

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
BASADO EN LA FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS TORNOS DE LA EMPRESA OPTIDRILL, S.A.
BASE ANACO, EDO ANZOÁTEGUI**

Realizado por:

Ramírez S., Edgar A.

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito
para optar al título de:**

INGENIERO INDUSTRIAL

Anaco, Enero de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
BASADO EN LA FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS TORNOS DE LA EMPRESA OPTIDRILL, S.A.
BASE ANACO, EDO ANZOÁTEGUI

Revisado por:

MSc. Bousquet, Juan
Asesor Académico

Ing. Sebastiani, Oswaldo
Asesor Industrial

Anaco, Enero de 2018

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
BASADO EN LA FILOSOFIA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS TORNOS DE LA EMPRESA OPTIDRILL, S.A.
BASE ANACO, EDO ANZOATEGUI**

Jurado Calificador:

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

MSc. Bousquet, Juan

Asesor Académico

Ing. Brizuela, Giovanni

Jurado Principal

MSc. Medina, Mercedes

Jurado Principal

Anaco, Enero, 2018

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso que me guio para lograr esta meta trazada; a mis maestros que fueron parte fundamental para la formación de una persona con valores y cultura educativa para mi formación profesional para luchar en la vida y ser un hombre útil a mi país Venezuela.

A la Virgencita del Valle por su infinita misericordia y bondad, por ser mi fuerza y mi guía que conduce mi camino.

A mi Madre Cristina Suarez, mi padre Edgar Ramírez. Que me enseñaron que las cosas en la vida se logran con sacrificio, amor y empeño, aquí está el fruto de su esfuerzo, este logro es suyo.

A mi querida Melanie Guevara, ella pues, siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, y poder disfrutar del privilegio de ser agradecido, ser grato con esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

A mi amada familia por siempre confiar en mí y apoyarme durante este camino hasta lograr mi meta y sueño de convertirme en un profesional un sueño que también es de ustedes.

A mi tutor Ing. Juan Carlos Bousquet, por la dirección de este trabajo de tesis, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible cumplir este gran sueño.

A mis hermanos Richard, Wilmer y Luis Eduardo quienes siempre han estado apoyándome en las buenas y malas, gracias por su apoyo.

Edgar Ramírez

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por traerme a este mundo siempre te he pedido y pediré con fe porque el que pide con fe Dios le dará dice tu palabra el que en ti confía Jesús Cristo siempre tiene éxito en la vida te pido que me ilumines el camino para continuar mi etapa profesional y mi etapa familiar siempre con la bendición de ti padre tu palabra dice “ inclina tu oído y oye las palabras de los sabios y aplica tu corazón a mi sabiduría porque es cosa deliciosa y lo guardaras dentro de ti si juntamente se guarda dentro de tus labios Proverbios 21-23.

Especialmente de todo Corazón, quiero agradecer profundamente a la Universidad De Oriente Extensión Anaco, por la formación tan valiosa en los Años de mi formación académica y aprendizaje significativo, obtenido en la casa más alta de Estudio del Oriente Venezolano, agradecido estoy de salir egresado de la mejor Universidad de Venezuela la UDO, nunca voy a olvidar estos años de mi juventud en esta casa de estudio y siempre con Dios representare en lo más alto a la Universidad de Oriente, como un profesional integral para el desarrollo es este gran País Venezuela.

A todos mis Profesores de la formación académica en la Especialidad Ingeniería Industrial muchas gracias nunca los voy a olvidar

Gracias al Profesor Juan Carlos Bousquet mi asesor siempre tomare como ejemplo su perfil de profesional y tratare de aprender para enseñar todo lo aprendido en mi carrera Ingeniería Industrial en cualquiera organización y aquellas personas que se interesen por esta obra también gracias.

Edgar Ramírez

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO-SUR ANACO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
BASADO EN LA FILOSOFIA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS TORNOS DE LA EMPRESA OPTIDRILL, S.A.
BASE ANACO, EDO ANZOATEGUI**

Autor: Edgar A. Ramírez S.

Asesor: MSc. Bousquet, Juan

Línea de Investigación: Mantenimiento.

Fecha: Enero de 2018

RESUMEN

En el siguiente trabajo elaborado bajo un tipo de investigación descriptiva y diseño de campo, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo, basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad para los tornos de la empresa Optidrill, S.A., con fines de mejorar la confiabilidad de los mismos, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los tornos. En vista de no contar con historiales de mantenimiento, fue conveniente utilizar la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual de los tornos, se determinó el contexto operacional de los mismos y se aplicó un Análisis de Modos y Efecto de Falla donde se evaluaron los componentes principales que conforman a los tornos arrojando como resultados 75 modos de fallas inaceptables, lo cual permitió al ENT establecer tareas de mantenimiento y diseñar los planes de mantenimiento que deberían aplicarse al sistema de tornos. El autor recomienda la implementación del plan de mantenimiento propuesto en esta investigación.

Descriptor: Metodología MCC, AMEF, ALD y Planes de Mantenimiento

ÍNDICE GENERAL

| | Pag. |
|--|------|
| RESOLUCIÓN | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| RESUMEN..... | viii |
| ÍNDICE GENERAL..... | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiv |
| INTRODUCCIÓN | xvii |
| CAPITULO I..... | 19 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 19 |
| 1.2 Objetivos de la investigación | 23 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 23 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 23 |
| 1.3 Justificación de la investigación..... | 23 |
| 1.4 Alcance..... | 24 |
| 1.5 Limitaciones..... | 25 |
| 1.6 Descripción de la empresa | 25 |
| 1.6.1 Misión de la empresa | 25 |
| 1.6.2 Visión de la empresa | 25 |
| 1.6.3 Ubicación geografica | 26 |
| CAPÍTULO II | 27 |
| MARCO REFERENCIAL..... | 27 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 27 |
| 2.2 Bases teóricas | 30 |
| 2.2.1 Mantenimiento | 30 |
| 2.2.2 Mantenimiento correctivo | 30 |
| 2.2.3 Mantenimiento preventivo | 31 |
| 2.2.4 Mantenimiento predictivo..... | 32 |
| 2.2.5 Objetivos del mantenimiento | 32 |
| 2.2.7 Planes de mantenimiento | 34 |
| 2.2.8 Programas de mantenimiento..... | 35 |
| 2.2.9 Planificación y programación de los trabajos de mantenimiento. | 35 |
| 2.2.10 Mantenimiento centrado en la confiabilidad:..... | 36 |
| 2.2.10.1 Ventajas y beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad..... | 36 |
| 2.2.10.2 Objetivo del mantenimiento centrado en la confiabilidad | 37 |
| 2.2.11 Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF) | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.12 Modos de fallas | 37 |
| 2.2.13. Efectos de falla..... | 38 |
| 2.2.14 Árbol lógico de decisiones..... | 38 |
| 2.2.15 Torno..... | 39 |
| 2.2.16 Tipos de tornos..... | 40 |
| 2.2.18 Estructura del torno..... | 42 |
| 2.3 Bases legales | 43 |
| CAPÍTULO III..... | 47 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | 47 |
| 3.1 Tipo de investigación | 47 |
| 3.2 Diseño de la investigación | 48 |
| 3.3 Población y muestra..... | 48 |
| 3.4 Unidad de estudio..... | 49 |
| 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 50 |
| 3.5.1 Observación directa..... | 50 |
| 3.5.2 Revisión bibliográfica..... | 50 |
| 3.5.3 Entrevista no estructurada..... | 51 |
| 3.5.4 Mesas de trabajo..... | 51 |
| 3.5.5 Equipo natural de trabajo (ENT)..... | 51 |
| 3.6 Técnicas de análisis de la información..... | 52 |
| 3.6.1 Ficha técnica | 52 |
| 3.7 Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) | 52 |
| 3.7.1 Estructuración de jerarquías..... | 53 |
| 3.8 Análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF)..... | 53 |
| 3.9 Árbol lógico de decisiones (ALD) | 54 |
| 3.10 Diseño de plan de mantenimiento..... | 56 |
| 3.11 Procedimiento metodológico | 56 |
| 3.11.1 Descripción del contexto operacional del funcionamiento de los tornos de la empresa Optidrill, S.A..... | 56 |
| 3.11.2 Jerarquización de cada uno de los componentes que conforman los tornos utilizando según la norma ISO 14224..... | 59 |
| 3.11.3 Realización de un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a cada torno..... | 60 |
| 3.11.4 Establecimiento de las actividades de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisión para cada torno..... | 63 |
| 3.11.4 Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el óptimo funcionamiento de los tornos | 65 |
| CAPÍTULO IV..... | 67 |
| PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS..... | 67 |
| 4.1 Descripción del contexto operacional del funcionamiento de los tornos de la empresa Optidrill, S.A..... | 67 |
| 4.1.1 Contexto operacional de los tornos..... | 67 |
| 4.1.2 Información general del torno CNC..... | 68 |

| | | |
|--|---|-----|
| 4.1.3 | Sistemas que conforman a los tornos cnc | 69 |
| 4.1.4 | Especificaciones técnicas generales de los tornos cnc | 82 |
| 4.1.5 | Sistemas que conforman a los tornos convecionales | 85 |
| 4.1.6 | Información general del torno paralelo | 85 |
| 4.1.7 | Descripción de los componentes principales del sistema de tornos paralelos | 87 |
| 4.1.8 | Especificaciones técnicas generales de los tornos paralelos | 90 |
| 4.2 | Jerarquización de cada uno de los componentes que conforman los tornos utilizando la norma ISO 14224 | 93 |
| 4.2.1 | Área de trabajo | 93 |
| 4.2.3 | Nomenclatura de los nombres de las máquinas | 94 |
| 4.2.4 | Numeración de los equipos por área. | 94 |
| 4.2.5 | Codificación de los componentes de un torno CNC. | 95 |
| 4.2.6 | Codificación de los componentes de un torno convencional | 97 |
| 4.3 | Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) de los tornos de la empresa Optidrill, S.A. | 98 |
| 4.3.1 | Aplicación del análisis de modos y efectos de fallas AMEF | 99 |
| 4.3.1.1 | Definición de las funciones principales de los equipos críticos..... | 99 |
| 4.3.1.2 | Identificación de los modos y efectos de fallas..... | 99 |
| 4.3.3 | Resultados finales del análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) de los tornos | 124 |
| 4.4 | Establecer las actividades de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisión para cada torno. | 128 |
| 4.4.1 | Resultados finales del árbol lógico de decisión (ALD) | 136 |
| 4.5 | Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el óptimo funcionamiento de los tornos | 145 |
| 4.5.1 | Resultados finales de las actividades de mantenimiento para los tornos de la empresa Optidrill, S.A. | 152 |
| CAPÍTULO V | | 155 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 155 |
| 5.1 | Conclusiones | 155 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | 157 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 160 |
| ANEXOS | | 163 |
| METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO..... | | 191 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|------|
| Figura 1.1. Ubicación geográfica de la empresa Optidrill, S.A en Anaco estado Anzoátegui. | 26 |
| Figura 2.1. Estrategia de Mantenimiento. | 34 |
| Figura 2.3. Vista lateral del torno paralelo..... | 39 |
| Figura 2.2. Preguntas básicas del mantenimiento centrado en confiabilidad. | 44 |
| Figura 3.1. Árbol Lógico de Decisiones RCM II..... | 55 |
| Figura 3.2. Taxonomía ISO 14224..... | 59 |
| Figura 3.3. Esquema de jerarquización a utilizar para los tornos | 60 |
| Figura 3.3. Descripción de las características de la Hoja de Información Utilizada..... | 62 |
| Figura 3.4. Ejemplo de la Hoja de Información Utilizada..... | 63 |
| Figura 3.5. Descripción de las Características de la Hoja de Decisión Utilizada. | 65 |
| Figura 4.2 Sistemas que conforman un Torno CNC | 70 |
| Figura. 4.3. Bandeja recoge virutas..... | 71 |
| Figura 4.4. Bancada revestida en fundición gris | 71 |
| Figura. 4.5. Guías lineales de desplazamiento | 72 |
| Figura 4.6. Sistema de amarre y sujeción torreta tipo revolver | 72 |
| Figura 4.7. Husillo de bolas Torno EMCO 220 | 73 |
| Figura. 4.8. Unidad de mantenimiento..... | 74 |
| Figura. 4.9. Mecanismo recoge piezas | 74 |
| Figura 4.10. Contrapunto | 75 |
| Figura 4.11. Bomba de lubricación centralizada..... | 75 |
| Figura 4.12. Filtro de aceite | 76 |
| Figura. 4.13. Motobomba del sistema de refrigeración | 76 |
| Figura 4.14. Recipiente de almacenamiento fluido refrigeración | 77 |
| Figura 4.15. Ubicación de sensores inductivos eje X | 78 |
| Figura 4.16. Sensor de apertura de puerta..... | 78 |
| Figura 4.17. Software Mach3..... | 79 |
| Figura 4.18. Tarjeta de Interface | 79 |
| Figura 4.19. Tarjeta de control motor portaherramientas | 80 |
| Figura 4.20. Controladores sureservo servomotores..... | 80 |
| Figura 4.21. Controlador Mitsubishi motor del eje..... | 81 |
| Figura 4.22. Conector principal | 82 |
| Figura 4.23. Sistemas que conforman a los tornos convencionales | 85 |
| Figura 4.24. Componentes principales del torno | 87 |
| Figura 4.24 Caja Norton..... | 88 |
| Figura 4.25 Cabezal | 88 |
| Figura 4.26 Traslación rápida | 89 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.27 Carros..... | 89 |
| Figura 4.28 Contrapunto | 90 |
| Figura 4.29 Bancada..... | 90 |
| Figura 4.30. Distribución Porcentual de los Resultados de las Actividades de Mantenimiento | 153 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|---|------|
| Tabla 3.1. Población de Personas..... | 49 |
| Tabla 3.2.Unidad de estudio | 49 |
| Tabla 3.4 Modelo de Ficha Técnica usada para los tornos | 58 |
| Tabla 3.6 Hoja de Decisión ALD..... | 64 |
| Tabla 4.2. Ficha técnica de Torno EMCO 220 | 83 |
| Tabla 4.3. Ficha técnica del Torno LEALD TCN 10 S | 84 |
| Tabla 4.4. Ficha técnica del Torno Paralelo KINGSTON HJ 1700..... | 91 |
| Tabla 4.4. Ficha técnica del Torno Paralelo GOODWAY GW 1640..... | 92 |
| Tabla 4.6.Codificación de las áreas de la empresa Optidrill, S. A..... | 94 |
| Tabla 4.7. Codificación de nombres de los equipos..... | 94 |
| Tabla 4.8. Codificación de los tornos del área de servicios de la empresa Optidrill, S. A..... | 95 |
| Tabla 4.9. Sub-Sistema del Torno CNC EMCO220..... | 95 |
| Tabla 4.10. Estructuración de Jerarquía de los tornos | 95 |
| Tabla 4.11. Sub-Sistema del Torno Convencional..... | 97 |
| Tabla 4.12 Estructuración de Jerarquía del torno..... | 97 |
| Tabla 4.13. Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF de Soporte y posicionamiento | 101 |
| Tabla 4.14 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF de Soporte y posicionamiento | 102 |
| Tabla 4.15 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF de Soporte y posicionamiento | 103 |
| Tabla 4.16 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático... 104 | 104 |
| Tabla 4.17 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático... 105 | 105 |
| Tabla 4.18 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático... 106 | 106 |
| Tabla 4.19 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático... 107 | 107 |
| Tabla 4.20 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de lubricación..... | 108 |
| Tabla 4.21 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de lubricación..... | 109 |
| Tabla 4.22 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de lubricación..... | 110 |
| Tabla 4.23 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de refrigeración | 111 |
| Tabla 4.24 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de refrigeración | 112 |
| Tabla 4.25 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de refrigeración | 113 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.26 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad | 114 |
| Tabla 4.27 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad | 115 |
| Tabla 4.28 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad | 116 |
| Tabla 4.29 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad | 117 |
| Tabla 4.30 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de control | 118 |
| Tabla 4.31 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de control | 119 |
| Tabla 4.32 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de control | 120 |
| Tabla 4.33 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema eléctrico | 121 |
| Tabla 4.34 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema eléctrico | 122 |
| Tabla N° 4.35 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema eléctrico | 123 |
| Tabla 4.36. Resultados del AMEF para el TORNO EMCO 220 | 124 |
| Tabla 4.37. Resultados del AMEF para el TORNO LEALD TCN 10S | 125 |
| Tabla 4.38. Resultados del AMEF para el TORNO CONVENCIONAL GOODWAY GW 1640 | 126 |
| Tabla 4.39. Resultados del AMEF para el TORNO CONVENCIONAL KINGSTON HJ 1700 | 127 |
| Tabla 4.40 Hoja de Decisión ALD | 129 |
| Tabla 4.41 Hoja de Decisión ALD | 130 |
| Tabla 4.42 Hoja de Decisión ALD | 131 |
| Tabla 4.43 Hoja de Decisión ALD | 132 |
| Tabla 4.44 Hoja de Decisión ALD | 133 |
| Tabla 4.45 Hoja de Decisión ALD | 134 |
| Tabla 4.46 Hoja de Decisión ALD | 135 |
| Tabla 4.47. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno EMCO 220 | 136 |
| Tabla 4.48. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno LEALD TCN 10S | 138 |
| Tabla 4.49. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno KINGSTON HJ 1700 | 139 |
| Tabla 4.50. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno GOODWAY GW 1640 | 140 |
| Tabla 4.51. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno CNC Emco220 | 141 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.52. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno CNC LEALD TCN 10S | 142 |
| Tabla 4.53. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno convencional Kingston HJ 1700..... | 143 |
| Tabla 4.54. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno convencional Goodway GW 1640..... | 144 |
| Tabla 4.55. Plan de Mantenimiento propuesto para el torno EMCO 220..... | 146 |
| Tabla 4.56. Registro de Mantenimiento de los tornos | 150 |
| Tabla 4.57. Registro de Mantenimiento de los Tornos | 151 |
| Tabla 4.58. Actividades a Realizar por Sistema para los tornos CNC..... | 152 |
| Tabla 4.59 Historial de Fallas para los tornos..... | 154 |
| Tabla 5.1 Programación de mantenimiento propuesto..... | 159 |

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mantenimiento representa una estrategia importante para los activos de toda organización, ya que la falta del mismo, puede aumentar los costos innecesarios producto de no realizarlo cuando corresponde. Por ello, resulta oportuno diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los tornos de la empresa OPTIDRILL, S.A., que contribuya a la conservación en buen estado de operación, pudiendo así lograr, evitar fallas imprevistas, mejorar las operaciones de producción y obtener los requerimiento de calidad necesarias y exigidos por el cliente, preservar la integridad del personal de la empresa y su medio ambiente de trabajo.

OPTIDRILL, S.A., es una empresa que tiene como objetivo fundamental, diseñar, fabricar y reparar equipos de alta tecnología en el área metalmecánica con los más altos estándares de calidad con la finalidad de satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes. El cual cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, pero muy diferente al plan que propuesto que se centra en la confiabilidad, por medio de análisis de modos y efectos de fallas y exámenes estadísticos para predecir las futuras fallas y prever que estas ocurran.

Esta investigación se encuentra estructurada en cuatro capítulos.

El capítulo I llamado El Problema, está formado por la formulación del problema al que se quiere dar una solución. Además, cuenta con la presentación del objetivo general de este proyecto, sus objetivos específicos, justificación y delimitación.

El capítulo II denominado Marco Referencial, abarca la descripción de la empresa, los antecedentes que sirven como base para el diseño de este plan de mantenimiento el marco teórico y las bases legales donde se manifiesta una serie de conceptos, métodos, técnicas relacionadas con esta investigación.

El capítulo III, constituye el marco metodológico, en el que se detallan aspectos relacionados con el tipo y diseño de esta investigación desarrollada, las técnicas de recolección de datos más adecuadas para este proyecto, la unidad de análisis de este estudio y se puntualizan las fases necesarias para la ejecución para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos.

El capítulo IV Presentación y Análisis de Resultados, Ilustra la presentación de los resultados derivados de la investigación entre los cuales se encuentra: La descripción de los tornos de la empresa OPTIDRILL, S.A., la descripción de los modos y efectos de las fallas de las máquinas y equipos sujetos a esta investigación, la evaluación de la criticidad de las fallas en términos de su impacto en la producción, seguridad, ambiente, sujetas a esta investigación, los análisis estadísticos de las fallas de las máquinas y equipos estudiados considerando la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad y por ultimo diseñar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de las máquinas y equipos de la empresa OPTIDRILL, S.A., para las máquinas más críticas.

