveedor, etc.

Figura 81. Catálogos equipos.

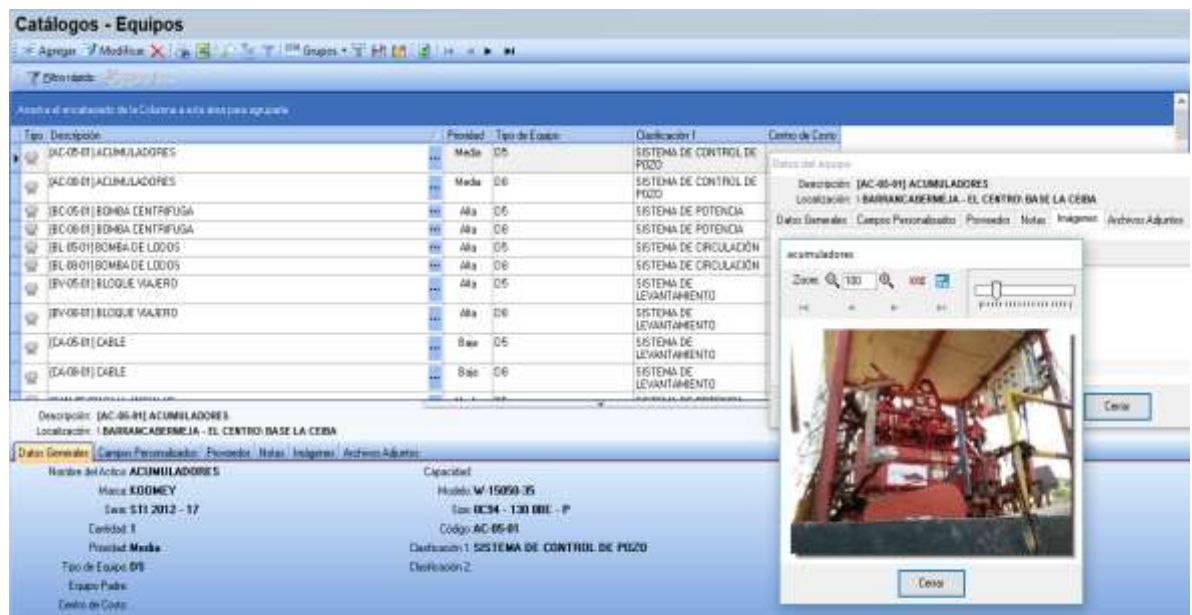
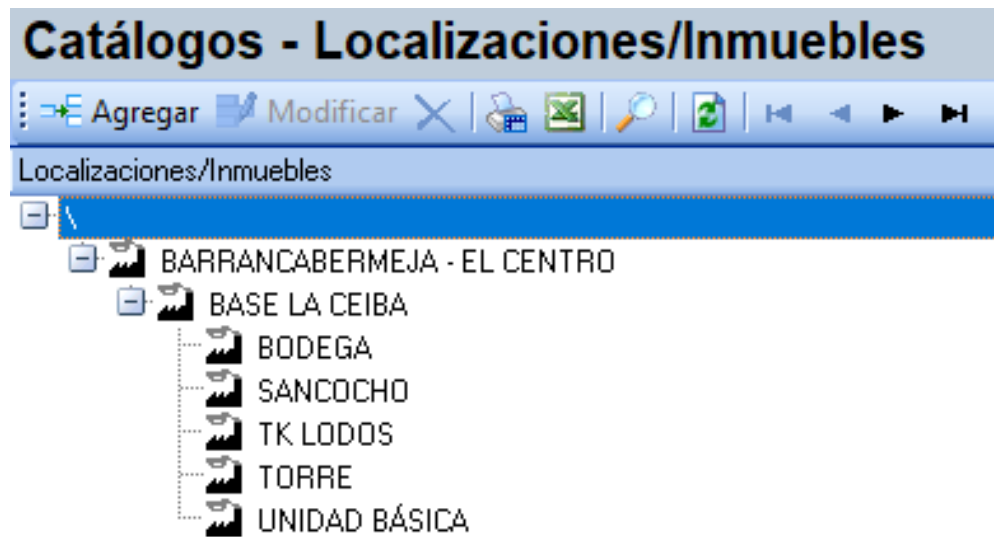


Figura 82. Catálogos Localizaciones.

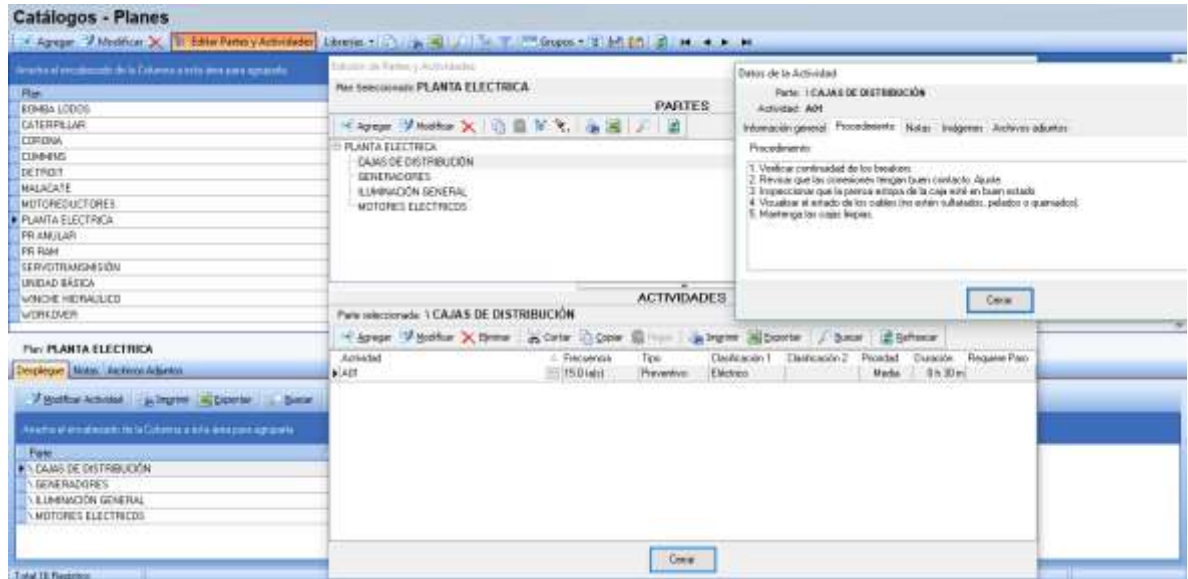


7.2.2 Planes de Mantenimiento. Uno de los puntos medulares del MP es la formación de planes y rutinas de mantenimiento.

En los planes o rutinas de mantenimiento el usuario establece las partes de sus equipos, las actividades de mantenimiento que deben realizarse a cada una de las partes y la frecuencia con que deben realizarse.

En este módulo el usuario es quien estructura los planes de mantenimiento para cada uno de sus equipos, en base a su experiencia o recomendación de los fabricantes de los equipos

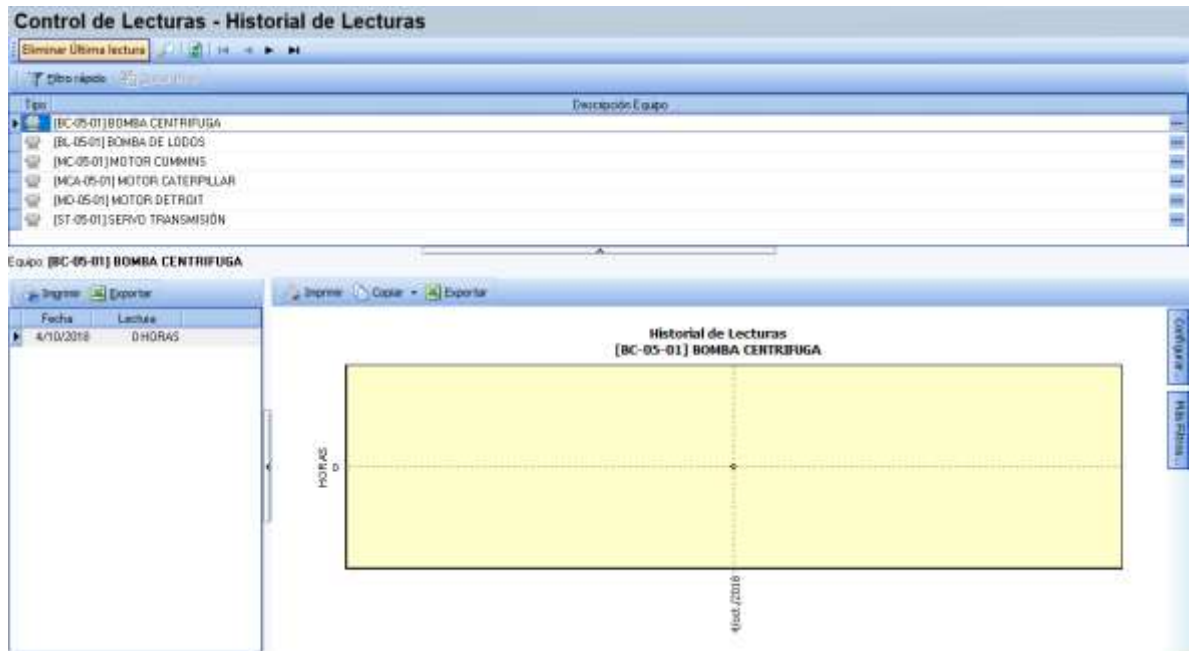
Figura 83. Catálogo de Planes.



7.2.3 Control De Lecturas. La frecuencia con que se realizan las actividades rutinarias las puede establecer el usuario en base a tiempo en base a una lectura, por ejemplo, kilómetros, horas de uso, etc. Incluso es posible establecer frecuencias combinadas en fechas y lecturas, lo que sucede primero.

Quando el mantenimiento rutinario de un equipo se controla en base a lecturas (Ej. Km, hrs., etc.), el usuario deberá registrar periódicamente la lectura de uso para que el MP determine en base a esa lectura los mantenimientos que deben realizarse. Esta lectura es el valor que indica un odómetro instalado en el equipo, un reloj contador de horas de uso, etc.

Figura 84. Control de Lecturas.



7.2.4 Calendarios. Una vez que hacemos la liga de equipos con sus respectivos planes o rutinas de mantenimiento, el MP calcula en forma automática los calendarios de mantenimiento.

En los calendarios de mantenimiento se muestra las fechas cuando deben realizarse cada una de las actividades.

Debido a la gran cantidad de actividades de mantenimiento rutinario que normalmente deben controlarse al hecho de que los calendarios constantemente requieren ser actualizados, solo con un sistema computarizado como el MP es posible mantener toda esa información actualizada y al día.

Figura 85. Calendarios Condensado Anual por Equipo.

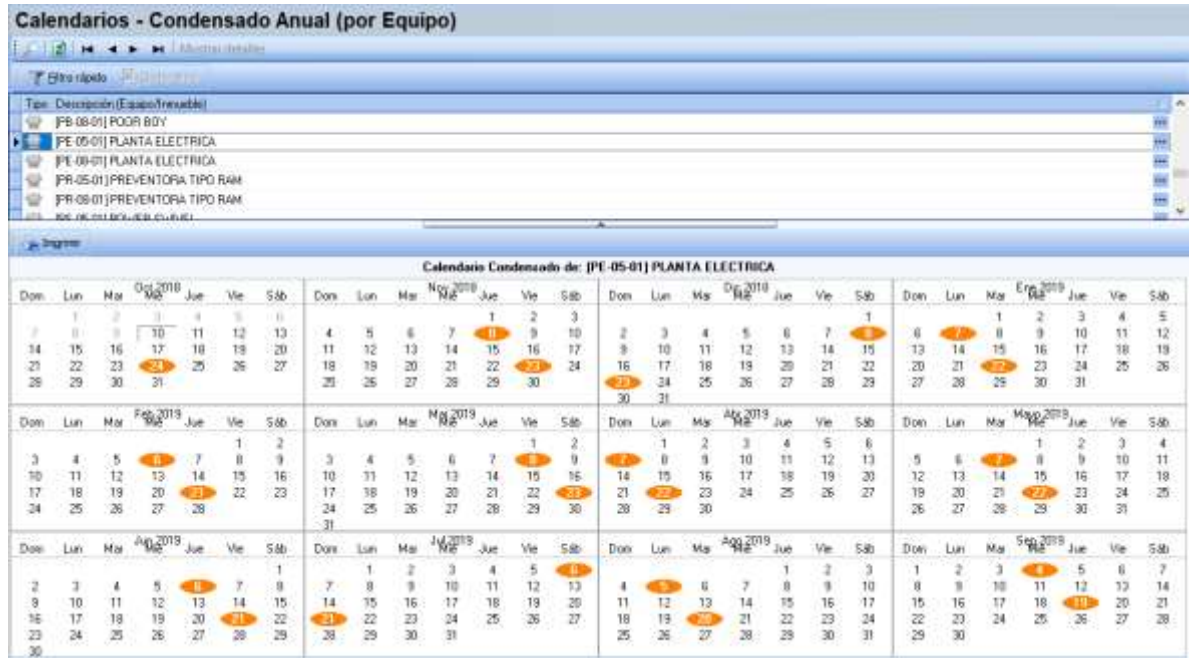


Figura 86. Calendarios Extendido para varios Equipos.