Finalmente en atención a los resultados de la investigación y de acuerdo con la secuencia de las preguntas y objetivos de la investigación se estructuran las propuestas y conclusiones del trabajo realizado, y a partir de dichas conclusiones se establecen las recomendaciones relacionadas con los aspectos encontrados en el estudio y, a continuación se reseñan las referencias bibliográficas, los apéndices y anexos que amplían más la investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

A través de los años el mantenimiento industrial se ha convertido en uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, con incidencia directa en la cantidad y calidad de la producción. El mismo que ha estado sujeto a diferentes cambios al paso del tiempo, en la actualidad el mantenimiento se ve como una inversión que ayuda a mejorar y mantener la calidad de la producción influyendo de forma directa en la sobrevivencia de cualquier empresa, puesto que es el encargado de asegurar la condición operativa de los equipos e instalaciones, tomando en cuenta factores importantes como: seguridad del personal y del medio ambiente, gastos asociados y optimización de recursos.

El mantenimiento en Venezuela se ha visto afectado debido a los altos niveles de inflación y escasez, lo cual genera que las empresas tengan un constante reto para obtener todos los materiales necesarios para llevar a cabo planes de mantenimiento ya sean preventivo, correctivo o de emergencia, por la poca disponibilidad en el mercado o por el incremento continuo de precios.

En este mismo orden de idea, la empresa OPTIDRILL, S.A., es una empresa Venezolana de servicios direccionales y de optimización del rendimiento de los procesos inherentes a la perforación y re-acondicionamiento de pozos petroleros con base principal en Anaco, estado Anzoátegui con sucursales en Ciudad Ojeda, Barinas en los estados Zulia y Barinas respectivamente; cuenta con inventario propio, equipo de técnicos e ingenieros venezolanos con alta trayectoria calificada en la industria petrolera. Fundada en Febrero del año 1998 siendo pioneros en mejoramiento

continuo así como garantía de la calidad al introducir el primer banco de calibración de herramientas magnéticas de Latinoamérica con un sistema de prueba y certificación de motores de fondo con los cuales, previo a las corridas, se puede comprobar el desempeño de estas herramientas, respectivamente. Inicio sus operaciones con la prestación de servicios de perforación optimizada de pozos direccionales para la industria petrolera así como también servicios de verticalización de pozos, servicios de equipos de Registro Continuo de Desviación (MDW, por sus siglas en ingles), equipos de Telemetría de Pulso de Lodo (LWD, por sus siglas en ingles), Instrumentos Magnéticos de un solo disparo o de varios disparos (multishot o singleshoot), alquiler de herramientas, asesorías técnicas de perforación, completación y alquiler de perforadores automáticos. La organización busca garantizar la satisfacción de sus clientes a través de resultados precisos y confiables en el menor tiempo de ejecución posible.

Actualmente el taller de la empresa dispone de cuatro (04) tornos los cuales no cuenta con la disponibilidad de planes de mantenimiento, indicadores, histórico de fallas, reportes, fichas técnicas así como stock de repuestos, entre otros elementos claves para evitar la ocurrencia de fallas en sus diferentes componentes, las cuales se hacen evidentes por: falta de lubricante, desgaste y/o fatiga de componentes; lo que lleva a los equipos a pérdida de potencia, obstrucción de mecanismos y disminución de su rendimiento, daños eléctricos del motor, llegando hasta en ocasiones a dejar inoperativa la unidad. Esto trae como consecuencias disminución de la vida útil de los tornos y sus partes o componentes, retrasos en la producción, disminución en la calidad del producto, todo lo anterior con incidencia directa en la insatisfacción del cliente interno y externo.

Esta situación se debe a varios factores como la ausencia de políticas, metas y objetivos bien definidos que debe cumplir la organización de mantenimiento para tener plena orientación en la ejecución de las actividades necesarias, la poca

especificación de las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para estos mecanismos, que conlleva a la realización de acciones muy simples como: limpieza, lubricación; así como la carencia de un orden establecido de prioridades para la ejecución de tareas de mantenimiento.

Estas circunstancias pueden llevar a la empresa a sufrir un deterioro significativo e irreversible en su maquinaria, que genere como consecuencia un bajo rendimiento, reduciéndose la capacidad operativa de la organización, impidiendo el desarrollo efectivo de la producción. De esta forma se pierden oportunidades de trabajo como también de las fortalezas con las que cuenta la compañía, alejándose cada vez más del éxito futuro que desea toda empresa.

Por todo lo anterior la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) se utilizó como una herramienta de estudio para buscar el funcionamiento óptimo de los tornos perteneciente a la empresa OPTIDRILL, S.A. utilizando sus dos técnicas fundamentales como son el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y el Árbol Lógico de Decisiones (ALD) para así llegar a unos resultados de funcionamiento y formalizar un plan de mantenimiento para los tornos, para que se reduzcan las fallas de los equipos y su disponibilidad operativa de forma óptima.

Con la propuesta de este proyecto, se busca lograr que la empresa OPTIDRILL, S.A., no solo documente las incidencias y planes de mantenimiento asociados a cada equipo sino que disminuya los índices de fallas de los tornos y logre incrementar la confiabilidad en los equipos para llevar a cabo todas sus operaciones. Es por ello que el presente trabajo de grado está orientado a diseñar un plan de mantenimiento para las máquinas y herramientas que consideren planes, políticas, objetivos claros y ajustados; desarrollados con la participación de los trabajadores que se desempeñan en las áreas involucradas, que permita estructurar de la manera más adecuadas y

conveniente según sea el resultado del diagnóstico de cada torno y las necesidades de las operaciones.

El alcance de la investigación es llevar la Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo a los equipos torno al taller de la empresa OPTIDRILL, S.A., Base Anaco, Estado Anzoátegui.

En consecuencia esta investigación sustenta su importancia en dar a conocer las condiciones operativas actuales de los equipos seleccionados para este proyecto, permitiendo describir su funcionamiento, jerarquizar sus componentes, estudiar las posibles fallas existentes y establecer las actividades de mantenimiento para cada torno, permitiendo proponer un plan de mantenimiento preventivo para el óptimo funcionamiento de los equipos y en consecuencia otorgar a la organización las herramientas necesarias para el abordaje adecuado de técnicas y procedimientos de mantenimiento para preservar la operatividad de sus segmentos de negocio y la productividad.

La originalidad del proyecto radica en que la empresa OPTIDRILL, S.A., no cuenta con planes documentados ni existen registros de la aplicación de procedimientos que evidencien actividades asociadas al mantenimiento de los tornos, por lo tanto, es primera vez que se realizará un estudio de esta índole, con el objetivo de mejorar la operatividad y productividad en la organización.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad de los tornos de la empresa OPTIDRILL, S.A. Base Anaco, Edo. Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir el contexto operacional del funcionamiento de los tornos de la empresa Optidrill, S.A.
- Jerarquizar cada uno de los componentes que conforman los tornos utilizando la norma ISO 14224.
- Realizar un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a cada torno.
- Establecer las actividades de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisión para cada torno.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el óptimo funcionamiento de los tornos.

1.3 Justificación de la investigación

Con la propuesta de este plan de mantenimiento centrado en confiabilidad se pretende lograr un aumento en la eficiencia de los tornos que operan dentro de la OPTIDRILL, S. A. Así mismo, se espera una reducción significativa de las interrupciones del proceso productivo.

Por otro lado, al conocer todas las características relacionadas con los activos de la empresa en este caso los tornos en estudio, dicha organización estará en condiciones para tomar un mejor control de mantenimiento y efectuar el plan, para el cual los beneficios esperados son:

Optimizar disponibilidad de los tornos, disminuir los altos costos que conlleva hacer mantenimiento correctivo, mejor disposición de los recursos humanos aplicando los cambios de piezas en el momento indicado sin realizar sobre mantenimiento, maximización de la vida útil de los tornos, evitar accidentes por derrame de lubricantes o piezas en mal estado, reducir fallas a los equipos y obtener productos de calidad y satisfacción al cliente.

Desde el punto de vista teórico y metodológico de aplicabilidad de este plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, es que sirve de base para futuras investigaciones que estén relacionadas con el mismo campo de trabajo, lo cual hace posible ser modelo de respuesta inmediata, prestar un servicio de mejor calidad y estar siempre en el mercado comparativamente, estar a la par con los otros en cuanto a tecnología se refiere y todo esto apoyado por un personal capacitado.

1.4 Alcance

La elaboración de un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para los tornos que operan en la empresa Optidrill, S.A; Base Anaco. Este abarca desde la descripción del contexto operacional de los tornos, jerarquización de los sistemas, el análisis de modos y efectos de fallas, la aplicación del árbol lógico de decisiones en los equipos que operan en la empresa Optidrill, S.A Base Anaco. (Desde 12/02/2015 hasta 12/08/2015)

1.5 Limitaciones

La ausencia de colaboración para la adquisición de documentación relativa a historiales de falla, registro de tiempo fuera de servicios, tampoco se contaba con los registro de tiempo entre fallas.

Solo se tienen algunos manuales del fabricante y no están especificados muchos de los mantenimientos de los equipos, los cuales, con el paso del tiempo los técnicos han ido realizando y aprendiendo, algunos por su vasta experiencia en el área de la mecánica o el haber trabajado con este tipo de equipos en otras empresas, otros aprenden de los anteriores por iniciativa propia y de manera empírica aunque el área cuenta en su mayoría de personal técnico capacitado a nivel medio y superior.

1.6 Descripción de la empresa

1.6.1 Misión de la empresa

Proveer servicios direccionales y de optimización del rendimiento de los procesos inherentes a la perforación y re-acondicionamiento de pozos petroleros, con la aplicación de avanzadas tecnologías que garanticen la satisfacción de nuestros clientes a través de la obtención de resultados precisos y confiables en el menor tiempo de ejecución.

1.6.2 Visión de la empresa

Lograr consolidar el status de empresa venezolana líder en el área de servicios direccionales y de optimización de los procesos de perforación y re-acondicionamiento de pozos petroleros, con la aplicación de tecnología innovadora, confiable y competitiva.

1.6.3 Ubicación geográfica

La empresa Optidrill, S.A. Anaco (Sede Principal) Carretera Negra Km 98 Antiguo Campo OTIS. Anaco, Edo. Anzoátegui. Venezuela para mayor referencia visualizar la figura 1.1.



Figura 1.1. Ubicación geográfica de la empresa Optidrill, S.A en Anaco estado Anzoátegui.

Fuente: googlemaps

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

Sarti, C (2017) *“Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Basado En La Metodología Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (Mcc) A Las Llaves Hidráulicas De La Empresa Representaciones Vale, C.A., Anaco, Edo Anzoátegui”* En virtud de mejorar el desempeño de la empresa Representaciones Vale, C.A (Revalca), se ha elaborado el siguiente trabajo de grado bajo una investigación de tipo descriptivo y diseño de investigación de campo, el cual consistió en el diseño de planes de mantenimiento para las Llaves Hidráulicas aplicando la metodología MCC. En primer lugar, se realizó la descripción del contexto operacional de las Llaves Hidráulicas utilizando manuales del fabricante. Posteriormente se jerarquizó las fallas en las Llaves Hidráulicas mediante el Análisis de Criticidad, luego se llevó a cabo la estructuración de jerarquías de acuerdo a la norma Iso 14224, para continuar con el Análisis de Modos y Efectos de Fallas, donde se evaluaron cada uno de los componentes (ítem mantenible) que conforman a las Llaves Hidráulicas, para así determinar las fallas, modos de fallas y efectos de fallas, todo esto con ayuda del equipo natural de trabajo (ENT), seguidamente se condujo a la implementación del Árbol Lógico de Decisiones el cual permitió a el ENT establecer las tareas de mantenimiento y diseñar los planes de mantenimiento que deben aplicarse a las Llaves Hidráulicas. Los niveles de criticidad que se obtuvieron como resultado, fueron cuatro (4) llaves hidráulicas críticas con 31%, seis (6) llaves hidráulicas semicríticas con 46% y tres (3) no-críticas con 23%. Se recomienda extender el estudio del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) hacia todos los demás equipos.

El trabajo aportó ideas de cómo emplear la norma ISO 14224 y observar el despiece de los subsistemas.

Marín O. (2014). *“Diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología MCC para el sistema de tornos paralelos de la empresa SERVICIOS EN HERRAMIENTA Y SUPLIDORA, C.A. (S.H.S, C.A), ANACO, ESTADO ANZOATEGUI”*. El trabajo de investigación centró su objetivo principal en el diseño de planes de mantenimiento para el sistema de tornos paralelos aplicando la metodología MCC, apoyando su justificación en que este sistema presentó en promedio 18 fallas al año lo cual resulto poco favorable para la ejecución de las operaciones de la empresa. La investigación realizada fue de carácter descriptivo con un diseño aplicable de investigación de campo. En primer lugar, se realizó la descripción del contexto operacional de los tornos utilizando sus fichas técnicas y manuales del fabricante, luego basándonos en sus registros de fallas de 2010, 2011 y 2012 se llevó a cabo el análisis de modos y efectos de fallas donde se evaluaron sus subsistemas que conforman a los tornos arrojando como resultado modos de fallas inaceptables, de reducción deseable y aceptables, lo que condujo al Árbol Lógico De Decisiones el cual permitió al ENT establecer las tareas de mantenimiento y diseñar los planes de mantenimiento que deben aplicarse al sistema de tornos. En base a esto se realizó el estudio de costo – beneficio donde se determinó la rentabilidad del proyecto.

En relación al aporte de esta investigación con el proyecto propuesto sirvió de guía para ver el abordaje en la descripción del contexto operacional.

Puccia J. (2014). *“Propuesta de un Plan de Mantenimiento bajo la filosofía Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para los equipos dinámicos del Sistema de Circulación de Fluidos de Perforación del Taladro Gw-63, de la Empresa Bohai Drilling Service Venezuela S.A”* .La investigación se enfocó en proposición de planes

de mantenimiento bajo la filosofía MCC mejorando la confiabilidad de los equipos, evitando la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, fallas y paradas, se aplicó un tipo de investigación descriptiva y el diseño de la misma fue de campo, puesto que los datos se obtuvieron directamente del lugar donde ocurren los hechos. Se realizó una descripción del contexto operacional del sistema y se aplicó un análisis de criticidad para enfatizar estudios y destinar recursos en los componentes de mayor relevancia, luego se realizó un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a los componentes críticos, asentándolos en la hoja de información para luego determinar el tipo de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisiones (ALD) y registrarlas en la hoja de decisiones, de allí se elaboró el plan de mantenimiento donde se generaron veintidós tareas preventivas son variadas y con paridad de porcentajes, entre las cuales figuran tareas a condición (64%), reacondicionamiento cíclico (9%), sustitución cíclica (27%) y búsqueda de falla, donde las bombas triplex y zarandas vibratorias requieren la mayor cantidad de ellas.

Este proyecto aportó ideas sobre la aplicación de la metodología análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Barrios J. (2013). *“Evaluación de las fallas del sistema de suabo perteneciente a la empresa ingeniería y servicios técnicos Newsca S.A”*. El presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de fallas del sistema de suabo de la empresa Newsca, S.A Dicha evaluación se llevó a cabo tras la aplicación conjunta de las herramientas de confiabilidad AMEF y ACRF, donde se evaluaron los sub-sistemas críticos (UA, ME y SH), determinados mediante la aplicación de la técnica de diagrama de Pareto. Dando como resultado los modos de fallas inaceptables, a los cuales mediante la herramienta de árbol lógico de fallas se le pudieron detectar causas raíces latentes tales como: deficiencia en la programación y control de mantenimiento preventivo programado, falta de adiestramiento del personal, falta de procedimientos, entre otras.

En base a estos resultados se propuso una mejora en el programa de mantenimiento actual, lo cual resulto rentable, según los resultados de un análisis costo-beneficio.

Este trabajo sirvió para apreciar la implementación del Árbol Lógico de Decisión (ALD)

2.2 Bases teóricas

Las bases teóricas representan los fundamentos conceptuales que sustentan el proyecto de investigación y facilitan su comprensión. A continuación se describen un conjunto de conceptos relacionados con el tema en estudio:

2.2.1 Mantenimiento

Duffuaa, S. y otros (2008) define que: “es la combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o un sistema se conservan o reparan para que pueda realizar sus funciones específicas”. (p.29) El principal objetivo del mantenimiento es conservar los bienes que componen el proceso productivo de toda organización tenga una intervención directa o no en el resultado del producto y mantenerlos en las condiciones más óptimas posibles, es el propósito que se persigue con el presente proyecto para la empresa OPTIDRILL, S.A.

2.2.2 Mantenimiento correctivo

De acuerdo a Duffua, S y otros (Op.Cit.) se denomina mantenimiento correctivo:

Aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en

localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo. (p.33)

Aunque el mantenimiento para algunas organizaciones sigue siendo sinónimo de reparar aquello que estaba averiado, el enfoque con el cual se plantea el concepto en este proyecto es como un conjunto de acciones necesarias para devolver a un equipo o sistema a sus condiciones normales operativas, luego de la aparición de una avería o falla.

2.2.3 Mantenimiento preventivo

Duffuaa, S y otros. (Op.Cit.).Conceptualiza que: “es el mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o según criterios prescritos, y cuyo fin es reducir la probabilidad de avería o deterioro del funcionamiento de un equipo”. En la concepción de este proyecto se considera el mantenimiento preventivo como el conjunto de acciones periódicas necesarias para conservar un equipo en condiciones operativas independientemente de su comportamiento e incluso la frecuencia de ejecución de tareas de mantenimiento, pues estas, pudieran variar de acuerdo a la utilidad y a la necesidad de producción.

Este mantenimiento de acuerdo a Duffuaa, S y otros. (Op.Cit.) se basa en dos tipos:

- Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso: el mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Puede realizarse con base en el uso o las condiciones del equipo. El mantenimiento preventivo con base en el uso o en el tiempo se lleva a cabo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido. Requiere de un alto nivel de planeación. Las rutinas que se realizan son conocidas, así

como sus frecuencias. En la determinación de la frecuencia generalmente se necesitan conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo.

- Mantenimiento preventivo con base en las condiciones: este mantenimiento preventivo se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros claves del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de éste. A esta estrategia también se le conoce como mantenimiento predictivo. (p.33)

2.2.4 Mantenimiento predictivo

Duffuaa, S y otros (Op.Cit.) explica que este mantenimiento está basado en:

Un análisis detallado del estado o condición de operación de las maquinas monitoreadas. El estado de la maquina puede obtenerse mediante varias pruebas no destructivas. El uso de estas técnicas dará como resultado un mantenimiento mucho más eficiente, en comparación con los tipos de mantenimientos anteriores.

La idea de esta estrategia de mantenimiento, está en el hecho que la mayoría de las partes de una maquina dará un tipo de aviso característico antes de que se produzca una falla mayor. En una planta donde se usa el mantenimiento predictivo, el estado general de las maquinas es conocido en cualquier momento, haciendo posible una planificación más precisa de la gestión, en este juegan un papel fundamental los usuarios, quienes generan la alertas sobre incidencias o desperfectos que se presente en los equipos, siendo este el caso en algunas ocasiones que se presenta en la organización en la que se ejecutará este proyecto.