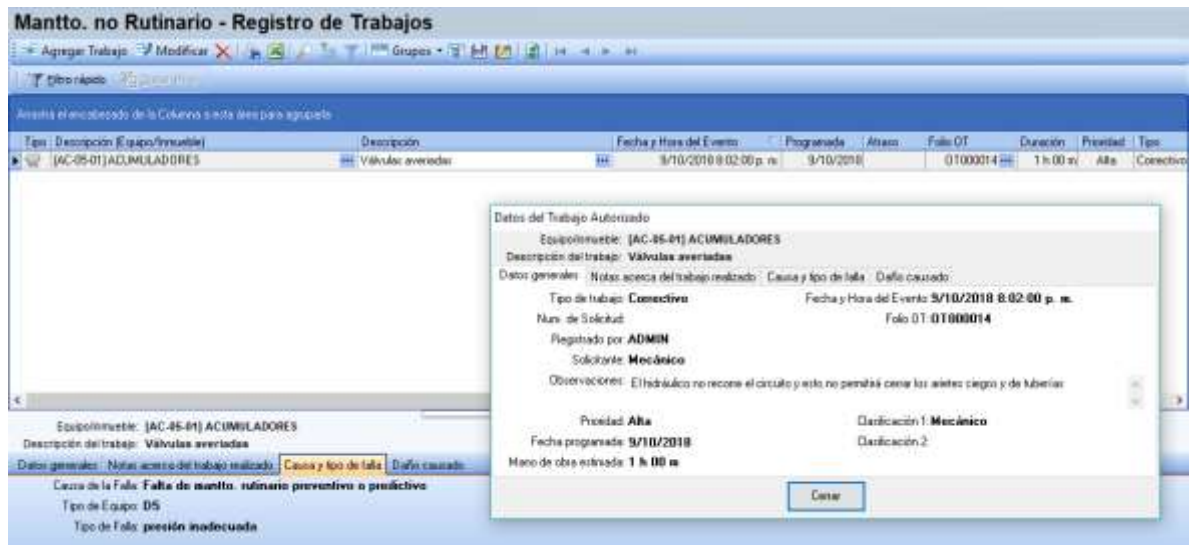
7.2.5 Mantenimiento No Rutinario. Además de los trabajos rutinarios definidos en los planes de mantenimiento, el MP permite registrar trabajos no rutinarios, es decir, trabajos que se realicen una vez, como ejemplo se puede mencionar trabajos de mantenimiento correctivo, mejoras a equipos e instalaciones, trabajos de apoyo a otras áreas o incluso trabajos de mantenimiento preventivo que no se realicen en forma rutinaria.

Cada vez que alguien detecte una falla o requiera los servicios del personal de mantenimiento, podrá registrar su solicitud vía internet o por medio del MPmobile.

Las solicitudes que se hacen vía internet llegan directamente a los administradores de mantenimiento quienes se encargan de registrarlas en el MP y de generar las ordenes de trabajo correspondientes.

Vía internet, las personas que hicieron una solicitud de mantenimiento podrán a su vez consultar el estado que guarda su solicitud, es decir, si ya fue leída, si ya se registró en el MP o incluso si ya fue atendida.

Figura 87. Registro de Trabajos para Mantenimiento No Rutinario.



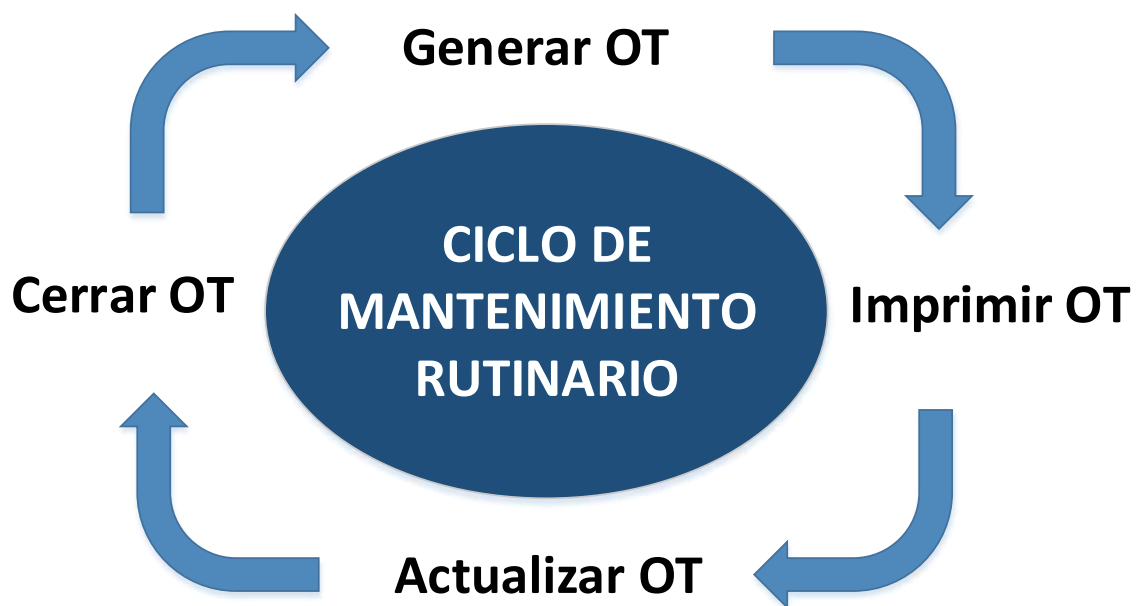
7.2.6 Recursos. Permite al personal de mantenimiento consultar la existencia de repuestos y disponibilidad de las herramientas necesarias antes de iniciar un trabajo, evitando demoras y pérdidas de tiempo por no contar con los repuestos necesarios.