2.2.5 Objetivos del mantenimiento

Duffua S y otros. (Op.Cit.) expresa que “el objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo” (p.80). Además, el mantenimiento establece una serie de metas que se deben

considerar previamente para el desarrollo del fin central de esta investigación, de acuerdo a Duffua S. (Op.Cit.) son los objetivos y los define como indica a continuación:

- Proporcionar los servicios técnicos de ingeniería requeridos, para que los equipos funcionen de manera segura y eficiente, con el estricto cumplimiento de las normas de seguridad.
- Reducir y optimizar costos.
- Mejorar los índices de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y efectividad a los sistemas.
- Asegurar continuamente la calidad de los procedimientos de trabajo inherentes a sus actividades.(p.80)

2.2.6. Filosofía del mantenimiento

Duffua S y otros (Op.Cit.), establece:

La filosofía del mantenimiento de una planta es básicamente la de tener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y la disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad. Para lograr esta filosofía, las siguientes estrategias pueden desempeñar un papel eficaz si se aplican en la combinación y forma correctas. (p.32)

Cada una de estas estrategias de mantenimiento tiene una función en la operación de toda organización. Es la mezcla óptima de estas estrategias la que da por resultado la filosofía de mantenimiento más eficaz. La figura 2.1 ilustra las estrategias de mantenimiento para su mayor comprensión:

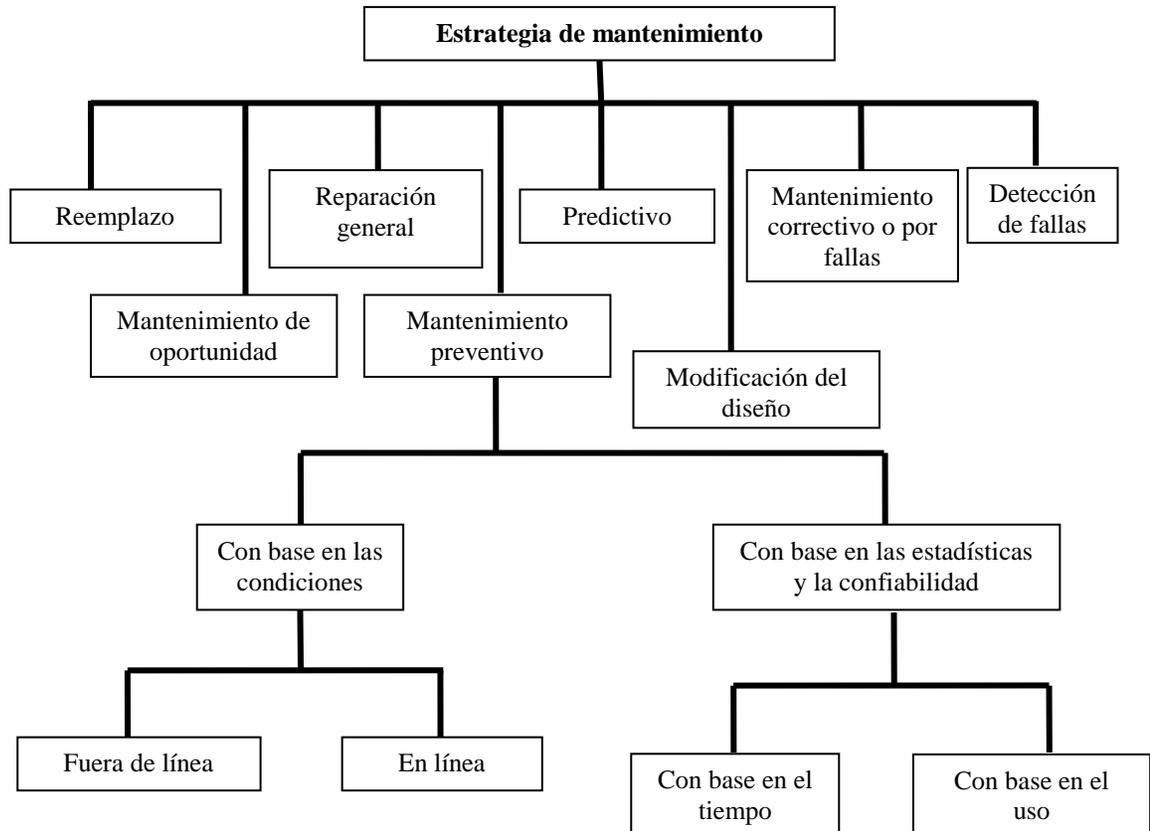


Figura 2.1. Estrategia de Mantenimiento.
Fuente: Duffua S y otros (p. 34).

2.2.7 Planes de mantenimiento

Duffua S y otros (Op.Cit.), define los planes de mantenimiento como:

Los documentos que proporcionan los registros y evidencia detallada de la forma en que se ejecutan los procesos, los responsables de ejecutar las tareas, cuando y donde se hacen. La información necesaria para elaborar estos planes se obtiene a través de:

- Recopilación de las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.
- Experiencia de los técnicos y responsables de las operaciones del equipo del sistema en estudio y de otras parecidas.
- Realizar un análisis de fallo de la instalación. Esto último en caso de que se tenga información del equipo o sistema en estudio. (p. 90)

Los planes de mantenimiento son la relación detalla de las actuaciones de mantenimiento que necesita un elemento e indica los intervalos temporales con que deben efectuarse, esa filosofía será aplicada en el desarrollo de los planes de mantenimiento de los tornos de la empresa OPTIDRILL, S.A.

2.2.8 Programas de mantenimiento

Según COVENIN 3049-93 “Mantenimiento, Definiciones” (1993):

Es una lista donde se asigna a las tareas de mantenimiento a periodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse con mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución y se elabora un plan estratégico de mantenimiento (p.07)

2.2.9 Planificación y programación de los trabajos de mantenimiento.

Según Duffua S y otros. (2008), “Sistemas de mantenimiento planeación y control”, un programa confiable debe tomar en consideración de lo siguiente:

Una clasificación de prioridades de trabajos que refleja la urgencia y el grado crítico. El programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones. Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá y no lo que el programador desea. Flexibilidad en el programa; el programa se revisa y actualiza con frecuencia. (p.96).

Resulta evidente que una buena planificación es un requisito previo para la programación acertada. Sin embargo, para que la plantación sea exitosa, es necesaria una retroalimentación de la función de programación.

2.2.10 Mantenimiento centrado en la confiabilidad:

Según Espinoza, H., y otros “Pasos para aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad” (2003) el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad:

Es uno de los procesos desarrollados 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. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De éstos procesos, el MCC es el más efectivo (s/n).

En otras palabras el MCC es una metodología que permite identificar estrategias efectivas de mantenimiento que permiten garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

2.2.10.1 Ventajas y beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Espinoza H y otros (Op. Cit.), el MCC ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando es aplicado correctamente produce los beneficios siguientes (s/n):

- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor Control de los costos del mantenimiento.
- Mayor aprovechamiento de la vida útil de los equipos.
- Una amplia base de datos de mantenimiento.

La metodología MCC nos permite ajustar estrategias de mantenimiento al entorno operacional, ya que está basada en planes óptimos de mantenimiento y estas grandes ventajas y beneficios se logran obtener en mediano plazo-largo plazo.

2.2.10.2 Objetivo del mantenimiento centrado en la confiabilidad

Expreso Espinoza H y otros (Op.Cit.) que: “el objetivo principal de MCC está reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no es estrictamente necesario”. Esta filosofía trata de determinar las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables trabajando de manera funcional, organizada, lógica y documentada.

2.2.11 Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF)

Según Duffua S y otros (2008), “es una técnica empleada para cuantificar y clasificar las fallas críticas en el diseño del producto o el proceso, comprende la identificación de todas las características funcionales y secundarias”. El objetivo básico del AMEF es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de las fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente y operaciones (producción).

2.2.12 Modos de fallas

Según Espinoza y otros (2003), “pasos para aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad” el MCC define el modo de falla como:

Las causas raíz más probable de cada falla funcional. Es decir, el modo de falla es la descripción del evento que causa una falla funcional. Busca determinar el origen de cada falla funcional, que genera la pérdida de la función total o parcial de un sistema/activo en su contexto operacional. (s/n)

En adelante la tarea será tratar de identificar y describir el evento más probable que cause una falla funcional, esto permite, comprender exactamente qué es lo que puede que estemos tratando de prevenir.

2.2.13. Efectos de falla

Espinoza H y otros (Op.Cit.). “Corresponde a la información de los eventos secuenciales que ocurren cuando un modo de falla se da. Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario”. (s/n) En otras palabras, esto se refiere a que pasaría si ocurriera, es decir, proporciona la base para decidir si merece la pena realizar el mantenimiento preventivo. En esta etapa se debe especificar el impacto que trae consigo la ocurrencia de un modo de falla sobre el ambiente, la seguridad, las operaciones y los costos. Cada modo de falla puede tener más de una consecuencia o efecto

2.2.14 Árbol lógico de decisiones

De acuerdo a Espinoza H y otros (Op.Cit.):

“Para la construcción del árbol lógico de decisiones ceden inevitablemente los criterios a considerar y sus prioridades correspondiente. Así por ejemplo se podrá dar prioridad a la prevención de la falla frente a su corrección, a la aplicación de técnicas de mantenimiento basadas en la condición operativa del frente actividades periódicas de mantenimiento o considerar aspectos tales como la evidencia de las fallas para los operadores cuando dichas fallas ocurren”.

El resultado de aplicar esta herramienta será el conjunto de tareas de mantenimiento recomendadas para cada equipo que se consideran eficientes para limitar las causas de fallas analizadas. Estas tareas de mantenimiento estarán

definidas por los ideales específicos a realizar sobre el equipo en cuestión y por sus frecuencias de fusión correspondientes.

2.2.15 Torno

Según Enciclopedia de Ciencia y Técnica. (1984). “Conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar, cortar, fisurar, trapacear, y ranurar piezas de forma geométrica por revolución.” (s/p). Desde el inicio de la revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas véase la figura 2.3.



Figura 2.3. Vista lateral del torno paralelo

Fuente: Enciclopedia de Ciencia y Técnica. (1984). Tomo13 Torno. Salvat Editores S.A

2.2.16 Tipos de tornos

Es importante conocer los diferentes tipos de tornos ya que esto nos aportara ideas de sobre las funciones y el tipo de operación que realiza de cada uno de ellos. Según La Enciclopedia de Ciencia y Técnica. (1984).

- Torno paralelo

El torno paralelo o mecánico es el tipo de torno que evolucionó partiendo de los tornos antiguos cuando se le fueron incorporando nuevos equipamientos que lograron convertirlo en una de las máquinas herramientas más importante que han existido. Sin embargo, en la actualidad este tipo de torno está quedando relegado a realizar tareas poco importantes, a utilizarse en los talleres de aprendices y en los talleres de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales.

Para la fabricación en serie y de precisión han sido sustituidos por tornos copiadores, revólver, automáticos y de CNC. Para manejar bien estos tornos se requiere la pericia de profesionales muy bien calificados, ya que el manejo manual de sus carros puede ocasionar errores a menudo en la geometría de las piezas torneadas.

- Torno copiator

Se llama torno copiator a un tipo de torno que operando con un dispositivo hidráulico y electrónico permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce una réplica igual a la guía.

Este tipo de tornos se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros, que han sido previamente forjadas o fundidas y que tienen poco material excedente. También son muy utilizados estos tornos en el trabajo de la madera y del mármol artístico para dar forma a las columnas embellecedoras. La preparación para el mecanizado en un torno copiado es muy sencilla y rápida y por eso estas máquinas son muy útiles para mecanizar lotes o series de piezas que no sean muy grandes.

- Torno automático

Se llama torno automático a un tipo de torno cuyo proceso de trabajo está enteramente automatizado. La alimentación de la barra necesaria para cada pieza se hace también de forma automática, a partir de una barra larga que se inserta por un tubo que tiene el cabezal y se sujeta mediante pinzas de apriete hidráulico.

- Torno vertical

El torno vertical es una variedad de torno, de eje vertical, diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño, que van sujetas al plato de garras u otros operadores y que por sus dimensiones o peso harían difícil su fijación en un torno horizontal.

Los tornos verticales no tienen contrapunto sino que el único punto de sujeción de las piezas es el plato horizontal sobre el cual van apoyadas. La manipulación de las piezas para fijarlas en el plato se hace mediante grúas de puente o polipastos.

- Torno CNC

Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada por un ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno. Es una máquina que resulta rentable para el mecanizado de grandes series de piezas sencillas, sobre todo piezas de revolución, y permite mecanizar con precisión superficies curvas coordinando los movimientos axial y radial para el avance de la herramienta.

La velocidad de giro de cabezal portapiezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza están programadas y, por tanto, exentas de fallos imputables al operario de la máquina.

2.2.18 Estructura del torno

Es importante saber los componentes de cada uno de los tornos ya que esto nos familiariza con el equipo y permite identificar cada una de sus partes. Dice la Enciclopedia de Ciencia y Técnica. (1984):

El torno tiene cinco componentes principales:

- Bancada: sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal.
- Cabezal fijo: contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo.

- **Contrapunto:** el contrapunto es el elemento que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, así como otros elementos tales como portabrocas o brocas para hacer taladros en el centro de los ejes. Este contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada.
- **Carro portátil:** consta del carro principal, que produce los movimientos de la herramienta en dirección axial; y del carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal en dirección radial. En los tornos paralelos hay además un carro superior orientable, formado a su vez por tres piezas: la base, el charriot y la torreta portaherramientas. Su base está apoyada sobre una plataforma giratoria para orientarlo en cualquier dirección.
- **Cabezal giratorio o chuck:** su función consiste en sujetar la pieza a mecanizar. Hay varios tipos, como el Chuck independiente de cuatro mordazas o el universal, mayoritariamente empleado en el taller mecánico, al igual que hay chucks magnéticos y de seis mordazas.

2.3 Bases legales

- Norma sae ja-1011

Su título es “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)”. Esta norma presenta criterios contra los cuales se puede comparar un proceso; por ejemplo, si el proceso satisface los criterios, el usuario puede, con confianza, llamarlo un “proceso MCC”, evitando así las distorsiones.

Según la norma SAE JA-1011, toda aplicación del MCC debe responder siete (7) preguntas, las cuales permiten consolidar los objetivos de esta filosofía (aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos por medio del empleo adecuado de

recursos). Para la resolución de estas preguntas se cuenta con técnicas de confiabilidad como el AMEF (Análisis de los Modos y Efectos de las fallas) y ALD (Árbol Lógico de Decisión). Como se muestra en la figura 2.2.

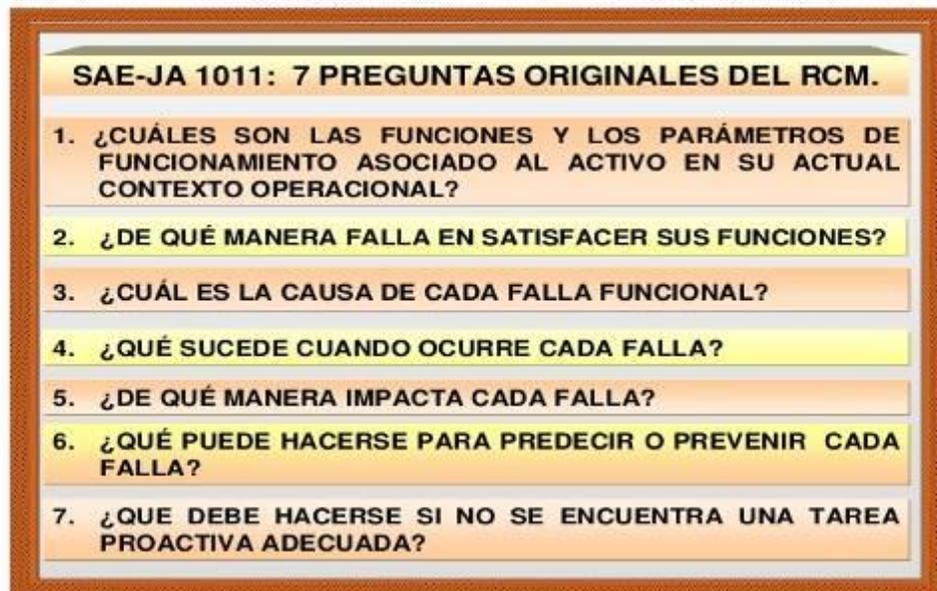


Figura 2.2. Preguntas básicas del mantenimiento centrado en confiabilidad.
Fuente: MCC II- John Moubray (1991).

La primera de las técnicas que plantea la norma ayuda a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional y permite dar respuestas a las cinco primeras preguntas, mientras que la segunda permite decidir el tipo de mantenimiento más adecuado, para cada modo de falla y ayuda a responder las restantes, en la figura 2.2 se observa las preguntas del MCC.

El aporte de esta norma nos sirvió para elaboración de los planes de mantenimiento bajo sus criterios y a su vez obtener proceso MCC en los tornos para de la empresa OPTIDRILL, S.A

- Norma iso 14224.

Según Troffe M. Esta Norma internacional brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM. Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de Equipos y compararla con la de otros de características similares. Los parámetros sobre Confiabilidad pueden determinarse para su uso en las fases de Diseño Montaje, Operación Y Mantenimiento. Los principales objetivos de esta norma internacional son:

- Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de: - Diseño y configuración del Sistema. - Seguridad, Confiabilidad y Disponibilidad de los Sistemas y Plantas. - Costo del Ciclo de Vida. - Planeamiento, optimización y ejecución del Mantenimiento.
- Especificar datos en un formato normalizado, a fin de: - Permitir el intercambio de datos entre Plantas. - Asegurar que los datos sean de calidad suficiente, para el análisis que se pretende realizar. Si bien la norma está orientada al registro de fallas, son de gran importancia las posibilidades de aplicación que presenta para definir los límites y jerarquía de los equipos de Operación, como también la calificación de la jerarquía de las Fallas. Parte desde el Modo de Falla, (perdida de la función) hasta el detalle de la Causa de Falla y el componente (ítem mantenible para la norma), que provoca el evento. Esta calificación tiene como ventaja que limita la profundidad de detalle del análisis, acotando el nivel al que llega el Técnico de Mantenimiento (y las que quedan para un Especialista como metalografía, fractomecánica, entre otros.)

Por lo tanto esta herramienta ayudado en definir los límites de los equipos de operación y jerarquizar cada uno de los componentes y sub-sistema de los tornos de la empresa OPTIDRILL, S.A

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Cuando se va a resolver un problema de forma científica, es muy conveniente tener un conocimiento detallado de los tipos de investigación. Este conocimiento hace posible evitar equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico. Conviene indicar que los tipos de investigación difícilmente se presentan puros; generalmente se combinan entre si y obedecen sistemáticamente a la aplicación de la investigación. Teniendo esto presente, se puede decir que la investigación empleada en el presente proyecto fue de tipo descriptiva.

Con respecto a la investigación descriptiva, Arias, F., (2006) señala:

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p.24).

Tomando como referencia la conceptualización, se considera que el proyecto en cuestión es de carácter descriptivo, por cuanto se hizo una descripción sistemática de las condiciones presentes en cada uno de los tornos en estudio, con el propósito de evaluar las fallas de los tornos existentes en el área de servicios de la empresa OPTIDRILL, S.A., y así resolver la problemática existente a través de los objetivos propuestos.

3.2 Diseño de la investigación

El presente trabajo de grado mediante una investigación de campo, la cual está definida por Arias, F., (Op. Cit.) Como: “la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios) sin manipular o controlar variable alguna”. (p.31). Tomando en consideración lo expuesto, el diseño de la investigación por la cual se rige este trabajo fue de campo, debido a que los datos de mayor relevancia se obtuvieron de su contexto natural de trabajo, considerados fuentes primarias y están constituidas por todos aquellos actores que han tenido contacto directo con la situación problema objeto de estudio, cabe destacar que en la investigación de campo también se emplean datos secundarios provenientes de: entrevista, fuentes bibliográficas, encuestas y observaciones e investigación documentada; utilizando estas técnicas y métodos para evaluar los sistemas de tornos paralelos de OPTIDRILL, S.A., esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado, utilizando estas técnicas y métodos para evaluar los sistemas de tornos paralelos de OPTIDRILL, S.A.

3.3 Población y muestra

Según Arias (2006), la población se define como: “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”. (p.81) y la muestra es una representación extraída de la población con característica y comportamiento similar a toda esta última. Cabe destacar que el estudio abarcó como población finita a siete (7) personas pertenecientes al personal de mantenimiento, operaciones, entre otros, a los cuales se les consulto la información referente al tema en estudio, como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Población de Personas

| N° | Cargo | Especialidad | Cantidad |
|--------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | Mantenedor | Ing. Mantenimiento | 1 |
| 2 | Supervisor de operaciones | Ing. De Materiales | 1 |
| 3 | Supervisor de mantenimiento | Ing. Industrial | 1 |
| 4 | Jefe de Control de Calidad | Ing. Químico | 1 |
| 5 | Inspector de Seguridad | Tsu industrial | 1 |
| 6 | Operadores del equipo | Obreros | 1 |
| 7 | Facilitador | Bachiller | 1 |
| Total | | | 7 |

Fuente: El autor (2017)

3.4 Unidad de estudio

Según Hurtado de Barrera (2000)

La unidad de estudio se refiere al contexto, al ser o entidad poseedores de la característica, evento, cualidad o variable, que se desea estudiar; una unidad de estudio puede ser una persona, un objeto, un grupo, una extensión geográfica, una institución (p.151).

En este sentido se define como unidad de estudio los cuatro (04) turnos de la empresa OPTIDRILL, S.A., de los cuales se desarrolla el problema. (Ver tabla 3.2)

Tabla 3.2.Unidad de estudio

| N° | Torno | Tipo | Cantidad |
|--------------|------------------|--------------|-----------------|
| 1 | EMCO 220 | TCN | 1 |
| 2 | KINGSTON HJ 1700 | Convencional | 1 |
| 3 | GOODWAY GW 1640 | Convencional | 1 |
| 4 | LEALDE TCN 10S | TCN | 1 |
| Total | | | 4 |

Fuente: El autor. (2017)

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de las técnicas de recolección de datos se llevaron a cabo reuniones y entrevistas no estructuradas al personal implicado, además de haber realizado observaciones directas y extensas revisiones bibliográficas, con la finalidad de tener instrumentos e información de apoyo que respalden el estudio en cuestión.

Según Arias (2006), las técnicas de recolección de datos son “las distintas formas o maneras de obtener la información” (p.30), son ejemplos de técnicas la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita, la entrevista, otras; mientras que para el mismo autor los instrumentos son “los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (p.33).