Para cada una de las actividades rutinaria que definimos en los planes de mantenimiento, el MP permite dejar establecidos los repuestos, mano de obra, herramientas y servicios externos necesarios para realizarlas.

Esto permite al MP calcular un flujo de recursos en base a los mantenimientos que se tienen programados y sugerir la adquisición de los repuestos necesarios justo a tiempo, ayudando así a disminuir los niveles de existencias en el inventario

7.2.7 Ordenes de Trabajo

Figura 88. Ciclo de Mantenimiento Rutinario.



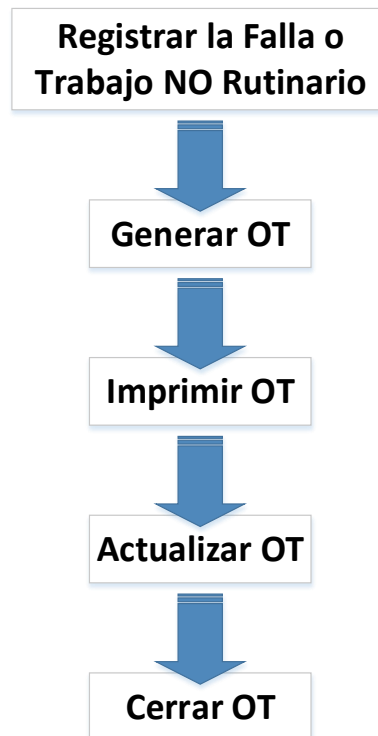
- **Primera Parte** Dia con día el MP indica sobre todos los trabajos que deben realizarse.

En el módulo de generación de ordenes de trabajo el MP presenta una lista actualizada con todos aquellos trabajos programados para realizarse, el usuario genera las ordenes de trabajo agrupando los trabajos por especialidades o cualquier

otro criterio. AL generar las ordenes de trabajo se pueden asignar también un responsable

El MP cuenta con poderosas herramientas de filtrado que le permiten agrupar los trabajos por atender según su prioridad, especialmente, días de atraso, etc. A cada orden de trabajo se pueden incluir una o varias actividades, tanto de mantenimiento rutinario como no rutinario.

Figura 89. Proceso de una Orden de Trabajo no Rutinario.



Las ordenes de trabajo se pueden referir a equipos o localizaciones. Además, las ordenes de trabajo pueden generarse para un equipo específico, o bien se pueden incluir varios equipos en una misma orden de trabajo.

Figura 90. Fase 2 - Ordenes de Trabajo Abiertas.

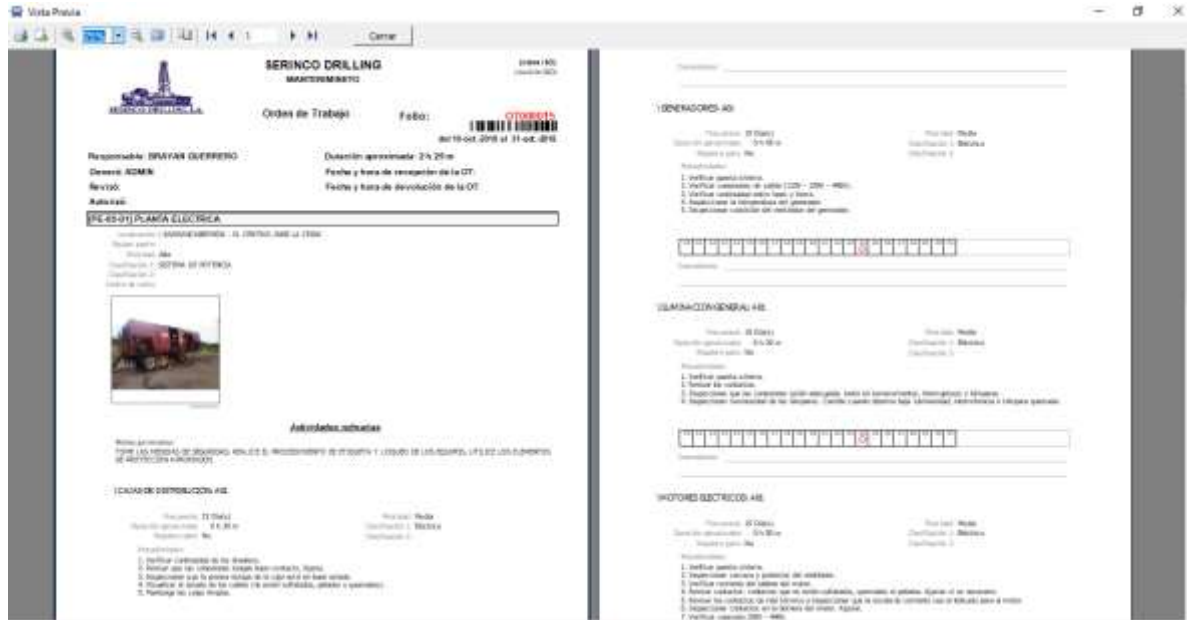
The screenshot displays the 'OTs, Vales y Consumos - Fase 2 - OTs Abiertas' application. At the top, there is a header with the title and navigation options like 'Imprimir OT', 'Actualizar trabajos realizados', 'Vales de almacén', 'Consumos', 'Imágenes', and 'Cancelar OT'. Below the header, there are several tabs and a search bar. A table lists work orders with columns for 'Folio OT', 'Periodo', 'Duración Est.', 'Responsable', 'Estado', 'Porcentaje realizado', 'Vencida', 'Filtros', 'Ubs', 'Vales', and 'Consumos'. One work order is visible with ID 'OT000015', period '10/10/2018 - 31/10/2018', duration '2 h 25 m', and state 'Sin empezar'. Below the table, there is a section titled 'Equipos comprendidos en la Orden de Trabajo' with columns for 'Tipo', 'Descripción [Grupo/Inmueble]', 'Clasificación 1', 'Clasificación 2', and 'Prioridad'. One entry is '(PE-05-01) PLANTA ELECTRICA' with classification 'SISTEMA DE POTENCIA' and priority 'Alta'. Two calendar views are shown for 'Mantenimiento Rutinario: [PE-05-01] PLANTA ELECTRICA'. The first calendar shows activities like 'CAJAS DE DISTRIBUCIÓN', 'GENERADORES', 'ILUMINACIÓN GENERAL', and 'MOTORES ELECTRICOS' with dates from 10 to 31. The second calendar is empty, indicating no information.

- **Segunda Parte.** El MP incluye una herramienta que permite balacear las cargas de trabajo ayudando a optimizar la asignación de las ordenes de trabajo al personal de mantenimiento en función de la duración estimada de los trabajos.

Una vez generadas las ordenes de trabajo el usuario podrá imprimirlas. El MP ofrece varias opciones para configurar el contenido de las ordenes de trabajo impresas.

Conforme se van realizando los trabajos contemplados en las ordenes de trabajo, los encargados deberán reportar al MP sobre los trabajos realizados, de modo que en la base a dicha información el MP calculara las fechas próximas para cuando deban volver a realizarse.

Figura 91. Vista previa de la Orden de Trabajo impresa.



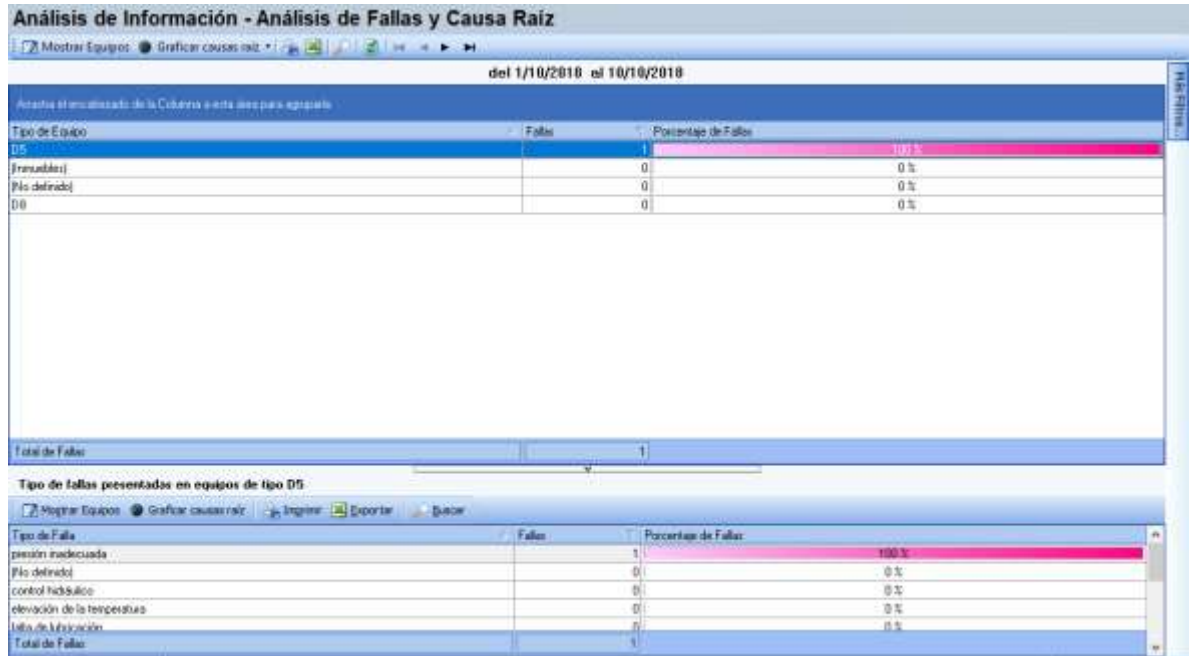
7.2.8 Análisis de Información

- **Primera Parte.** Toda la información referente a los trabajos realizados y recursos consumidos se almacenan a la base de datos del MP y queda disponible para consulta.

El MP contempla varios módulos que permiten analizar y explotar la información que va quedando registrada; por ejemplo, el análisis de fallas y causas raíz constituye una magnífica herramienta en la identificación de los equipos que más fallas presentan, los tipos de falla más frecuentes y las causas raíz que condujeron a las fallas, permitiendo al usuario establecer filtros para generar el análisis en función del impacto de las fallas.

El análisis de falla y causa raíz otorga al administrador del mantenimiento información muy valiosa cuando se busca la disminución de fallas, ayudando a identificar los problemas más respectivos de mayor impacto.

Figura 92. Análisis de Fallas y Causa Raíz.



- **Segunda Parte.** El MP cuenta con un módulo que permite graficar costos, fallas, paros, cantidad de actividades realizadas mensualmente, etc. Así como la generación de graficas comparativas entre diferentes equipos.

Permite por ejemplo comparar en forma gráfica la cantidad de actividades programadas contra la cantidad de actividades realizadas mensualmente.

Incluye también un módulo denominado historia grafica que presenta en forma gráfica los mantenimientos realizados a cada equipo, mostrando los periodos protegidos y desprotegidos.

Este módulo constituye un indicador para evaluar la vulnerabilidad de nuestros equipos y permite evaluar en forma practica el cumplimiento de los programas de mantenimiento establecidos para cada equipo.

En base a la información histórica el MP calcula también índices de mantenimiento como Tiempo Medio entre Fallas, Tiempo Medio para Reparación y Disponibilidad.

Figura 93. Gráfica Programado vs. Realizado.