3.5.1 Observación directa

Según Arias (2006), indica que la observación directa consiste “en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación pre-establecidos” (p.67). Esta técnica se utilizó con el fin de obtener la apreciación directa del contexto operacional de los tornos, identificando los sistemas, equipos y dispositivos que los componen, así como el reconocimiento del proceso de trabajo en dichos tornos.

3.5.2 Revisión bibliográfica

Según Hurtado (2008), la revisión bibliográfica es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto que en sí mismo constituye los eventos estudiados (p.427).

Esta técnica se utilizó para la recolección de datos de forma detallada en el Manual del fabricante con el fin de obtener un información en concordancia con los aspectos y/o lineamientos exigidos en las normas correspondientes, además se recolectan datos hojas técnicas, internet entre otros, que permitan llevar a cabo una correcta identificación de aspectos y/o parámetros referentes a los equipos, partes y/o componentes que debe contemplar el Plan de Mantenimiento.

3.5.3 Entrevista no estructurada

De acuerdo con Arias (Op. Cit.): La entrevista, más que un simple interrogatorio, “es una técnica basada en un diálogo o conversación (cara a cara), entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p.43). La aplicación de esta técnica consiste en obtener información del personal que está relacionado con la operación y mantenimiento de los tornos para así dar cumplimiento a los objetivos de la investigación durante el proceso correspondiente.

3.5.4 Mesas de trabajo

Se realizaron mesas de trabajo con todo el personal del ENT mediante una tormenta de ideas donde cada persona daba su aporte sobre las fallas y posibles mejoras del equipo torno. También se comentó que equipo es el más utilizado

3.5.5 Equipo natural de trabajo (ENT)

El equipo natural de trabajo integrado por el mantenedor, supervisor de operaciones, supervisor de mantenimiento, operador del equipo, jefe de control de calidad e inspector de seguridad e higiene industrial. Con sus conocimientos sobre las maquinarias contribuyeron en la ejecución de las actividades como análisis y modo

efecto de la fallas, determinación de actividades de mantenimiento, entre muchas otras más asociadas a los equipos en estudio.

3.6 Técnicas de análisis de la información

3.6.1 Ficha técnica

Según Arias (2006): “la ficha es un documento en forma de sumario que contiene la descripción de las características de un objeto, material, proceso o programa de manera detallada” (p.70). La ficha técnica fue creada para el registro de la información técnica necesaria de los equipos torno. En ella se detalló el código de la máquina, clase, función, distancia entre puntas, ancho total, altura total, peso de la máquina, entre otros.

3.7 Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)

Esta técnica es la fuente principal del desarrollo de la investigación, se fundamenta en un análisis sistemático, objetivo y documentado del problema. Se encarga de estudiar a profundidad los equipos, con el fin de ir trabajando con el problema hasta obtener la solución final.

Los estudios de esta metodología se dividen en dos técnicas: el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) y el ALD (Árbol Lógico de decisiones), La primera para estudiar el problema mediante, la función, las fallas, los modos y los efecto de las fallas de los activos, mientras que la segunda busca detectar las acciones necesarias para resolver los inconvenientes, en ambos casos se tomara la estructuración de jerarquías según la norma ISO 14224, ver tabla 4.28.

Todas las anteriores y con ayuda del ENT fueron aplicadas para realizar un estudio más detallado de las fallas generadas por los tornos en estudios a fin de ofrecer alternativas de mantenimiento que contribuyan a incrementar su disponibilidad

3.7.1 Estructuración de jerarquías

Según Troffet M. toma como base la norma ISO 14224 para dividir de mayor a menor jerarquía o grado de detalle los equipos o elementos. (s/p)

- Sistema
- Subsistema
- Ítem Mantenable
- Componente De Detalle

Troffet, M; asegura que es primordial y de mayor importancia debido a que permite definir como se tratarán a los equipos, respecto a la posterior interpretación de los resultados; y luego como se asociarán los registros de operación y mantenimiento, de modo de contar con metodologías sencillas de análisis. Los registros de mantenimiento deben relacionarse con cada nivel dentro de la jerarquía del equipo a fin de que puedan compararse.

3.8 Análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF)

Análisis de los modos y efecto de las fallas, esta herramienta permitió identificar los efectos o consecuencias de los modos de falla de cada torno en su contexto operacional, esta actividad se realizó con la ayuda del equipo natural de trabajo (ENT).

3.9 Árbol lógico de decisiones (ALD)

Esta otra herramienta permitió seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del MCC, esta actividad se ejecutó con el apoyo del ENT y mediante el árbol lógico de decisiones a los tornos CNC de la empresa OPTIDRILL. S.A

El árbol de decisiones posee una herramienta de aplicación denominada hoja de trabajo de decisión, la cual contempla los mismos parámetros que contiene el árbol lógico de decisiones, con la cual es posible evaluar y clasificar las consecuencias de cada modo de falla según la categoría a la que pertenece, esta hoja señala lo siguiente:

- H: Indica si el modo de falla es oculto.
- S: Indica si la falla afecta la seguridad y/o medio ambiente.
- E: Indica si la falla afecta las operaciones.
- O: Indica se la falla no afecta las operaciones.
- H1, S1, O1, E1: Es técnicamente factible realizar tareas de Monitoreo a Condición.
- H2, S2, O2, E2: Es técnicamente factible realizar tareas de Reacondicionamiento Cíclico.
- H3, S3, O3, E3: Es técnicamente factible realizar tareas de Sustitución Cíclica.
- BF: Es técnicamente factible realizar tareas de Búsqueda de Fallas.
- NMP: Ningún Mantenimiento Preventivo (NMP). Puede la falla ocasionar efectos múltiples a la seguridad y al medio ambiente.
- R: Rediseño. Es factible realizar una combinación de tareas.

Visualizar en la figura 3.1 un ejemplo del árbol lógico de decisión.

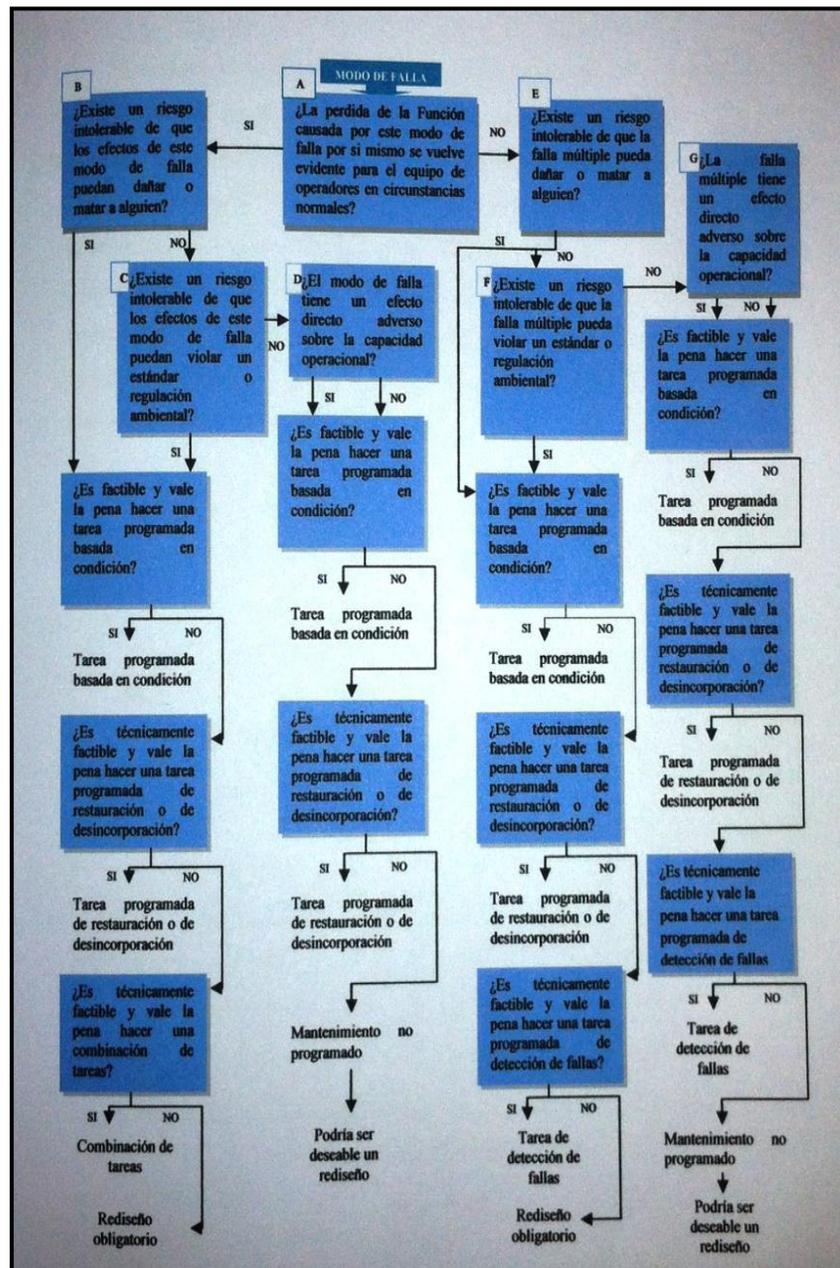


Figura 3.1. Árbol Lógico de Decisiones RCM II.

Fuente: Strategit Technologies INC. "Manual del Curso de Formación de Reability Center Maintenance" (1999).

Para el desarrollo esta etapa se requirió del ENT que colaboró con la utilización del flujograma de preguntas del diagrama de decisión del MCC, ver figura 3.1. Para

asentar los datos reflejados por el flujograma de preguntas, se utilizó una hoja de decisiones de elaboración propia, (ver tabla 3.8).

3.10 Diseño de plan de mantenimiento

Una vez determinadas las actividades, su frecuencia y departamento ejecutor, la etapa del diseño del plan consistió en asentar las actividades de una manera ordenada y eficaz dentro del plano de ejecución de mantenimiento. Este se basa en la planificación de actividades con la finalidad de darle atención a los tornos en estudio, de manera que se logre elevar los índices de confiabilidad y disponibilidad, se disminuyan las posibles fallas, y reducir las paradas inesperadas.

3.11 Procedimiento metodológico

En la búsqueda de la solución más efectiva a la problemática expuesta y en pro del cumplimiento de los objetivos planteados, se hizo necesario la ejecución de pasos y procedimientos secuenciales para cada etapa de este proyecto investigativo.

3.11.1 Descripción del contexto operacional del funcionamiento de los tornos de la empresa Optidrill, S.A.

Para el logro de esta etapa se realizó observación directa de los tornos operativos y/o en funcionamiento en la empresa Optidrill, S. A., además se procedió a la creación del Equipo Natural de Trabajo (ENT), el cual está integrado por el personal especializado en el área de mantenimiento cuya responsabilidad es tomar decisiones para definir como estimar las frecuencias del mantenimiento según las características, tanto de los documentos, a través de consultas bibliográficas en fuentes impresas como manuales, textos, trabajos de grados, e igualmente se consultó

fuentes electrónicas para completar dicha averiguación. También, como las no documentadas de acuerdo a la experiencia propia del personal en el área.

Posteriormente, se utilizó entrevistas no estructuradas al supervisor de mantenimiento, coordinador de operaciones, personal responsable del mantenimiento que allí labora. Se realizó formatos de las respectivas fichas técnicas de cada Torno (ver tabla 3.4), donde se recolectó toda la información técnica, para un óptimo manejo de la información, que se obtendrá de los manuales pertenecientes a cada una de ellas, con la finalidad de resumir las características originales, tipo de llaves datos operativos, datos específicos físicos (modelos, dimensiones, peso) y tecnológicos (parámetros operativos).

Tabla 3.4 Modelo de Ficha Técnica usada para los tornos

|  FICHA TÉCNICA | | | |
|--|--|---------------|-------------------|
| EQUIPO: | | | |
| FOTO | | | |
| | | | |
| REALIZADO POR: | | FECHA | Versión 01 |
| Información del Equipo | | | |
| MÁQUINA - EQUIPO | | MARCA: | |
| N° SERIAL | | ÁREA | |
| MODELO | | CÓDIGO | |
| Características Técnicas del Equipo: | | | |
| Control CNC | | | |
| Máx. Volteo sobre bancada | | | |
| Máx. Volteo sobre el carro | | | |
| Máx. diámetro de corte | | | |
| Máx. longitud de corte | | | |
| Recorridos X/Z | | | |
| Avances rápidos X/Z | | | |
| Motor | | | |
| Máx. Velocidad del husillo | | | |
| Nariz del husillo | | | |
| Paso de barra | | | |
| Diámetro del chuck | | | |
| Torreta bi-direccional | | | |
| Sujeción diametral herramienta | | | |
| Máx. sujeción diametral herramienta taladrado | | | |
| Diámetro del contrapunto | | | |
| Recorrido del contrapunto | | | |
| Cono del contrapunto | | | |
| Posicionamiento X/Z | | | |
| Repetibilidad X/Z | | | |
| Peso neto | | | |

Fuente: El autor. (2017)

3.11.2 Jerarquización de cada uno de los componentes que conforman los tornos utilizando según la norma ISO 14224

Consiste en realizar una subdivisión de cada sistema del torno objeto de estudio, para ello se requirió la disponibilidad del ENT. Para llevar a cabo este paso se analizó cada sistema del torno, uno por uno, para dividirlo en subsistemas, luego analizar cada subsistema para identificar sus componentes y posteriormente cada parte o ítem mantenible. A continuación se muestra el esquema de jerarquización a utilizar:

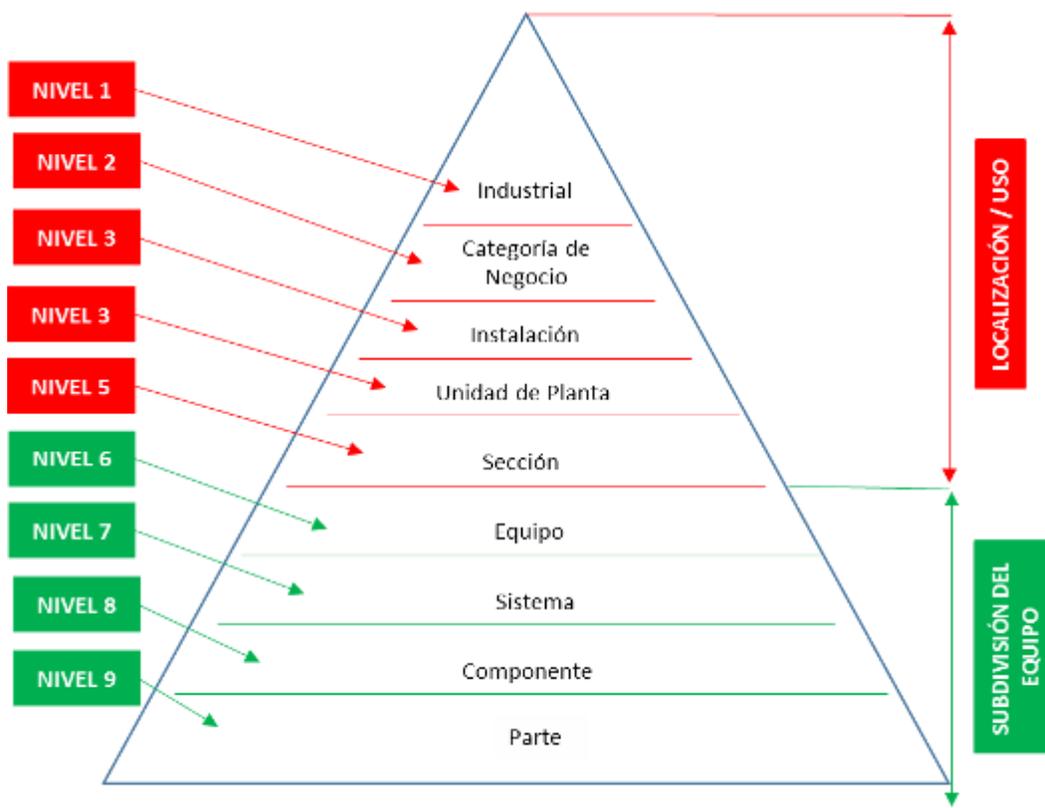


Figura 3.2. Taxonomía ISO 14224

Fuente: “ISO 14224 Industrias de petróleo y gas natural – Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos”

Para efectos de esta investigación se utilizara la siguiente jerarquización ver tabla 3.5:

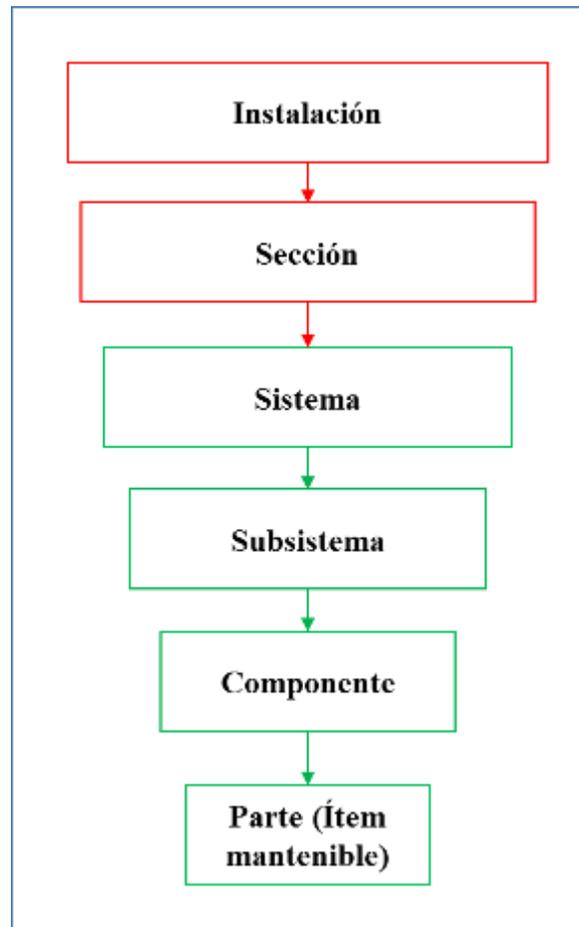


Figura 3.3. Esquema de jerarquización a utilizar para los tornos
Fuente: El autor. (2017)

3.11.3 Realización de un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a cada torno

Para el desarrollo de este objetivo, se implementó el Análisis de Modos y Efecto de Fallas, para ello se revisaron manuales de equipos, manuales de operaciones de los tornos que operan en la empresa Optidrill, C. A., textos técnicos e

internet. Además se entrevistó al personal de mantenimiento y operaciones. De igual forma se identificaron y analizaron las fallas funcionales de acuerdo a la estructuración de la norma ISO 14224, con la finalidad de jerarquizar mediante un proceso estructurado en forma secuencial para obtener los ítems mantenibles de los componentes estudiados, en función del impacto que generan sobre el contexto operacional; o su debida clasificación, de acuerdo al orden de prioridad.

Se diseñó una hoja de información para asentar datos, basado en la plantilla propuesta para RCM II ©1999 ALADON LTD, la cual cumple con los requisitos para la documentación del AMEF, en la figura 3.3 se muestran las características de la hoja diseñada y utilizada y en la figura 3.4 se muestra el formato de la hoja en sí.

La hoja consta de tres partes: la primera es un encabezado característico de la empresa Optidrill, S. A., haciendo referencia a que el documento es una hoja de información de registro del AMEF, la segunda es donde se denota e identifica el equipo y componente, así como los responsables del análisis. La tercera corresponde a las bases y aplicación del AMEF, las cuales son las funciones, fallas funcionales, modos y efectos de fallas de los componentes estudiados.

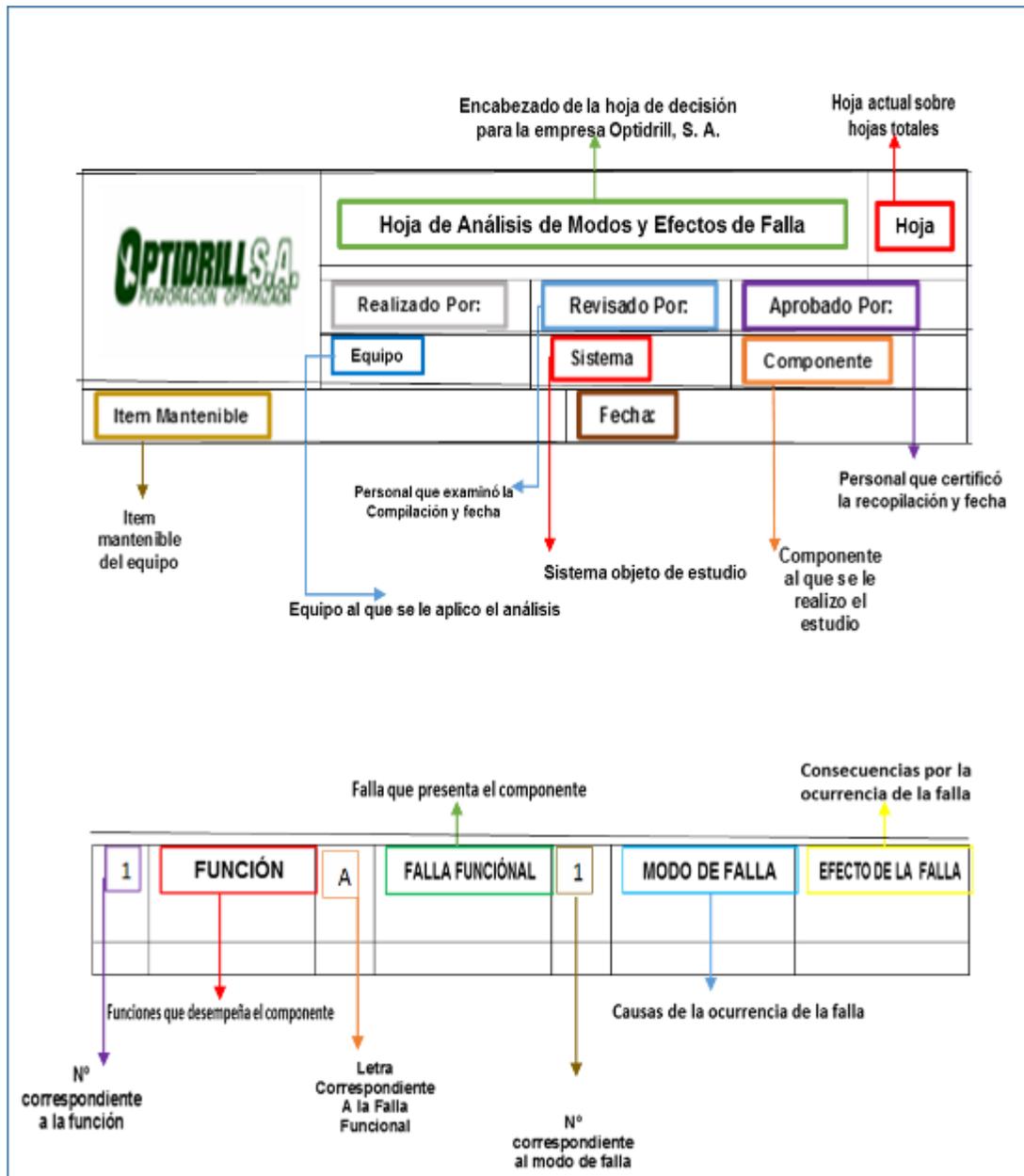


Figura 3.3. Descripción de las características de la Hoja de Información Utilizada.

Fuente: El autor. (2017)

| | | | | | |
|---|----------------|---|--|--|--|
|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | Hoja: |
| | | Realizado Por: | Revisado Por: | Aprobado Por: | |
| | | Equipo: | Sistema: | Componente: | |
| Item Mantenible: | | | | Fecha: | |
| | | | | | |
| N° | FUNCIÓN | N° | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Figura 3.4. Ejemplo de la Hoja de Información Utilizada.

Fuente: El autor. (2017)

3.11.4 Establecimiento de las actividades de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisión para cada torno

Esta etapa se fundamentó en determinar las acciones necesarias a implementar para el sistema, mediante el método del flujograma de preguntas del Árbol lógico de Decisiones. La técnica empleada fue las reuniones con el Equipo Natural de Trabajo y entrevistas constante con el personal de experiencia.

Se llevaron a cabo dos fases: la primera consistió en someter a cada modo de falla al flujograma de preguntas del Árbol Lógico de Decisiones, hasta llegar a una respuesta positiva en la acción a implementar y la segunda fase se basó en asentar los datos arrojados por el diagrama, en una hoja de decisión de adaptación propia, fundamentada en la propuesta de Hoja de Trabajo de decisión del RCM II por The Woodhouse Partnership Ltd.

En la hoja de decisión además de mostrar las respuestas a las preguntas del Árbol Lógico de Decisiones, también se muestra la frecuencia propuesta inicialmente y el departamento asignado para realizar la actividad.

Tabla 3.6 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: | |  | | | | | | | | | | Recopilado por: | Fecha: | HOJA: 1/4 | | |
|-----------------|------------------------|--|----|---------------------------------|---|---|---|----|----|----|---------------------|-----------------|--------|-------------------|--------------------|-------------|
| Sistema: | | | | | | | | | | | | Realizado por:: | Fecha: | | | |
| Componente: | | | | | | | | | | | | Revisado por: | Fecha: | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | E1 | E2 | E3 | H4 | H5 | S4 | | | |
| | | | | | | | | O1 | O2 | O3 | | | | | | |
| | | | | | | | | N1 | N2 | N3 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: El autor. (2017)

La primera parte, muestra el encabezado de la hoja, así como los datos de información del equipo y del personal que realizó la compilación. La segunda parte, expresa la información del AMEF como identificación de cada modo de falla, posteriormente las repuestas de cada modo de falla, sobre si son evidentes, trae consecuencias sobre las personas, el medio ambiente o si trae consecuencias sobre la operación (expresados con H, S, E y O respectivamente), luego se presentan las respuestas, a las tareas recomendadas, que son denotadas como se bosqueja en la figura 3.5, anteriormente mostrada. Seguidamente aparece una breve descripción de la tarea a implementar, así como su frecuencia inicial y el departamento recomendado, cumpliendo entonces con las especificaciones de una hoja de decisión.

Las características de la hoja de decisión se muestran en la figura 3.5.

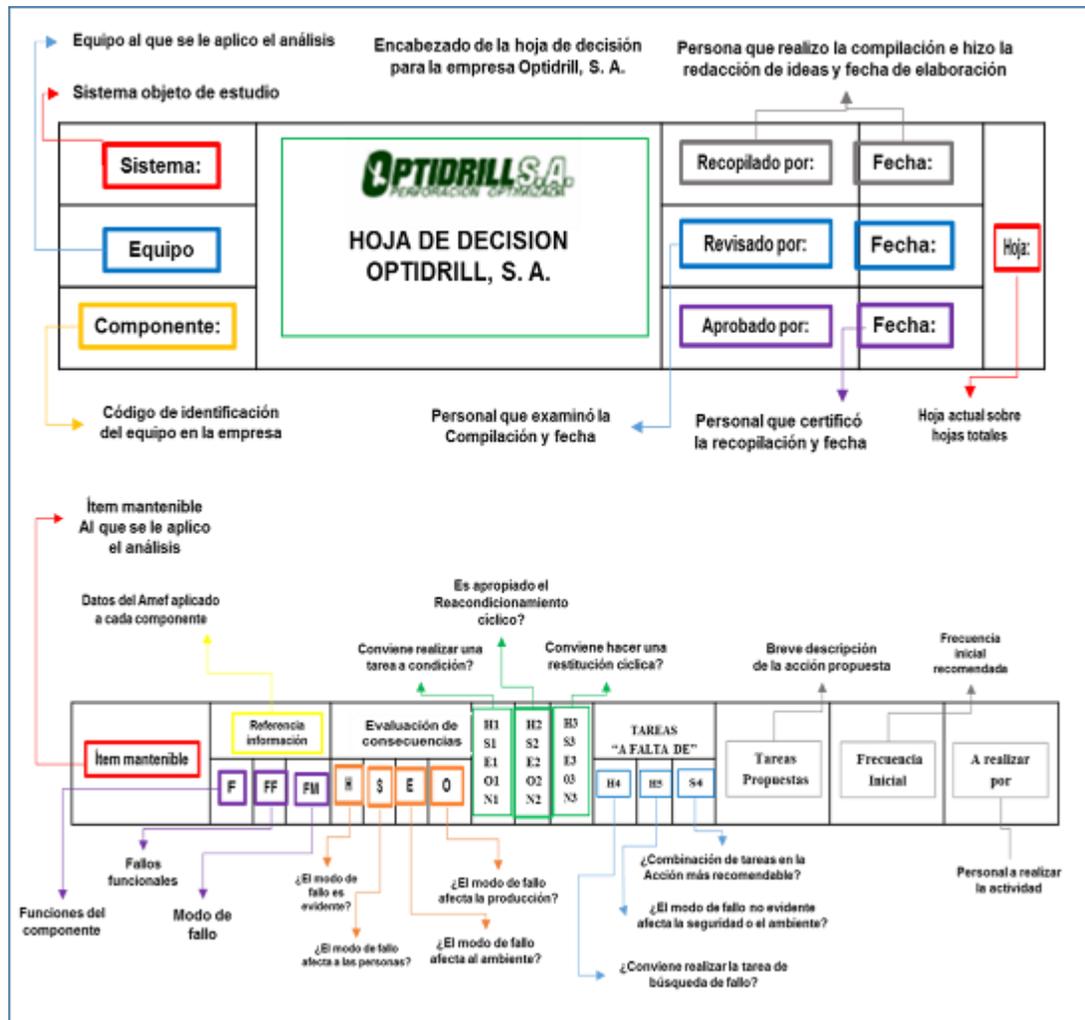


Figura 3.5. Descripción de las Características de la Hoja de Decisión Utilizada.

Fuente: El autor. (2017)

3.11.4 Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el óptimo funcionamiento de los tornos

La última fase consistió en la elaboración de los Planes de Mantenimiento basados en la metodología (MCC); se utilizó esta metodología a fin de planificar que debe hacerse para asegurar que el sistema de tornos estudiado cumpla con las funciones para las cuales fue diseñado haciendo lo requerido por los usuarios en su actual contexto operacional. El plan de mantenimiento fue diseñado tomando en

cuenta la información obtenida de las etapas antes mencionadas para poder establecer las actividades de mantenimiento que se deben llevar a cabo, la frecuencia de las mismas, el personal encargado de realizarlas y todos los detalles que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento de los equipos. Todo esto se hizo con el fin de incrementar y mantener la confiabilidad de los mismos y garantizar la calidad de los procesos.

Además, se presenta una hoja de registro de mantenimiento, se diseñó con la finalidad de llevar a cabo las actividades de mantenimiento realizadas, dicho formato deberá ser llenado por el responsable de ejecutar las actividades de mantenimiento propuestas.

Cabe destacar que el plan cuenta con actividades similares para todos los turnos en estudio, por lo que se adaptó las actividades cuando estén en operación o fuera de servicio dichos equipos.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo son presentados los análisis de los resultados derivados del estudio relacionado con las fases de investigación del marco metodológico. Por ello, son mostradas las propuestas que se constituyeron para cada uno de los objetivos específicos diseñados, con el propósito de dar la mejor solución posible a la problemática presentes en la empresa.

Antes de describir el contexto operacional se tuvo que conformar un ENT, para analizar el desarrollo de la investigación de manera eficaz.

- Equipo Natural de Trabajo (ENT).

Para la resolución del trabajo se creó un equipo multidisciplinario, el cual se reunió constantemente, donde se producían una tormentas de ideas hasta llegar a las soluciones más adecuada al problema.

4.1 Descripción del contexto operacional del funcionamiento de los tornos de la empresa Optidrill, S.A.

4.1.1 Contexto operacional de los tornos

Describir el contexto operacional en la empresa, permitió conocer la situación actual de los tornos, el funcionamiento y desempeño en la prestación del servicio de acondicionamiento e instalación de tuberías. Para el logro de este objetivo se requirió de la colaboración del Equipo Natural de Trabajo para conocer el propósito, funciones y descripciones de los equipos, también se pudo observar los aspectos

teóricos funcionales de los tornos por medio de visitas realizadas al área de servicios de la empresa a través de entrevistas no estructuradas, mesas de trabajo a los empleados relacionados con los equipos a cargo del mantenimiento de los tornos.

De igual forma durante el desarrollo de este objetivo se pudo comprobar mediante inspección visual que los tornos presentan diversas fallas, a los mismo no se le efectúan inspecciones periódicas para resguardar su buen funcionamiento de los equipos, evidenciándose fallas tales como: fusibles quemados, envases rotos, cables sin conexión, entre otros, fallas que eran corregidas momentáneamente y no ocasionaban perdidas de ningún tipo en las operaciones de los servicios.

Ya que el trabajo de producción del área de servicios que viene ligado con el área de mantenimiento en análisis, en la medida de disponibilidad y confiabilidad de los tornos, tiene que ver con la cantidad de tubería y herramientas que se procesen a diario. En la actualidad la empresa Optidrill S. A., tiene bajo este concepto una producción total de:

- En el área de mecanizado (Roscas): 1600 roscas al mes en cualquier accesorio que involucre el procedimiento de perforación de pozos.

El taller de la empresa Optidrill, S.A. cuenta con diversos tornos donde se fabrican piezas mecánicas. El sistema de tornos paralelos integrado por cuatro tornos que forman parte de este conjunto de máquinas industriales.

4.1.2 Información general del torno CNC

El torno CNC es una máquina versátil para el mecanizado de diversos tipos de piezas con óptimos niveles de potencia, rapidez de desplazamiento y mecanizado preciso. Muchos de ellos vienen equipado con CNC Siemens Sinumerik 802D sl-

Plus, de alto rendimiento y hardware de alta confiabilidad, ofrece excelentes recursos de programación y operación con módulo gráfico para simulación del mecanizado.

Puede equiparse con el opcional RMMP - Romi Manual Machining Package que ofrece la facilidad de operación de un torno universal con la productividad de un torno CNC. El RMMP permite operar la máquina de forma manual y automática. Existen tres modos de operación, según la habilidad del operador:

Modo Manual (el operador mecaniza la pieza como en un torno convencional utilizando el delantal electrónico), Modo Ciclos (permite al operador trabajar de forma semiautomática), Modo Enseñanza (el operador, durante el mecanizado de la primera pieza, guarda paso a paso las etapas del mecanizado para luego ejecutar ese mismo programa más tarde).

Su bancada sostenida por columnas de hierro fundido, templadas y rectificadas, constituye un sistema auto-ajustable, que asegura un contacto permanente de la mesa sobre la bancada. El cabezal es soportado por cojinetes de alta precisión. Todo ese conjunto proporciona rigidez y alta capacidad de carga, además de la absorción de vibraciones, incluso en las condiciones de corte más severas. Pueden equiparse con diferentes tipos de torres de portaherramientas para satisfacer las diversas necesidades de los procesos de mecanizado.

4.1.3 Sistemas que conforman a los tornos cnc

A continuación se les presentan los sistemas que conforman un torno CNC (ver figura 4.2)

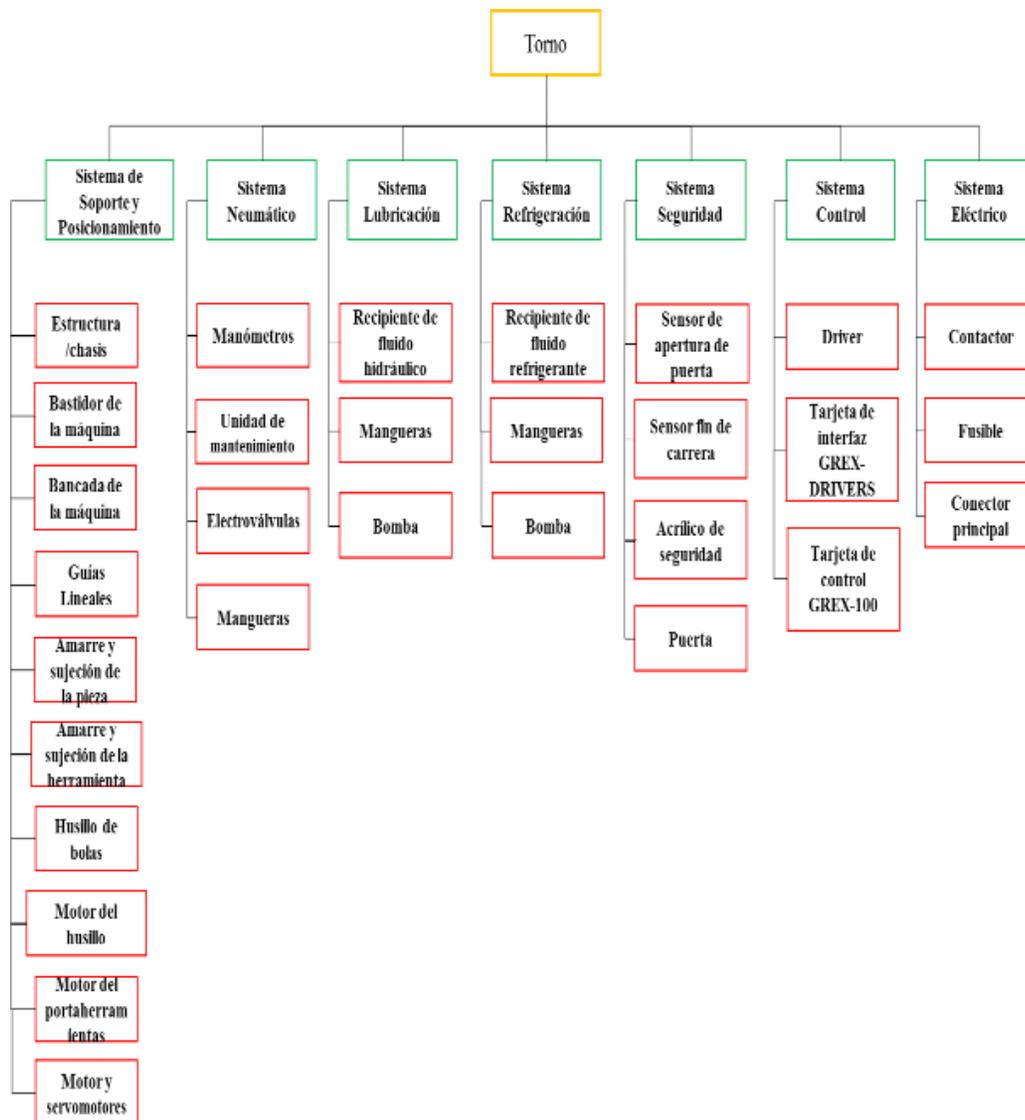


Figura 4.2 Sistemas que conforman un Torno CNC

Fuente: El autor. (2017)

Se presentan imágenes reales de cada sub sistema que conforma un torno CNC

- Sistema de soporte y posicionamiento

En este sistema los elementos que lo componen tienen la función principal de generar los recorridos de la herramienta que se originan por la acción única o combinada de los desplazamientos de cada uno de sus ejes.

- Estructura o chasis: es la encargada de soportar y contener el resto de los componentes
- Bastidor de la máquina: construcción de acero soldado con bandeja recoge virutas, dispositivo recogedor de piezas mecanizadas y dispositivo de refrigerante integrados. (ver figura 4.3)



Figura. 4.3. Bandeja recoge virutas
Fuente: Optidrill, S. A.

- Bancada de la máquina: está fabricada de fundición gris de manera modular, es altamente resistente a torsiones (ver figura 4.4)



Figura 4.4. Bancada revestida en fundición gris
Fuente: Optidrill, S. A.

- Guías lineales de desplazamiento: se deslizan por guías tipo cola de milano rectificadas de alta precisión. (ver figura 4.5)



Figura. 4.5. Guías lineales de desplazamiento
Fuente: Optidrill, S. A.

- Amarre y sujeción de la pieza: consiste en un cilindro de sujeción hueco con tirante tubular y dispositivo de barras de sujeción según normal 28 DIN 6343.
- Amarre y sujeción de la herramienta: El torno posee un portaherramientas compuesto de un elemento principal conocido como torreta tipo revolver el cual permite sujetar las herramientas de corte (ver figura 4.6)

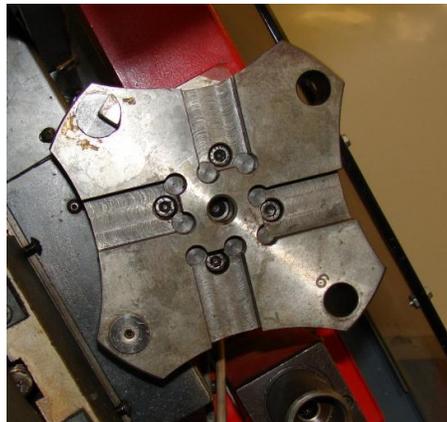


Figura 4.6. Sistema de amarre y sujeción torreta tipo revolver
Fuente: Optidrill, S. A.

- Husillo de bolas: se encuentran instalados en el torno, funcionan por el principio de recirculación de bolas (ver figura 4.7)



Figura 4.7. Husillo de bolas Torno EMCO 220
Fuente: Optidrill, S. A.

- Sistema neumático

Este sistema es el encargado de poner en funcionamiento diferentes mecanismos accionados neumáticamente por medio de un elemento que es el aire. La fuente de alimentación de aire con el que opera el torno EMCO 220, es proporcionado por la red de aire que se encuentra instalada para todo el centro de laboratorios dentro del cual está ubicado el laboratorio de mecatrónica con una presión de trabajo de 6 Bares.