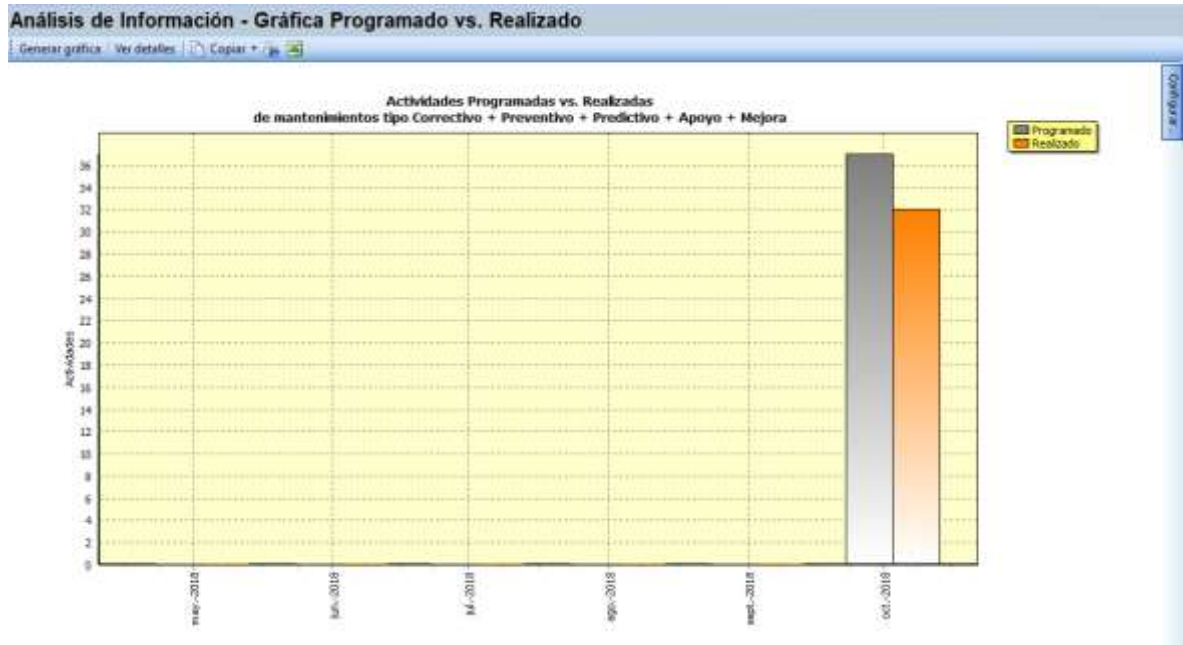
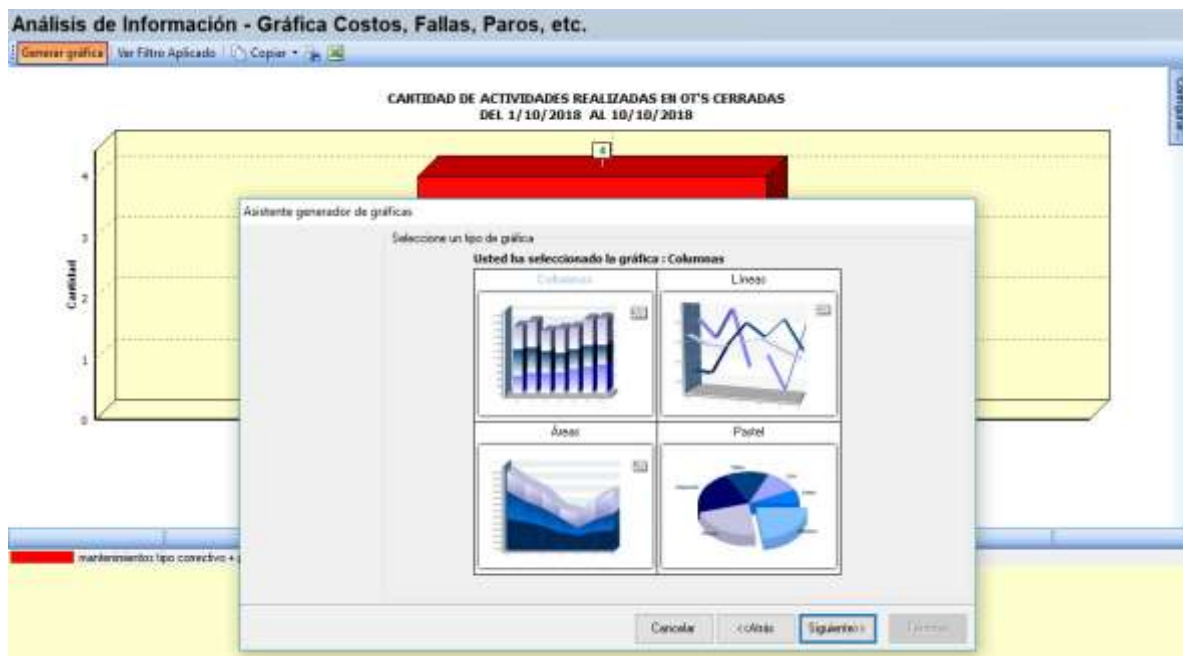


Figura 94. Gráfica Costos, Fallas, Paros, etc.



7.3 CAPACITACIÓN.

El área de mantenimiento de la empresa SERINCO DRILLING S.A. específicamente la coordinación de mantenimiento deberá tener un amplio conocimiento y habilidades de sus programas como lo es el software MP con el fin de aumentar la productividad y generar ventajas competitivas que lleven a un mejor posicionamiento en la industria.

La capacitación estará dirigida al coordinador de mantenimiento por medio de los autores del presente documento a lo largo tres días por tres semanas generando destrezas en su jornada de trabajo mejorando así su tiempo para supervisión de las tareas, en un futuro esta capacitación será complementada y socializada para todo su personal de trabajo (RR. HH.) por su coordinador de mantenimiento llevando lo siguiente.

7.3.1 Documentación. El soporte del proceso y desarrollo del proyecto se plasma en una serie de documentos digitales con su respectivo CD debidamente rotulado, presentados y entregados a la administración de la empresa con copia idéntica al área de mantenimiento incluyendo el presente proyecto de grado en físico, dentro de los cuales contendrá los siguientes documentos:

- Descripción y matriz de hallazgo de los equipos de workover base Barrancabermeja.
- Inventario de los Equipos y sus Herramientas
- Criticidad de Activos base Barrancabermeja.
- Formatos para el Mantenimiento diario y Mantenimiento preventivo
- Hoja de vida de los equipos Workover RIG - 2018.
- Criticidad del Equipo más crítico en la operación de Workover.
- Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)
- Hojas de Decisión.

Esta temática se expone oralmente por parte de los autores, mostrando énfasis en la caracterización de optimizar el tiempo de mantenimiento preventivo en sus equipos, el manejo y funcionamiento de la metodología RCM y por último el uso y propósito del software MP mediante presentación audiovisual de contenido del proyecto ante el representante legal de la empresa, supervisores y coordinador de mantenimiento para que éste complemente la capacitación con sus trabajadores.

7.3.2 Taller de Capacitación para la Implementación del Software MP. Se desarrollarán tres presentaciones dirigidas a el coordinador de mantenimiento quien será la persona encargada de administrar la base de datos, estas capacitaciones serán programadas para realizarse en dos jornadas.

- **Primer Presentación.** En esta presentación se llevará a cabo la parte demostrativa del software con ocho demostraciones de los componentes principales del MP.

En la jornada mañana se presentarán las primeras cuatro demostraciones que son:

- ✓ Breve explicación del MP
- ✓ Catálogos de equipos y localización
- ✓ Programación del mantenimiento
- ✓ Recursos.

En la jornada de la tarde se presentarán las siguientes cuatro demostraciones que son:

- ✓ Ordenes de trabajo
- ✓ Análisis de la información
- ✓ Programación inventario de repuestos
- ✓ Programa control de herramientas

- **Segunda Presentación.** En esta presentación se llevará a cabo el curso MP básico que otorga el programa con siete lecciones fundamentales.

En la jornada mañana se presentarán las primeras tres lecciones que son:

- ✓ Catálogo de equipos (primera parte)
- ✓ Catálogos de localización
- ✓ Catálogos de planes de mantenimiento rutinarios

En la jornada de la tarde se presentarán las siguientes cuatro lecciones que son:

- ✓ Asociación de equipos con planes
- ✓ Ciclos OTs de mantenimiento rutinario
- ✓ Registro de trabajos no rutinarios
- ✓ Proceso de OTs de mantenimiento no rutinario

- **Tercera Presentación.** En esta presentación se llevará a cabo el inicio y control de lecturas con ocho ítems fundamentales.

En la jornada mañana se presentarán los primeros cuatro ítems que son:

- ✓ Acceso al sistema
- ✓ Selección y creación de una base de datos
- ✓ Usuarios y permisos
- ✓ Funciones de operación general

En la jornada de la tarde se presentarán los siguientes cuatro ítems que son:

- ✓ Alta de un plan controlado por lecturas y fechas
- ✓ Historial de lecturas y promedio de uso mensual
- ✓ Análisis de fallas y causa raíz
- ✓ Grafica programado vs realizado

Figura 95. Acta No. 01 del Taller de capacitación.

 **SERINCO DRILLING S.A.**
SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPAMIENTO

ACTA N° 01 DEL TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP EN LA SEDE BARRANCABERMEJA

Fecha: 29 de septiembre de 2018
Lugar: Oficina Company Man – Base la Ceiba

Exponentes:

- Brayan Guerrero Rodriguez
- Mauricio Sierra Caro

Dirigida a:

- Cordinador de Mantenimineto – Daniel Santiago Useche L.

ORDEN DEL TALLER - DEMOSTRACIONES

Jornada Mañana :

- Demostración 1: Breve explicación del MP.
- Demostración 2: Catálogo de equipos y localizaciones.
- Demostración 3: Programación del Mantenimineto.
- Demostración 4: Recursos.

Jornada Tarde:


- Demostración 5: Ordenes de Trabajo.
- Demostración 6: Análisis de la información.
- Demostración 7: Programa inventario de Repuestos.
- Demostración 8: Programa control de Herramientas.


DANIEL SANTIAGO USECHE L.
Coordinador de Mantenimiento

SERINCO DRILLING S.A.
NÚ. 000 077-552-7

Sello

Figura 96. Acta No. 02 del Taller de capacitación.

 **SERINCO DRILLING S.A.**
COMPAÑÍA DE SERVICIOS DE PERFORACIÓN

**ACTA N° 02 DEL TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DEL SOFTWARE MP EN LA SEDE BARRANCABERMEJA**

Fecha: 06 de octubre de 2018
Lugar: Oficina Company Man – Base la Ceiba

Exponentes:

- Brayan Guerrero Rodriguez
- Mauricio Sierra Caro

Dirigida a:

- Cordinador de Mantenimineto – Daniel Santiago Useche L.

ORDEN DEL TALLER – CURSO MP BÁSICO

Jornada Mañana :

- Lección 1: Cátalogo de equipos (primera parte).
- Lección 2: Cátalogo de Localizaciones.
- Lección 3: Cátalogo de planes de mantenimiento Rutinario

Jornada Tarde:

- Lección 4: Asociación de Equipos con Planes.
- Lección 5: Ciclo de OTs de mantenimineto rutinario.
- Lección 6: Registro de trabajos no rutinarios.
- Lección 7: Proceso de OTs de mantenimiento no rutinario.


DANIEL SANTIAGO USECHE L.
Coordinador de Mantenimiento

SERINCO DRILLING S.A.
161 210 077 551-7

Sello

Figura 97. Acta No. 03 del Taller de capacitación.

 **SERINCO DRILLING S.A.**

ACTA N° 03 DEL TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP EN LA SEDE BARRANCABERMEJA

Fecha: 13 de octubre de 2018
Lugar: Oficina Company Man – Base la Ceiba

Exponentes:

- Brayan Guerrero Rodriguez
- Mauricio Sierra Caro

Dirigida a:

- Cordinador de Mantenimineto – Daniel Santiago Useche L.

ORDEN DEL TALLER – INICIO Y CONTROL DE LECTURAS

Jornada Mañana :

- Acceso al sistema.
- Selección y creación de una base de datos.
- Usuarios y permisos.
- Funciones de operación general.

Jornada Tarde:

- Alta de un plan controlado por lecturas y fechas.
- Historial de lecturas y promedio de uso mensual.
- Análisis de fallas y causa raíz.
- Gráfica programado vs. realizado.


DANIEL SANTIAGO USECHE L.
Coordinador de Mantenimiento

SERINCO DRILLING S.A.
Sello

8. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó el inventario y codificación de los equipos de Workover en la empresa SERINCO DRILLING S.A. sede Barrancabermeja encontrando 42 activos para cada workover RIG susceptibles de mantenimiento.
- ✓ Se desarrolló el análisis de criticidad utilizando el método de factores ponderados donde se clasificaron los activos según su nivel de criticidad, dando como resultado que un 33.33% de los activos son críticos, el 54.76% hace parte de los activos medianamente críticos y el 11.91% son los activos no críticos para cada workover RIG.
- ✓ Se analizó dentro de los 14 activos críticos que el 50% de estos activos lo conforma el sistema de potencia y dentro de este se encontró que la planta eléctrica es el activo más crítico con un índice de criticidad de 116 en los valores de criticidad de 1 a 200, al hacer un segundo análisis de criticidad para la planta eléctrica se determinó que el equipo más crítico es el generador.
- ✓ Se alcanzó con un plan de mantenimiento preventivo reducir en un 65% el número y tiempo de paros en la producción.
- ✓ Se observó que los fallos en los equipos más críticos se reducen en un 70%, logrando incrementar la disponibilidad de estos con su máxima confiabilidad.
- ✓ Se determinó en el generador la existencia de 38 Modos y Efectos de falla. gracias al mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).
- ✓ Se evaluó en total 202 Modos y Efectos de fallas por medio de la metodología RCM en los equipos de workover más críticos.