Unidad de mantenimiento: Es el dispositivo principal de control con el que trabaja el sub-sistema neumático. Se compone de un regulador de presión que incorpora manómetro, filtro de aire comprimido para extraer las impurezas y el agua condensada y un lubricador de aire comprimido para lubricar los elementos. (Ver figura 4.8)



Figura. 4.8. Unidad de mantenimiento
Fuente: Optidrill, S. A.

- Mecanismo recoge piezas: Es el encargado de la recepción de las piezas maquinadas al actuar un pistón neumático que permite desplegar y retraer la bandeja colectora. (ver figura 4.9)



Figura. 4.9. Mecanismo recoge piezas
Fuente: Optidrill, S. A.

- Contrapunto: Este es el encargado de complementar la sujeción de la pieza que se mecaniza como otro apoyo para buen aseguramiento de la misma. (ver figura 4.10)



Figura 4.10. Contrapunto
Fuente: Optidrill, S. A.

- Sistema de lubricación

Este sistema tiene la función de mantener lubricado el carro transversal y el carro longitudinal, es decir, los desplazamientos en los respectivos ejes X y Z, manejando aceites según norma ISO VG68 o su equivalente en otras normas.

- Motobomba de lubricación: esta es la encargada de mantener lubricadas las guías en forma tipo cola de milano de los carros transversal y evitando posible atascamiento de los mismos por falta de lubricante. (ver figura 4.11)



Figura 4.11. Bomba de lubricación centralizada
Fuente: Optidrill, S. A.

- Filtro aceite: Este se encarga de impedir el paso de partículas contaminantes hacia las guías que son lubricadas y evitar atrancamiento de los carros de desplazamiento en los ejes X y Z. (ver figura 4.12)



Figura 4.12. Filtro de aceite
Fuente: Optidrill, S. A.

- Sistema de refrigeración

Este sistema es el encargado de obtener óptimas condiciones de temperatura para el maquinado, conservando la vida útil de las herramientas de corte (Buriles) y obtener buena calidad en el mecanizado durante el proceso de torneado.

- Motobomba de refrigeración: esta es la encargada de proporcionar la refrigeración del fluido refrigerante llamado taladrina en el proceso de torneado. (Ver figura 4.13)



Fig. 4.13. Motobomba del sistema de refrigeración
Fuente: Optidrill, S. A.

- Recipiente de almacenamiento fluido de refrigeración: Es un recipiente de almacenamiento en forma rectangular para contener el fluido refrigerante que en este caso es la taladrina.(ver figura 4.14)



Figura 4.14. Recipiente de almacenamiento fluido refrigeración
Fuente: Optidrill, S. A.

- Sistema de seguridad

Este sistema proporciona seguridad en la interacción operario-máquina. Se encuentran instalados diferentes elementos de guardas de seguridad que evitan accidentes en el uso del equipo como: sensores, botones de paro de emergencia, puertas de seguridad, entre otros.

- Sensores home, de final de carrera y apertura de puerta: los sensores home que se encuentran son de tipo inductivo de 24 VDC instalados en cada uno de los dos ejes de movimiento del torno X y Z. (ver figura 4.15)



Figura 4.15. Ubicación de sensores inductivos eje X
Fuente: Optidrill, S. A.

- Puerta: este elemento junto con el sensor de puerta, son los encargados de impedir el contacto físico de la pieza y herramienta durante el proceso de maquinado (ver figura 4.16)



Figura 4.16. Sensor de apertura de puerta
Fuente: Optidrill, S. A.

- Sistema de control

Este es el encargado de enviar señales a los actuadores instalados en la máquina como motores y servomotores que generen el movimiento en los 2 ejes (X, Z), en el motor del husillo principal y el motor del portaherramientas por medio del software Mach 3.

- Software: El control por pc del torno, se realiza mediante el software Mach3 el cual nos permite hacer el control de varios ejes, control del husillo, visualización de estados de entradas o salidas (análogas y/o digitales) (ver figura 4.17)

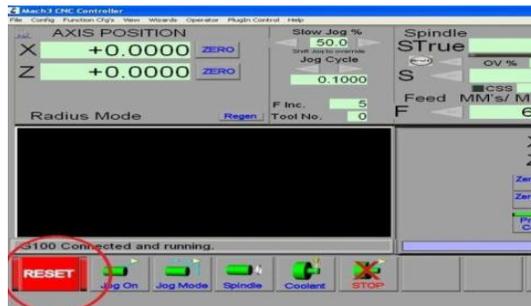


Figura 4.17. Software Mach3
Fuente: Optidrill, S. A.

- Tarjeta Interface GREX-DRIVERS: permite la salida o el envío de datos hacia los controladores de los motores en modo de pulso y dirección.(ver figura 4.18)

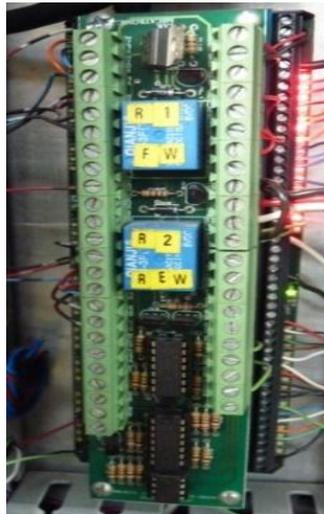


Figura 4.18. Tarjeta de Interface
Fuente: Optidrill, S. A.

- Tarjeta de control G 340: la tarjeta G340, es un dispositivo que permite controlar motores de corriente directa con el uso de un encoder o tacómetro para la retroalimentación del movimiento controlado aplicado para el motor DC Maxon del portaherramientas. (ver figura 4.19)



Figura 4.19. Tarjeta de control motor portaherramientas
Fuente: Optidrill, S. A.

- Controladores de los servomotores: el torno tiene instalados controladores (drivers) marca sureservo referencia SVA-2040 para los servomotores que controlan el movimiento en los ejes X y Z mencionados ya anteriormente. (ver figura 4.20)



Figura 4.20. Controladores sureservo servomotores
Fuente: Optidrill, S. A.

- Controlador del motor del husillo: a diferencia de los driver que se tienen instalados para la comunicación con los servomotores para el movimiento en los ejes X y Z, (Spindle motor driver). (ver figura 4.21)



Figura 4.21. Controlador Mitsubishi motor del eje
Fuente: Optidrill, S. A.

- Sistema eléctrico

La fuente principal con la que se alimenta la máquina, es una fuente trifásica a 220 voltios. Ésta, a través de los diferentes elementos electrónicos y de control que tiene instalados como: relés térmicos, contactores, fusibles de protección, suiches, bobinas, breakers, controladores, tarjetas, filtros, entre otros, permiten transformar y distribuir la respectiva carga con la que se alimentan y operan los elementos mencionados anteriormente.

- Conexión principal: La conexión se realiza al conectar la alimentación de potencia de la máquina a una fuente eléctrica a 220 VAC con el conector trifásico (ver figura 4.22)



Figura 4.22. Conector principal
Fuente: Optidrill, S. A.

4.1.4 Especificaciones técnicas generales de los tornos cnc

Mediante el uso de fichas técnicas se presenta la información de las especificaciones y características técnicas que conforman al torno CNC en general. La información técnica del equipo es recolectada de forma tabulada, siguiendo un orden determinado. Se elaboró una ficha técnica correspondiente a cada torno CNC examinado, reflejando una imagen del equipo en cuestión. A continuación ver tabla 4.2 hasta la 4.3.

Tabla 4.2. Ficha técnica de Torno EMCO 220

|  | | | |
|--|--------------------------|---------------|-------------------|
| FICHA TÉCNICA EQUIPO: TORNO EMCO 220 | | | |
|  | | | |
| REALIZADO POR: | ENT | FECHA | Versión 01 |
| Información del Equipo | | | |
| MÁQUINA - EQUIPO | Torno CNC | MARCA: | EMCO |
| N° SERIAL | | AREA | Servicios |
| MODELO | 220 | CÓDIGO | EM22 |
| Características Técnicas del Equipo: | | | |
| Control CNC | GSK-988T | | |
| Máx. Volteo sobre bancada | 450mm (18") | | |
| Máx. Volteo sobre el carro | 300mm (12") | | |
| Máx. diámetro de corte | 200mm (8") | | |
| Máx. longitud de corte | 350mm (14") | | |
| Recorridos X/Z | 135mm/430mm (5.4"/17.2") | | |
| Avances rápidos X/Z | 24/30m/min | | |
| Motor | 7.5kW/11 kW (10hp/15hp) | | |
| Máx. Velocidad del husillo | 6,000 rpm | | |
| Nariz del husillo | A2-5 | | |
| Paso de barra | 56mm (2.24") | | |
| Diámetro del chuck | 150mm (6") | | |
| Torreta bi-direccional | 8 posiciones | | |
| Sujeción diametral herramienta | 25mm (1") | | |
| Máx. sujeción diametral herramienta taladrado | 40mm | | |
| Diámetro del contrapunto | 75mm | | |
| Recorrido del contrapunto | 80mm | | |
| Cono del contrapunto | MT4 | | |
| Posicionamiento X/Z | 0.006mm | | |
| Repetibilidad X/Z | 0.004mm | | |
| Peso neto | 4,000kgs | | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.3. Ficha técnica del Torno LEALD TCN 10 S

|  | | | |
|--|-------------------------|---------------|--------------|
| FICHA TÉCNICA | | | |
| EQUIPO: TORNO LEALD TCN 10 S | | | |
|  | | | |
| REALIZADO POR: | ENT | FECHA | Versión 01 |
| Información del Equipo | | | |
| MÁQUINA - EQUIPO | Torno CNC | MARCA: | LEALD |
| Nº SERIAL | | ÁREA | Servicios |
| MODELO | TCN 10S | CÓDIGO | LETC |
| Características Técnicas del Equipo: | | | |
| Control CNC | Fanuc Oi TF | | |
| Máx. Volteo sobre bancada | 570mm (23") | | |
| Máx. lteo sobre el carro | 400mm (16") | | |
| Máx. diámetro de corte | 320mm (13") | | |
| Máx. longitud de corte | 100mm (40") | | |
| Recorridos X/Z | 185mm/1100mm (7.4"/44") | | |
| Avances rápidos X/Z | 24/30m/min | | |
| Motor | 11kW/15kW(15hp/20hp) | | |
| Máx. Velocidad del husillo | 3,500 rpm | | |
| Nariz del husillo | A2-6 | | |
| Paso de barra | 65mm (2.60") | | |
| Diámetro del chuck | 250mm (10") | | |
| Torreta bi-direccional | 8 posiciones | | |
| Sujeción diametral herramienta | 25mm (1") | | |
| Máx. sujeción diametral herramienta taladrado | 40mm | | |
| Diámetro del contrapunto | 100mm | | |
| Recorrido del contrapunto | 100mm | | |
| Cono del contrapunto | MT5 | | |
| Posicionamiento X/Z | 0.01mm | | |
| Repetibilidad X/Z | 0.004mm | | |
| Peso neto | 5,000kgs | | |

Fuente: El autor (2017)

4.1.5 Sistemas que conforman a los tornos convencionales

A continuación se les presentan los sistemas que conforman un torno convencional. (ver figura 4.23)

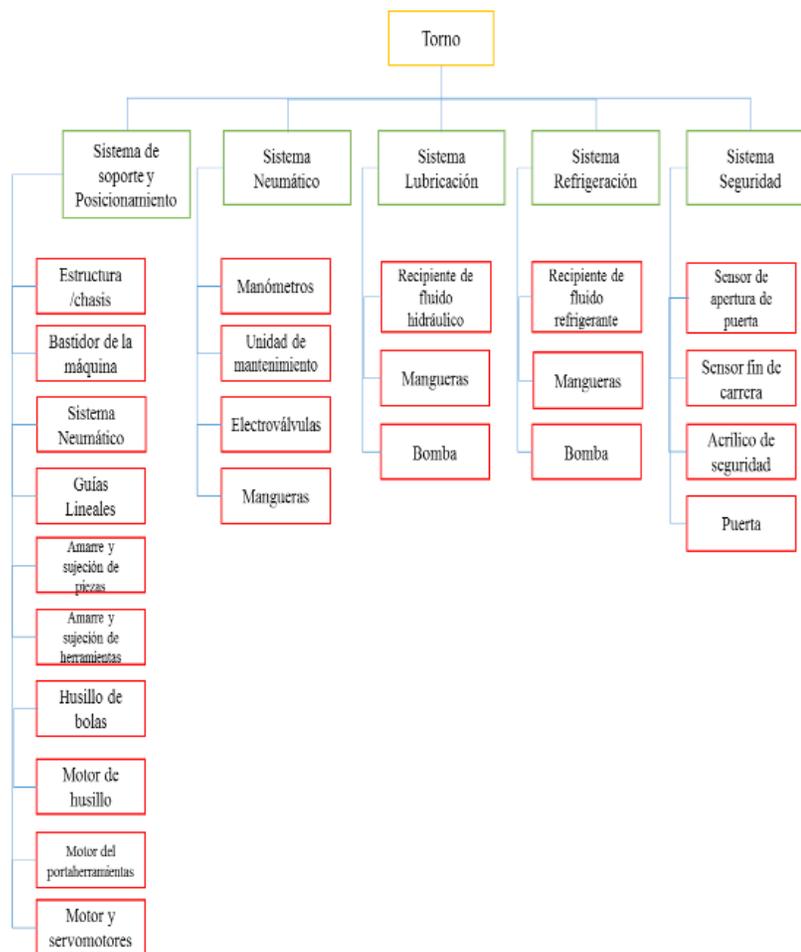


Figura 4.23. Sistemas que conforman a los tornos convencionales

Fuente: El autor (2017)

4.1.6 Información general del torno paralelo

Según Enciclopedia de Ciencia y Técnica. (1984). El objetivo o propósito de estas herramientas de trabajo es contribuir directamente al desarrollo de las

actividades de fabricación y reparación de componentes de equipos y máquinas pertenecientes a la industria petrolera. Los modelos y marcas de estos tornos son: torno paralelo marca Kingston USA modelo HJ-1700 y torno paralelo Goodway GW 1640. En cada uno de ellos el proceso de mecanizado de piezas de metales de forma geométrica de revolución consiste en hacer girar el elemento una vez centrado y fijado en el cabezal mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado.

La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado charriot que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta porta herramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado. La estructura del torno está integrada por siete componentes principales como son: la caja Norton, cabezal, traslación rápida o caja de avance, carros, contrapunto, bancada y motor eléctrico. (ver figura 4.24)

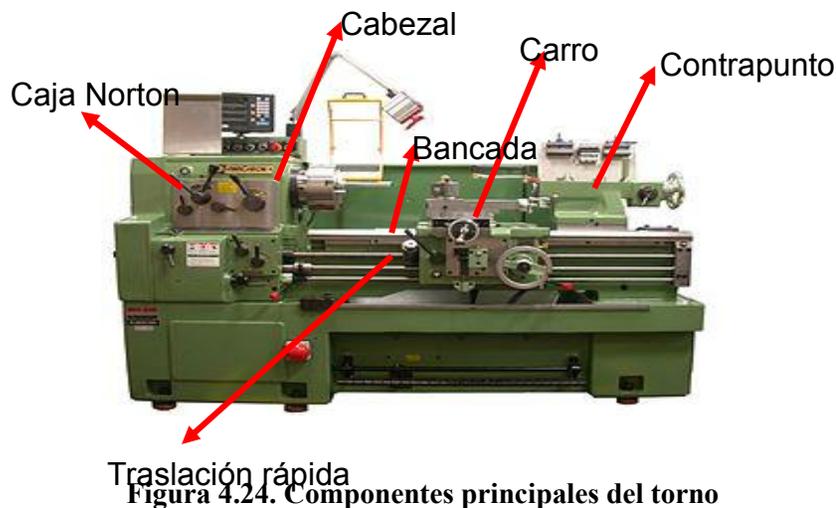


Figura 4.24. Componentes principales del torno
Fuente: El autor (2017)

4.1.7 Descripción de los componentes principales del sistema de tornos paralelos

Los componentes principales que conforman la estructura del sistema de tornos paralelos o mecánicos son: la caja Norton, cabezal, traslación rápida o caja de avance, carros, contrapunta, bancada y motor eléctrico. A continuación serán explicados a detalle cada uno de ellos y se mostrarán las especificaciones de sus componentes. Las imágenes que serán mostradas fueron tomadas bajo el consentimiento y supervisión del personal de taller que labora en la empresa. Por otra parte, es importante mencionar que para la descripción de los componentes se contó con la ayuda del coordinador de operaciones, supervisor y de los torneros, quienes suministraron información técnica y los “Manuales de instrucciones y de servicio” en los cuales se puede observar las características técnicas de los diferentes componentes principales.

- ✓ Caja Norton: la caja de engranajes constituye una unidad de montaje independiente, fijada a la pared lateral trasera de la bancada y unida mediante tornillos con el cabezal (ver figura 4.24)



Figura 4.24 Caja Norton

Fuente: El autor (2017)

- ✓ **Cabezal:** Contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance (ver figura 4.25)



Figura 4.25 Cabezal

Fuente: El autor (2017)

- ✓ **Traslación rápida:** El motor y los elementos de mando del mecanismo de translación rápida están dispuestos en una caja montada a la pared lateral derecha del tablero. (ver figura 4.26)



Figura 4.26 Traslación rápida
Fuente: El autor (2017)

- ✓ Carros: constan del carro principal, que produce los movimientos de avance y profundidad de pasada, y del carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal. (ver figura 4.27)



Figura 4.27 Carros
Fuente: El autor (2017)

- ✓ Contrapunto: es el elemento que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos (ver figura 4.28)

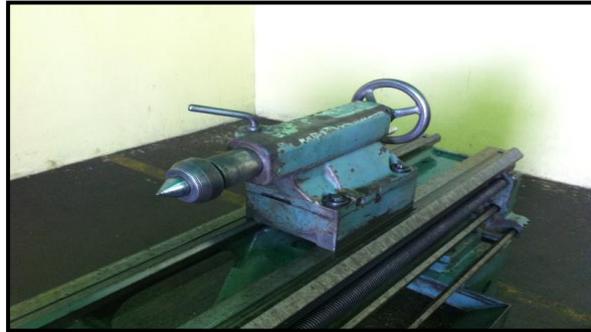


Figura 4.28 Contrapunto
Fuente: El autor (2017)

- ✓ Bancada: sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal. (ver figura 4.29)



Figura 4.29 Bancada
Fuente: El autor (2017)

4.1.8 Especificaciones técnicas generales de los tornos paralelos

Mediante el uso de fichas técnicas se presenta la información de las especificaciones y características técnicas que conforman al torno paralelo en general. La información técnica del equipo es recolectada de forma tabulada, siguiendo un orden determinado. Se elaboró una ficha técnica correspondiente a cada torno examinado, reflejando una imagen del equipo en cuestión. A continuación ver tabla 4.4 hasta la 4.5.

Tabla 4.4. Ficha técnica del Torno Paralelo KINGSTON HJ 1700.

| | | | |
|--|--------------|---------------|-------------------|
|  | | | |
| FICHA TÉCNICA | | | |
| EQUIPO: TORNO KINGSTON HJ 1700 | | | |
|  | | | |
| REALIZADO POR: | ENT | FECHA | Versión 01 |
| Información del Equipo | | | |
| MÁQUINA - EQUIPO | Torno | MARCA: | KINGSTON |
| Nº SERIAL | | ÁREA | Servicios |
| MODELO | HJ 1700 | CÓDIGO | KTHJ |
| Características Técnicas del Equipo: | | | |
| Máx. Volteo sobre bancada | 500mm (20") | | |
| Máx. Volteo sobre el carro | 300mm (12") | | |
| Máx. diámetro de corte | 160mm (6.4") | | |

| | |
|---|------------------------|
| Máx. longitud de corte | 300mm (12") |
| Recorridos X/Z | 125mm/350mm (5"/14") |
| Avances rápidos X/Z | 30m/min |
| Motor | 5.5kw/7.5kw (7hp/10hp) |
| Máx. Velocidad del husillo | 6,000rpm |
| Nariz del husillo | A2-5 |
| Paso de barra | 56mm (2.24") |
| Diámetro del chuck | 150mm (6") |
| Torreta bi-direccional | 8 herramientas |
| Sujeción diametral herramienta | 20mm |
| Máx. sujeción diametral herramienta taladrado | 32mm |
| Diámetro del contrapunto | 65mm |
| Recorrido del contrapunto | 80mm |
| Cono del contrapunto | MT4 |
| Posicionamiento X/Z | 0.006mm |
| Repetibilidad X/Z | 0.004mm |
| Peso neto | 3,000kgs |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.4. Ficha técnica del Torno Paralelo GOODWAY GW 1640

| | | | |
|--|--------------------------|---------------|-------------------|
|  | | | |
| FICHA TÉCNICA | | | |
| EQUIPO: GOODWAY GW 1640 | | | |
|  | | | |
| REALIZADO POR: | ENT | FECHA | Versión 01 |
| Información del Equipo | | | |
| MÁQUINA - EQUIPO | Torno | MARCA: | GOODWAY |
| Nº SERIAL | | ÁREA | Servicios |
| MODELO | GW 1640 | CÓDIGO | GW1640 |
| Características Técnicas del Equipo: | | | |
| Máx. Volteo sobre bancada | 450mm (18") | | |
| Máx. Volteo sobre el carro | 300mm (12") | | |
| Máx. diámetro de corte | 200mm (8") | | |
| Máx. longitud de corte | 350mm (14") | | |
| Recorridos X/Z | 135mm/430mm (5.4"/17.2") | | |

| | |
|---|-------------------------|
| Avances rápidos X/Z | 24/30m/min |
| Motor | 7.5kW/11 kW (10hp/15hp) |
| Máx. Velocidad del husillo | 6,000 rpm |
| Nariz del husillo | A2-5 |
| Paso de barra | 56mm (2.24") |
| Diámetro del chuck | 150mm (6") |
| Torreta bi-direccional | 8 posiciones |
| Sujeción diametral herramienta | 25mm (1") |
| Máx. sujeción diametral herramienta taladrado | 40mm |
| Diámetro del contrapunto | 75mm |
| Recorrido del contrapunto | 80mm |
| Cono del contrapunto | MT4 |
| Posicionamiento X/Z | 0.006mm |
| Repetibilidad X/Z | 0.004mm |
| Peso neto | 4,000kgs |
| | |

Fuente: El autor (2017)

Se levantó el contexto operacional actual de los Tornos de la empresa, donde se identificó que algunos de sus tornos están operando por debajo de su capacidad de diseño.

4.2 Jerarquización de cada uno de los componentes que conforman los tornos utilizando la norma ISO 14224

Para la definición de la presente norma, codificación de ubicaciones y activos mantenibles de la empresa Optidrill, S. A., fue necesario establecer una estructura jerárquica, para lo cual se basó en la taxonomía recomendada por el estándar ISO 14224, presentada en el capítulo III.

4.2.1 Área de trabajo

La empresa Optidrill, S. A., se divide en Áreas de Trabajo, de la siguiente manera:

- ✓ Área Operacional
- ✓ Área de Servicios
- ✓ Área de Laboratorio

- ✓ Área Administrativa

A continuación se muestra la tabla 4.6 de codificación de áreas:

Tabla 4.6. Codificación de las áreas de la empresa Optidrill, S. A.

| ÁREAS DE TRABAJO | CÓDIGO |
|-------------------------|---------------|
| Área Operacional | AO |
| Área de Servicios | AS |
| Área de Laboratorio | AL |
| Área Administrativa | AA |

Fuente: El autor (2017)

4.2.3 Nomenclatura de los nombres de las máquinas

Seguidamente en la tabla 4.7, después de las siglas de la designación de áreas, van las siglas de nombre de los de los equipos, con la finalidad de poder identificar rápidamente el equipo.

Tabla 4.7. Codificación de nombres de los equipos

| NOMBRE DEL EQUIPO | CODIGO |
|--------------------------|---------------|
| EMCO 220 | EM22 |
| KINGSTON HJ 1700 | KTHJ |
| NOMBRE DEL EQUIPO | CODIGO |
| GOODWAY GW 1640 | GW1640 |
| LEALDE TCN 10S | LETC |

Fuente: El autor (2017)

4.2.4 Numeración de los equipos por área.

El último paso es designarle un número arábigo a cada equipo, según su área de trabajo, para poder saber cuántos equipos del mismo tipo tenemos.

A continuación presentamos en la tabla siguiente, la codificación de todos los tornos de la empresa Optidrill, S. A. (ver tabla 4.8)

Tabla 4.8. Codificación de los tornos del área de servicios de la empresa Optidrill, S. A.

| Nº | NOMBRE DEL EQUIPO | CODIGO |
|----|-------------------|------------|
| 1 | EMCO 220 | AS-EM22-01 |
| 2 | KINGSTON HJ 1700 | AS-KGHJ-01 |
| 3 | GOODWAY GW 1640 | AS-GW16-01 |
| 4 | LEALDE TCN 10S | AS-LETC-01 |

Fuente: El autor (2017)

4.2.5 Codificación de los componentes de un torno CNC.

Las tablas 4.9 y 4.10, se muestran los sub-sistemas que conforman los tornos, así como los componentes que lo integran. El otro torno se encuentra en el anexo A.

Tabla 4.9. Sub-Sistema del Torno CNC EMCO220

| Equipo | Sub-Sistema | Código |
|------------|---------------------------|----------------|
| AS-EM22-01 | SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | AS- EM22-01-SP |
| | NEUMÁTICO | AS-EM22-01-NE |
| | LUBRICACIÓN | AS- EM22-01-LU |
| | REFRIGERACIÓN | AS- EM22-01-RE |
| | SEGURIDAD | AS- EM22-01-SE |
| | CONTROL | AS- EM22-01-CO |
| | ELÉCTRICO | AS- EM22-01-EL |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.10. Estructuración de Jerarquía de los tornos

| EQUIPO: TORNO EMCO220 | | | |
|------------------------------------|------------------------|----|-------------------|
| SISTEMA: Soporte y Posicionamiento | | | |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | | CODIGO |
| | Estructura o Chasis | 01 | AS- EM22-01-SP-01 |
| | Bastidor de la máquina | 02 | AS- EM22-01-SP-02 |

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------|
| SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | Bancada de la máquina | 03 | AS- EM22-01-SP-03 |
| | Guías lineales de desplazamiento | 04 | AS- EM22-01-SP-04 |
| | Amarre y sujeción de la herramienta | 05 | AS- EM22-01-SP-05 |
| | Husillo de bolas | 06 | AS- EM22-01-SP-06 |
| | Motor del husillo (Spindle motor) | 07 | AS- EM22-01-SP-07 |
| | Motor del portaherramientas | 08 | AS- EM22-01-SP-08 |
| | Servomotores | 09 | AS- EM22-01-SP-09 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | CODIGO | |
| NEUMÁTICO | Unidad de mantenimiento | 01 | AS-EM22-01-NE-01 |
| | Electroválvulas | 02 | AS-EM22-01-NE-02 |
| | Mecanismo recoge piezas | 03 | AS-EM22-01-NE-03 |
| | Mecanismo sujeción de piezas | 04 | AS-EM22-01-NE-04 |
| | Contrapunto | 05 | AS-EM22-01-NE-05 |

Fuente: El autor (2017)

Continuacion, Tabla 4.10. Estructuración de Jerarquía de los tornos

| EQUIPO: TORNO EMCO220 | | | |
|------------------------------------|---|--------|------------------|
| SISTEMA: Soporte y Posicionamiento | | | |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | CODIGO | |
| LUBRICACIÓN | Motobomba de lubricación | 01 | AS-EM22-01-LU-01 |
| | Recipiente de almacenamiento fluido hidráulico | 02 | AS-EM22-01-LU-02 |
| | Filtro aceite | 03 | AS-EM22-01-LU-03 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | CODIGO | |
| REFRIGERACIÓN | Motobomba de refrigeración | 01 | AS-EM22-01-RE-01 |
| | Recipiente de almacenamiento fluido de refrigeración | 02 | AS-EM22-01-RE-02 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | CODIGO | |
| SEGURIDAD | Sensores home, de final de carrera y apertura de puerta | 01 | AS-EM22-01-SE-01 |
| | Puerta | 02 | AS-EM22-01-SE-02 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | CODIGO | |
| CONTROL | Software | 01 | AS-EM22-01-CO-01 |
| | Tarjeta de control G REX 100 | 02 | AS-EM22-01-CO-02 |
| | Tarjeta Interface GREX-DRIVERS | 03 | AS-EM22-01-CO-03 |
| | Tarjeta de control G 340 | 04 | AS-EM22-01-CO-04 |
| | Controladores (Drivers) | 05 | AS-EM22-01-CO-05 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | CODIGO | |
| ELÉCTRICO | Conexión principal | 01 | AS-EM22-01-EL-01 |

Fuente: El autor (2017)

La taxonomía de los tornos CNC (02) se clasificó en siete 07 sistemas y veintinueve (29) ítem mantenibles por cada torno (un total de 07 sub-sistemas).

4.2.6 Codificación de los componentes de un torno convencional

Las tablas 4.11 y 4.12, se muestran los sub-sistemas que conforman el torno convencional, así como los componentes que lo integran. El otro torno se encuentra en el anexo A.

Tabla 4.11. Sub-Sistema del Torno Convencional

| Equipo | Sub-Sistema | Código |
|------------|---------------------------|---------------|
| AS-KGHJ-01 | SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | AS-KGHJ-01-SP |
| | NEUMÁTICO | AS-KGHJ-01-NE |
| | LUBRICACIÓN | AS-KGHJ-01-LU |
| | REFRIGERACIÓN | AS-KGHJ-01-RE |
| | SEGURIDAD | AS-KGHJ-01-SE |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.12 Estructuración de Jerarquía del torno

| EQUIPO: TORNO KINGSTON HJ1700 | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|----|------------------|
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | | CODIGO |
| SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | Estructura o Chasis | 01 | AS-KGHJ-01-SP-01 |
| | Bastidor de la máquina | 02 | AS-KGHJ-01-SP-02 |
| | Bancada de la máquina | 03 | AS-KGHJ-01-SP-03 |
| | Guías lineales de desplazamiento | 04 | AS-KGHJ-01-SP-04 |
| | Amarre y sujeción de la herramienta | 05 | AS-KGHJ-01-SP-05 |
| | Husillo de bolas | 06 | AS-KGHJ-01-SP-06 |
| | Motor del husillo (Spindle motor) | 07 | AS-KGHJ-01-SP-07 |
| | Motor del portaherramientas | 08 | AS-KGHJ-01-SP-08 |
| | Servomotores | 09 | AS-KGHJ-01-SP-09 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | | CODIGO |
| NEUMÁTICO | Unidad de mantenimiento | 01 | AS-KGHJ-01-NE-01 |
| | Electroválvulas | 02 | AS-KGHJ-01-NE-02 |
| | Mecanismo recoge piezas | 03 | AS-KGHJ-01-NE-03 |
| | Mecanismo sujeción de piezas | 04 | AS-KGHJ-01-NE-04 |
| | Contrapunto | 05 | AS-KGHJ-01-NE-05 |

| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | | CODIGO |
|---------------|---|----|------------------|
| LUBRICACIÓN | Motobomba de lubricación | 01 | AS-KGHJ-01-LU-01 |
| | Recipiente de almacenamiento fluido hidráulico | 02 | AS-KGHJ-01-LU-02 |
| | Filtro aceite | 03 | AS-KGHJ-01-LU-03 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | | CODIGO |
| REFRIGERACIÓN | Motobomba de refrigeración | 01 | AS-KGHJ-01-RE-01 |
| | Recipiente de almacenamiento fluido de refrigeración | 02 | AS-KGHJ-01-RE-02 |
| Sub Sistema | ITEM MANTENIBLES | | CODIGO |
| SEGURIDAD | Sensores home, de final de carrera y apertura de puerta | 01 | AS-KGHJ-01-SE-01 |
| | Puerta | 02 | AS-KGHJ-01-SE-02 |

Fuente: El autor (2017)

La taxonomía de los tornos convencionales (02) se clasificó en cinco 05 sistemas y veintitrés (23) ítem mantenibles por cada torno (un total de 05 sub-sistemas).

4.3 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) de los tornos de la empresa Optidrill, S.A.

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación de analizar el modo y efecto de las fallas de los tornos sujetos a esta investigación, se elaboró una tabla que incluye a cada uno de los mismos con su respectivo análisis funcional, sus causas, la identificación de modos de falla, efectos y consecuencias de la fallas.

Antes de iniciar el (AMEF), fue necesario el desglose de componentes, para esto se tomó en cuenta el uso de la norma ISO 14224, donde se procedió a identificar el equipo, sistema, subsistemas, componentes e ítems mantenibles correspondientes, ver tabla 4.10. Considerando que los tornos objeto de estudio son similares, se tomó en cuenta para la jerarquización al Torno EMCO 220, por ser más complejas y además que los sistemas y componentes solamente los diferencia el sub sistema de control numérico con respecto a los demás tornos. Los resultados obtenidos por

medio de la metodología AMEF, se registraron, en las tablas diseñadas para tales efectos.

4.3.1 Aplicación del análisis de modos y efectos de fallas AMEF

Para llevar a cabo el análisis de modos y efectos de fallas, se tomó la información de la tabla 4.10, para garantizar un análisis más eficaz. Para asentar la información correspondiente, se diseñó una hoja de información descrita en el capítulo 3, (ver figura 3.4).

4.3.1.1 Definición de las funciones principales de los equipos críticos

Inicialmente se revisaron manuales del fabricante, luego se trabajó con el equipo natural de trabajo pertinente, de esta manera se pudieron conocer las funciones y se obtuvieron ideas claras sobre la finalidad que cumplen cada componente analizado. Se definieron fallas totales o parciales, para esto, se consideraron las respuestas de las entrevistas al personal encargado del servicio.

4.3.1.2 Identificación de los modos y efectos de fallas

Para identificar los modos y efectos de fallas, se revisaron los manuales del fabricante de los tornos en estudio y junto al equipo natural de trabajo mediante mesa de trabajo y tormenta de ideas se definieron los modos de fallas y sus consecuencias. A continuación, en las tablas 4.13 a la 4.35 se presenta la ejecución del Análisis de Modos y Efectos de Fallas elaboradas. Las demás tablas se presentan en el anexo B.

Tabla 4.13. Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF de Soporte y posicionamiento

| OPTIDRILLS.A. PERFORACION OPTIMIZADA | | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | Hoja: 1/23 |
|---|---|----|--|--------------------------------------|--|---|
| Realizado Por: ENT | | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| Equipo: TORNO EMCO 220 | | | Sistema: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | Componente: | |
| Item Mantenible: ESTRUCTURA/ CHASIS | | | | Fecha: | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 1 | Soportar y contener el resto de componentes del torno | a | Desnivel en la estructura/chasis | 1 | Defecto de montaje | Imperfectos en el proceso de torneado. Vibraciones/desbalanceo. Fractura de herramientas. |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.14 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF de Soporte y posicionamiento

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 2/23 | |
|---|---|--|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: GUÍAS LINEALES | | | | Fecha: | | | |
| | | | | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| | | | | | | | |
| 2 | Guiar los carros longitudinales y transversales | a | No guía los carros longitudinales y transversales | 1 | Desajuste de la holgura de las guías | Atascamiento/defectos en el torneado. Recalentamiento de motores. | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.15 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF de Soporte y posicionamiento

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 3/23 | |
|---|-----------------------|--|--|--------------------------------------|---|--|-----------------|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: SOPORTE POSICIONAMIENTO | | Y Componente: | |
| Ítem Mantenible: MOTOR Y SERVOMOTORES | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 3 | Posicionar la torreta | a | No posiciona correctamente | 1 | Conexión defectuosa (en el sentido antihorario) | | Quema del motor |
| | | b | Corto circuito | 2 | Sobrecorriente | | Quema del motor |

Fuente: el autor (2017)

Tabla 4.16 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 4/23 | |
|---|--|--|--|--------------------------------------|--------------------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Neumático | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: MANÓMETRO | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 4 | Mostrar medición análoga de la presión en el sistema | a | Mala señalización | 1 | Instrumento descalibrado | Erronea medición mínima de operación de trabajo. Mal funcionamiento o sub-sistema neumático | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.17 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 5/23 |
|---|------------------------------|--|--|--------------------------------------|--|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Neumático | | Componente: |
| Ítem Mantenible: UNIDAD DE MANTENIMIENTO | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 5 | Filtrar aire a los elementos | a | Inadecuada filtración de los elementos | 1 | Fin de vida útil/mala selección del elemento filtrador | Mala selección del elemento filtrador. |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.18 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 6/23 | |
|---|-----------------------------------|--|--|--------------------------------------|----------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Neumático | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: ELECTROVÁLVULAS | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 6 | Permitir el paso o cierre de aire | a | Circuito de paso de aire interrumpido | 1 | Bobina quemada | Bobina no genera campo magnético para suichear posición abierta o cerrada. sub-sistema neumático inoperante | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.19 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del Neumático

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 7/23 | |
|---|------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------|---|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Neumático | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: MANGUERAS | | | Fecha: | | | | |
| N° | FUNCIÓN | N° | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 7 | Conducir el aire | a | Fuga de aire | 1 | Falla en material/roce | Disminución de presión mínima de trabajo. Componentes y actuadores neumáticos inoperantes. | |
| | | b | Obstrucción | | Doblez de manguera | No presencia de aire en las tuberías de conducción. Componentes y actuadores Neumáticos inoperantes. | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.20 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de lubricación

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 8/23 | |
|---|--|--|--|--------------------------------------|------------------------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Lubricación | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: RECIPIENTE DE FLUIDO HIDRÁULICO | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 8 | Almacenar aceite de fluido hidráulico 0,7lts | a | No almacena el fluido | 1 | Ruptura del envase de fluido | Derrame de aceite. Posible accidente. | |
| | | | | 2 | Contaminación | Cavitación bomba. Destrucción bomba | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.21 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de lubricación

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 9/23 |
|---|---|--|--|--------------------------------------|----------------------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Lubricación | | Componente: |
| Item Mantenible: MANGUERAS | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 9 | Transportar aceite que almacena el recipiente | a | No transporta aceite en las mangueras | 1 | Falla en material/ roce | Derrame de aceite. Posible accidente. |
| | | | | 2 | Obstrucción | Cavitación bomba. |
| | | | | 3 | Doblez de manguera | Destrucción bomba |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.22 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de lubricación

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 10/23 | |
|---|---------------------------------------|--|--|--------------------------------------|---------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Lubricación | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: BOMBA | | | Fecha: | | | | |
| N° | FUNCIÓN | N° | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| | | | | | | | |
| 10 | Bombear aceite Hidráulico cada 8 seg. | a | No bombea aceite cada 8 seg | 1 | Contaminación | Cavitación bomba. Destrucción bomba | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.23 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de refrigeración

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 11/23 | |
|---|-------------------------------------|--|--|--------------------------------------|--------------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Refrigeración | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: RECIPIENTE DE FLUIDO REFRIGERANTE | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 11 | Almacenar fluido refrigerante 85lts | a | No almacena el fluido | 1 | Ruptura del envase | Derrame de aceite Posible accidente. Cavitación bomba Destrucción bomba | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.24 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de refrigeración

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 12/23 | |
|---|--------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------|---|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Refrigeración | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: MANGUERAS | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 12 | Transportar refrigerante | a | Fuga de refrigerante | 1 | Falla en material/roce | Derrame de refrigerante. Posible accidente. | |
| | | | | 2 | Doblez de manguera | Cavitación bomba. Destrucción bomba. | |
| | | | | 3 | Obstrucción | | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.25 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de refrigeración

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 13/23 | |
|---|---|--|--|--------------------------------------|------------------|---|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Refrigeración | | Componente: | |
| Item Mantenible: BOMBA | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 13 | Mantener la presión a 21 bares (300psi) | a | No mantiene la presión a 21 bares (300psi) | 1 | Succión taponada | Cavitación bomba. Destrucción bomba. | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.26 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 14/23 | |
|---|---------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------|---|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Seguridad | | Componente: | |
| Ítem Mantenible: SENSOR APERTURA DE PUERTA | | | Fecha: | | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 14 | Detener torno | a | No detiene el torno | 1 | Fin de vida útil | Activación con puerta abierta. Posible accidente. | |
| | | | | 2 | Sensor sin recibir señal | Activación con puerta abierta. Posible accidente. | |
| | | | | 3 | Mal Montaje | | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.27 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 15/23 | |
|---|--|--|--|--------------------------------------|------------------|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Seguridad | | Componente: | |
| Item Mantenible: SENSOR FIN DE CARRERA | | | | | Fecha: | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 15 | Detener desplazamiento para evitar choque con el equipo y la herramienta | a | No detiene desplazamiento | 1 | Fin de vida útil | Activación con puerta abierta. Posible accidente. | |
| | | | | 2 | No censa | Activación con puerta abierta. Posible accidente. | |
| | | | | 3 | Mal montaje | | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.28 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 16/23 |
|---|----------------|--|--|--------------------------------------|---------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Seguridad | | Componente: |
| Ítem Mantenible: ACRILICO DE SEGURIDAD | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 16 | Detener viruta | a | No detiene la viruta | 1 | Ruptura | Desprendimiento de viruta Posible accidente |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.29 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de seguridad

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 17/23 |
|---|------------------------------|--|--|--------------------------------------|---------------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR. |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Seguridad | | Componente: |
| Item Mantenible: PUERTA | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 17 | Proteger proceso de torneado | a | No protege proceso de torneado | 1 | Desajuste (colgada) | Derrame de refrigerante. Posible accidente |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.30 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de control