- ✓ Se obtuvo de las tareas propuestas por el RCM que los 14 equipos más críticos deben someterse a tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica, por ende, ningún equipo tendrá una tarea a condición cíclica.

- ✓ Se implementó el software MP brindando para el departamento de mantenimiento y para la empresa en general un mejor manejo de la información en el control y administración del mantenimiento permitiendo documentar la información de los equipos, la localización, los planes de mantenimiento tanto rutinarios como no rutinarios, organizar y programar los trabajos de mantenimiento, organizar historiales de los trabajos ya realizados y generar una gran cantidad de consultas en cuanto a gráficas y reportes relacionados con la gestión del mantenimiento de la empresa.

- ✓ Se analizó que el control y administración del mantenimiento por medio del software reduce el número de horas de trabajo y mano de obra, en la planta eléctrica se redujo en un 50% las horas y la mano de obra utilizadas en la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

- ✓ Se capacitó al coordinador de mantenimiento utilizando tres sábados seguidos tanto en jornada mañana como en jornada tarde y con un valor de trecientos mil pesos (\$300.000) destinados para medios audiovisuales, papelería y el pago de horas extras de trabajo del auxiliar de mantenimiento.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar correctamente los formatos elaborados para la aplicación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos dentro de la operación de workover.
- ✓ Incentivar al personal encargado del mantenimiento a realizar seguimiento continuo del plan de mantenimiento preventivo buscando mejoras y actualizaciones que permitan obtener buenos resultados en las operaciones y trabajos realizados por la empresa.
- ✓ Actualizar el archivo documental del AMEF para cada proceso que se realice dentro de la empresa con el fin de buscar nuevos modos de fallos y modificar el plan conforme se presenten los fallos siempre y cuando no se pierda la confiabilidad del servicio.
- ✓ Ampliar el uso del software para los diferentes activos de la empresa en todas las bases de operación modificando y actualizando la base de datos con el fin de unificar el control y la administración del mantenimiento de toda la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, L. M. y Electricista, I. Metodología RCM Aplicada a Transformadores de Potencia. [En línea]. Repositorio: Universidad Industrial de Santander 2012. (Recuperado en 21 agosto 2018). Disponible en <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2967/2/133363.pdf>

BORRÁS PINILLA, Carlos. Análisis de Criticidad en Activos. En: Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2015. 6p.

BORRÁS PINILLA, Carlos. Definiciones del mantenimiento. En: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Bucaramanga: UIS, 2015. p.27.

CALDERON, Luis y NAVARRETE, Pablo. Plan de Mantenimiento de Campo Colorado. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2007, 217p.

DUFFAA, Salih; RAOUF, A y DIXON, Jhon. Sistemas de mantenimiento. 1ra Edición. México D.F.: Limusa, 2000. 419p.

GEO, Tutoriales. Gestión de Operaciones. [En línea]. (Recuperado en 21 agosto 2018). Disponible en <https://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/arbol-de-decision/>

LA LEYENDA. Equipos que intervienen en el trabajo petrolero. [En línea]. (Recuperado en 21 agosto 2018). Disponible en <http://proyechicontepecatg-equipos.blogspot.com/2009/07/mantenimiento-y-reparacion-de-pozos.html>

LANDAETA VELÁSQUEZ, Jesús R. Establecimiento de un sistema indicador de gestión para el control de mantenimiento centrado en confiabilidad de los equipos

de rehabilitación de pozos (work-over) de una empresa de perforación y rehabilitación de pozos. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad de Oriente. Escuela de ingeniería y ciencias políticas. Departamento de Ingeniería Industrial, 2009, 97p.

LEÓN, Camilo A. y BOHADA, Marlon J. Metodología para la selección, diseño y ejecución del reacondicionamiento de pozos inactivos. Aplicación al campo colorado. Trabajo de grado (Ingeniero de Petróleos). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Petróleos, 2009, 191p.

QUALITY MANT, Group. RCM: Metodología de trabajo que mejora el rendimiento de la fábrica. [En línea]. (Recuperado en 10 septiembre 2018). Disponible en <https://qualitymant.com/que-es-el-rcm/>

SANABRIA, Ronald. Sistema Computarizado para la Administración de Campo Colorado. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2007, 266p.

SERINCO DRILLING S.A. [En línea]. (Recuperado en 6 agosto 2018). Disponible en <http://www.serincodrilling.com/>

TANG, Yang; LIU, Qingyou; JING, Jiajia, et al. A framework for identify cation of maintenance significant items in reliability centered maintenance. [Base de datos en línea]. (Recuperado en 29 agosto 2017). Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216316097?via%3Dihub>

ANEXOS

Anexo A. Carta de recibido SERINCO DRILLING S.A.

 **SERINCO DRILLING S.A.**
UNICIÓN DE RECURSOS Y TALENTO

Tocancipá, Octubre 19 de 2018.

Señor:

DAVID ALFREDO FUENTES DÍAZ
Director Escuela de Ingeniería Mecánica

Respetuoso saludo.

La empresa **SERINCO DRILLING S.A.** hace constar que recibió a satisfacción el trabajo realizado por los estudiantes **BRAYAN YORLEY GUERRERO RODRIGUEZ** y **MAURICIO SIERRA CARO** correspondiente al **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE WORKOVER DE LA EMPRESA SERINCO DRILLING S.A. SEDE BARRANCABERMEJA** Según lo acordado y cumpliendo con:

- La actualización de la base de datos con la información de los activos: TAG de activos, análisis con matriz de criticidad.
- El diseño e implementación de la metodología RCM para los equipos más críticos en la operación de workover.
- La realización del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) de los equipos de workover más críticos.
- La implementación de un software de mantenimiento a la empresa **SERINCO DRILLING S.A.**, para llevar un control adecuado de todo lo pertinente al plan de mantenimiento, además de la capacitación del personal del área de mantenimiento.



SERINCO DRILLING S.A.
NIT 600.077.552-7

SILVO FABIAN SARMIENTO URREA
CC: 13.821.421 de Bucaramanga
Representante Legal

Sello.