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 18/23 |
|---|------------------------|--|--|--------------------------------------|----------------------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Control | | Componente: |
| Item Mantenible: DRIVER | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 18 | Controlar servomotores | a | No controla servomotores | 1 | Recalentamiento del driver | Daño en el driver por exceso de Temperatura. |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.31 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de control

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 19/23 |
|---|--|--|--|--------------------------------------|---------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Control | | Componente: |
| Ítem Mantenible: TARJETA DE INTERFAZ GREX-DRIVERS | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 19 | Garantizar velocidad de operación servomotores | a | No garantiza la velocidad | 1 | Sobre voltaje | Quema de componentes. Inoperatividad del spindle |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.32 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema de control

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 20/23 |
|---|--|--|--|--------------------------------------|-------------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Control | | Componente: |
| Item Mantenible: TAJETA DE CONTROL GREX-100 | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 20 | Controlar movimiento (pulso y dirección) | a | No controla movimiento | 1 | Mala programación | Descontrol del movimiento choque. Acabados defectuosos. Inoperatividad. |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.33 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema eléctrico

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 21/23 | |
|---|---------------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|--|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR | |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Eléctrico | | Componente: | |
| Item Mantenible: CONTACTOR | | | | Fecha: | | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) | |
| 21 | Establecer el paso de corriente | a | Circuito interrumpido | 1 | Bobina quemada por pérdida de fase | Bobina no genera campo magnético para permitir paso de corriente. Torno inoperante. | |
| | | | | 2 | Bobina quemada por conexión defectuosa | bobina no genera campo magnético para permitir paso de Corriente. Torno inoperante. | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.34 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema eléctrico

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 22/23 |
|---|-----------------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Eléctrico | | Componente: |
| Item Mantenible: FUSIBLE | | | | Fecha: | | |
| Nº | FUNCIÓN | Nº | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 22 | Proteger circuito eléctrico | a | No protege circuito eléctrico | 1 | Sobrecarga/ cortocircuito | Se interrumpe flujo eléctrico en el circuito. Torno inoperante. |

Fuente: El autor (2017)

Tabla N° 4.35 Hoja de Análisis de Modos y Efecto de Fallas AMEF del sistema eléctrico

|  | | Hoja de Análisis de Modos y Efectos de Falla | | | | Hoja: 23/23 |
|---|----------|--|--|--------------------------------------|------------------------------|---|
| | | Realizado Por: ENT | | Revisado Por: ENT | | Aprobado Por: MANTENEDOR |
| | | Equipo: TORNO EMCO 220 | | Sistema: Eléctrico | | Componente: |
| Ítem Mantenible: CONECTOR PRINCIPAL | | | Fecha: | | | |
| N° | FUNCIÓN | N° | FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función) | MODO DE FALLA (Causa de la falla) | | EFEECTO DE FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla) |
| 23 | Conectar | a | no conecta | 1 | Perdida de conexión a tierra | Descarga eléctrica en componentes del torno. Torno inoperante. |

Fuente: El autor (2017)

4.3.3 Resultados finales del análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) de los tornos

Una vez realizado el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), se puede apreciar en las tabla 4.36 y 4.37 los resultados arrojados de las funciones, modos de fallas y fallas funcionales de los ítem mantenibles evaluados para los tornos de CNC, distribuidos en los sistemas Soporte y Posicionamiento, neumático, lubricación, refrigeración, seguridad, control y eléctrico y en las tablas 4.37 y 4.38 los resultados arrojados para los tornos convencionales.

Tabla 4.36. Resultados del AMEF para el TORNO EMCO 220

| EQUIPO: TORNO EMCO 220 | | | | |
|-----------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|
| SISTEMA | ITEM MANTENIBLE | FUNCION | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLAS |
| Soporte/posicionamiento | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 4 | 4 |
| % Distribución | - | 28% | 36% | 36% |
| Neumático | 4 | 4 | 5 | 5 |
| Sub-Total: | 4 | 4 | 5 | 5 |
| % Distribución | - | 28% | 36% | 36% |
| Lubricación | 3 | 3 | 3 | 6 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 6 |
| % Distribución | - | 25% | 25% | 50% |
| Refrigeración | 3 | 3 | 3 | 5 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 5 |
| % Distribución | - | 27% | 27% | 46% |
| Seguridad | 4 | 4 | 4 | 8 |
| Sub-Total: | 4 | 4 | 4 | 8 |
| % Distribución | - | 25% | 25% | 50% |
| Control | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 3 |
| % Distribución | - | 33% | 33% | 34% |
| Eléctrico | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 4 |
| % Distribución | - | 30% | 30% | 40% |
| Total | 23 | 23 | 25 | 35 |
| % Distribución total | - | 28% | 30% | 42% |

Fuente: El autor (2017)

En el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), que constituye la parte más importante para la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, realizado a él Torno EMCO 220, se determinaron veintitrés (23) funciones, así como sus fallas funcionales veinticinco (25) y los modos de fallas treinta y cinco (35). Representando las funciones el 28%, las fallas funcionales 30% y los modos de fallas 42%.

Tabla 4.37. Resultados del AMEF para el TORNO LEALD TCN 10S

| EQUIPO: TORNO LEALD TCN 10S | | | | |
|------------------------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| SISTEMA | ITEM MANTENIBLE | FUNCION | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLAS |
| Soporte/posicionamiento | 2 | 2 | 2 | 10 |
| Sub-Total: | 2 | 2 | 2 | 10 |
| % Distribución | - | 14% | 14% | 72% |
| Control | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 3 |
| % Distribución | - | 33% | 33% | 34% |
| Total | 5 | 5 | 5 | 13 |
| % Distribución total | - | 22% | 22% | 56% |

Fuente: El autor (2017)

En el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), que constituye la parte más importante para la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, realizado a él Torno LEALD TCN 10S, se determinaron cinco (5) funciones, así como sus fallas funcionales cinco (5) y los modos de fallas trece (13). Representando las funciones el 22%, las fallas funcionales 22% y los modos de fallas 56%.

Tabla 4.38. Resultados del AMEF para el TORNO CONVENCIONAL GOODWAY GW 1640

| EQUIPO: TORNO GOODWAY GW1640 | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| SISTEMA | ITEM MANTENIBLE | FUNCION | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLAS |
| SopORTE/posicionamiento | 3 | 3 | 3 | 6 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 6 |
| % Distribución | - | 25% | 25% | 50% |
| Lubricación | 3 | 3 | 3 | 6 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 6 |
| % Distribución | - | 25% | 25% | 50% |
| Refrigeración | 3 | 3 | 3 | 5 |
| Sub-Total: | 3 | 3 | 3 | 5 |
| % Distribución | - | 27% | 27% | 46% |
| Total | 9 | 9 | 9 | 17 |
| % Distribución total | - | 26% | 26% | 48% |

Fuente: El autor (2017)

En el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), que constituye la parte más importante para la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, realizado a él Torno GOODWAY GW1640, se determinaron nueve (9) funciones, así como sus fallas funcionales nueve (9) y los modos de fallas diecisiete (17). Representando las funciones el 26%, las fallas funcionales 26% y los modos de fallas 48%.

Tabla 4.39. Resultados del AMEF para el TORNO CONVENCIONAL KINGSTON HJ 1700

| EQUIPO: TORNO KINGSTON HJ 1700 | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| SISTEMA | ITEM MANTENIBLE | FUNCION | FALLA FUNCIONAL | MODOS DE FALLAS |
| Soporte/posicionamiento | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Sub-Total: | 1 | 1 | 1 | 1 |
| % Distribución | - | 33% | 33% | 34% |
| Neumático | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Sub-Total: | 2 | 2 | 2 | 3 |
| % Distribución | - | 28% | 28% | 44% |
| Seguridad | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Sub-Total: | 2 | 2 | 2 | 6 |
| % Distribución | - | 20% | 20% | 60% |
| Total | 5 | 5 | 5 | 10 |
| % Distribución total | - | 25% | 25% | 50% |

Fuente: El autor (2017)

En el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), que constituye la parte más importante para la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, realizado a él Torno KINGSTON HJ 1700, se determinaron cinco (5) funciones, así como sus fallas funcionales cinco (5) y los modos de fallas diez (10). Representando las funciones el 26%, las fallas funcionales 26% y los modos de fallas 48%.

Se determinó que el torno CNC EMCO 220 está teniendo fallas en todos sus sistemas a diferencia del otro torno de CNC LEALD TCN 10S que contiene sus fallas únicamente en dos (2) sistemas (soporte y posicionamiento y control). Para efectos de los tornos convencionales que están representados por cinco (5) sistemas, se determinó que el torno GOODWAY GW 1640 presenta fallas en más componentes a diferencia del otro torno convencional KINGSTON HJ 1700

4.4 Establecer las actividades de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisión para cada torno.

Para determinar el tipo de mantenimiento más adecuado para cada modo de falla, en este caso los tornos de control numérico y los tornos convencionales, se recurrió al árbol lógico de decisiones. Para desarrollar esta etapa se utilizó El flujograma de preguntas del Diagrama de decisión del RCM II, el cual se muestra en la figura 3.1.

Para resolver las interrogantes que propone el diagrama, se aplicaron entrevistas con el personal de mantenimiento y reuniones con el Equipo natural de trabajo, y así llegar a la acción más satisfactoria. El estudio consistió en realizarle las preguntas a cada modo de falla, siguiendo el flujograma hasta tener una respuesta determinante, es decir tener una acción a implementar, para luego asentar los resultados de cada modo de falla.

Para asentar los datos reflejados por el flujograma de preguntas, se utilizó una hoja de decisión de Elaboración propia, basada en la plantilla de Hoja de Trabajo de decisión del RCM II por The Woodhouse Partnership Ltd. Cabe destacar que las respuestas a las preguntas del Diagrama se reflejan en la Hoja de Decisiones de la siguiente manera: para respuestas negativas (NO) se reflejan con la letra N y para respuestas positivas (SI) con la letra S.

A continuación la tabla (4.40, a la 4.46) se presenta un ejemplo los resultados obtenidos de la ejecución del Árbol Lógico de Decisión realizado. Las demás tablas se presentan en el anexo C.

Tabla 4.40 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | |  HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO <u>EMCO220</u> | | | | | | | | | | Realizado por: ENT | | HOJA: 17 | | |
|---------------------------------------|------------------------|--|----|---------------------------------|---|---|---|----|----|----|------------------------|--------------------------|----|---|--------------------|-----------------|
| Sistema: Soporte y Posicionamiento | | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | | |
| Componente: Soporte y Posicionamiento | | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | S1 | S2 | S3 | H4 | H5 | S4 | | | |
| ESTRUCTURA/ CHASIS | 1 | A | 1 | S | S | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se recomienda repositionar montaje de chasis. | Por Servicio | Mecánico |
| GUÍAS LINEALES | 1 | A | 1 | S | N | | S | S | | | | | | Tarea a condición: Cambio, alineación o repositionamiento de guías lineales | Por servicio | Mecánico |
| MOTOR Y SERVOMOTOR ES | 1 | A | 1 | N | N | N | S | N | N | S | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda ajustar la torreta | Trimestral | Mecánico |
| | | B | 2 | N | N | | S | N | N | S | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda reemplazo de motor | Annual | Electromecánico |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.41 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | | | |  HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO EMCO220 | | | | | | | Realizado por: ENT | | | HOJA: 2/7 | | |
|-------------------------------|------------------------|----|----|---|---|---|---|----|----|----|---------------------------------|----|----|---|--------------------|----------------|
| Sistema: Neumático | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | | | |
| Componente: Neumático | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | S1 | S2 | S3 | H4 | H5 | S4 | | | |
| MANÓMETRO | 1 | A | 1 | N | S | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se recomienda verificar y calibrar manómetro. | Por Servicio | Instrumentista |
| UNIDAD DE MANTENIMIENTO | 1 | A | 1 | S | S | | S | N | N | S | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda reemplazo de filtro | Por Servicio | Instrumentista |
| ELECTROVÁLVULAS | 1 | A | 1 | N | S | | S | N | N | S | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda reemplazo de bobina | Anual | Instrumentista |
| MANGUERAS | 1 | A | 1 | S | S | | S | N | S | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar la manguera. | Trimestral | Instrumentista |
| | | B | 2 | S | S | | S | N | S | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar la manguera. | Trimestral | Instrumentista |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.42 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | | | |  HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO <u>EMCO220</u> | | | | | | | | | Realizado por: ENT | | HOJA: 3/7 | | |
|---------------------------------|------------------------|----|----|--|---|---|---|----|----|----|------------------------|----|-----------------------------|---|--|--|-----------------|
| Sistema: Lubricación | | | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | | |
| Componente: Lubricación | | | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable | |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | O1 | O2 | O3 | H4 | H5 | S4 | | | | |
| RECIPIENTE DE FLUIDO HIDRÁULICO | 1 | A | 1 | S | N | | | S | | | | | | Tarea a condición: se recomienda reparar contenedor | Por Servicio | Electromecánico | |
| | | | 2 | S | N | | | S | | | | | | | Tarea a condición: se recomienda reparar contenedor | Por Servicio | Electromecánico |
| MANGUERAS | 1 | A | 1 | S | N | N | S | N | N | S | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda reemplazo de mangueras hidráulicas. | Semestral | Electromecánico | |
| | | | 2 | S | S | | S | N | S | | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar la manguera. | Trimestral | Mecánico |
| | | | 3 | S | S | | S | N | S | | | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar la manguera. | Trimestral |
| BOMBA | 1 | A | 1 | S | N | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se recomienda limpiar filtro de aceite. | Por Servicio | Electromecánico | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.43 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | | | |  HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO EMCO220 | | | | | | | | | | Realizado por: ENT | | HOJA: 4/7 | | |
|-----------------------------------|------------------------|----|----|---|---|---|---|----|----|----|------------------------|----|----|--------------------------|--|--|--|------------|
| Sistema: Refrigeración | | | | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | | |
| Componente: Refrigeración | | | | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable | | |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | O1 | O2 | O3 | H4 | H5 | S4 | | | | | |
| RECIPIENTE DE FLUIDO REFRIGERANTE | 1 | A | 1 | S | | S | S | S | | | | | | | Tarea a condición: se recomienda cambiar / reparar contenedor. | Por Servicio | Mecánico | |
| MANGUERAS | 1 | A | 1 | S | N | | S | S | | | | | | | Tarea a condición: Se recomienda cambiar las mangueras. | Semestral | Mecánico | |
| | | | | 2 | S | S | | S | N | S | | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar la manguera. | Trimestral | Mecánico |
| | | | | 3 | S | S | | S | N | S | | | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar la manguera. | Trimestral |
| BOMBA | 1 | A | 1 | S | N | | S | N | N | S | | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda reemplazo de la malla que impide el paso de la viruta. | Por Servicio | Mecánico | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.44 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | |  HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO EMCO220 | | | | | | | | | | | Realizado por: ENT | | HOJA: 5/7 | |
|---------------------------|------------------------|---|----|---------------------------------|---|---|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|--|--------------------------|--|---|----------------|
| Sistema: Seguridad | | | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | |
| Componente: Seguridad | | | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 S1 E1 O1 N1 | H2 S2 E2 O2 N2 | H3 S3 E3 O3 N3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | H4 | H5 | S4 | | | | | | |
| SENSOR APERTURA DE PUERTA | 1 | A | 1 | S | S | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se recomienda cambiar sensor de apertura de puerta. | Por servicio | Instrumentista |
| | | | 2 | S | S | | S | N | S | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar el sensor de apertura de puerta | Trimestral | Instrumentista |
| | | | 3 | S | S | N | S | S | | | | | | | Tarea a condición: Se recomienda verificar el montaje del sensor de apertura de puerta | Por servicio |
| SENSOR FIN DE CARRERA | 1 | A | 1 | S | S | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se recomienda cambiar sensor de apertura de puerta. | Por servicio | Instrumentista |
| | | | 2 | S | S | | S | N | S | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda revisar el sensor fin de carrera | Trimestral | Instrumentista |
| | | | 3 | S | S | N | S | S | | | | | | | Tarea a condición: Se recomienda verificar el montaje del sensor fin de carrera | Por servicio |
| ACRILICO DE SEGURIDAD | 1 | A | 1 | S | S | S | S | N | N | S | | | | Tarea de sustitución cíclica: se recomienda cambiar el acrílico de seguridad. | Anual | Instrumentista |
| PUERTA | 1 | A | 1 | S | S | N | S | N | S | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda rediseñar la condición de la puerta. | Semestral | Instrumentista |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.45 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | | | |  HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO <u>EMCO220</u> | | | | | | | | | Realizado por: ENT | | | HOJA: 6/7 |
|----------------------------------|------------------------|----|----|--|---|---|---|----|----|----|------------------------|----|--------------------------|--|--------------------|---------------------|
| Sistema: Control | | | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | |
| Componente: Control | | | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 | H2 | H3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | O1 | O2 | O3 | H4 | H5 | S4 | | | |
| DRIVER | 1 | A | 1 | S | N | | S | N | S | | | | | Tarea de reacondicionamiento cíclico: se recomienda rediseñar el sistema de ventilación del gabinete. | Por Servicio | I Instrumentista |
| TARJETA DE INTERFAZ GREX-DRIVERS | 1 | A | 1 | N | N | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se sugiere revisar el voltaje que llega de la fuente. | Por Servicio | Instrumentista |
| TAJETA DE CONTROL GREX-100 | 1 | A | 1 | N | N | | S | S | | | | | | Tarea a condición: se sugiere revisión minuciosa de programación. | Por Servicio | Instrumentista |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.46 Hoja de Decisión ALD

| Equipo: Torno Emco 220 | | | |  <p>HOJA DE DECISIÓN ALD TORNO EMCO220</p> | | | | | | | | | Realizado por: ENT | | HOJA: 7/7 | | |
|-------------------------------|------------------------|----|----|--|---|---|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|--|------------------------------------|-------------------|--|--------------|-----------------|
| Sistema: Eléctrico | | | | | | | | | | | | | Revisado por: ENT | | | | |
| Componente: Eléctrico | | | | | | | | | | | | | Aprobado por: MANTENEDOR | | | | |
| Ítem Mantenible | Referencia información | | | Evaluación de las consecuencias | | | | H1 S1 E1 O1 N1 | H2 S2 E2 O2 N2 | H3 S3 E3 O3 N3 | TAREAS "A FALTA DE" | | | Tareas Propuestas | Frecuencia Inicial | Responsable | |
| | F | FF | FM | H | S | E | O | H4 | H5 | S4 | | | | | | | |
| CONTACTOR | 1 | A | 1 | N | S | | S | S | | | | | | | Tarea a condición: se recomienda cambio de bobina de contactor. | Por servicio | Electromecánico |
| | | | 2 | N | S | | S | S | | | | | | | Tarea a condición: se recomienda cambio de contactor completo. | Por servicio | Electromecánico |
| FUSIBLE | 1 | A | 1 | N | S | | S | S | | | | | | | Tarea a condición: Cambio de fusible, ajustar conexión de cableado. | Por servicio | Electromecánico |
| CONECTOR PRINCIPAL | 1 | A | 1 | S | S | | S | S | | | | | | | Tarea a condición: Se recomienda revisar la conexión a tierra de la instalación. | Por servicio | Electromecánico |

Fuente: El autor (2017)

4.4.1 Resultados finales del árbol lógico de decisión (ALD)

Una vez realizado el árbol lógico de decisión, en las tablas 4.47 hasta 4.50 se aprecian los resultados totales arrojados de las fallas evidentes, no evidentes, impacto en la seguridad, medio ambiente, fallas evidentes operacional y no operacional de los componentes evaluados, distribuidos en los sistemas de todos los tornos en estudio.

Tabla 4.47. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno EMCO 220

| EQUIPO: TORNO EMCO 220 | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | | | | |
| Sistema | Falla Evidente | Falla No Evidente | Falla En La Seguridad | Falla En El Medio Ambiente | Falla Operacional | Falla No Operacional |
| Soporte y posicionamiento | 2 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| SUBTOTAL | 2 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| % | 50% | 50% | 20% | | 80% | |
| SISTEMA: NEUMATICO | | | | | | |
| Neumático | 3 | 2 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| SUBTOTAL | 3 | 2 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| % | 60% | 40% | 50% | | 50% | |
| SISTEMA: LUBRICACIÓN | | | | | | |
| Lubricación | 6 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| SUBTOTAL | 6 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| % | 100% | | 33% | | 67% | |
| SISTEMA: REFRIGERACIÓN | | | | | | |
| Refrigeración | 5 | 0 | 2 | 1 | 5 | 0 |
| SUBTOTAL | 5 | 0 | 2 | 1 | 5 | 0 |
| % | 100% | | 25% | 12% | 63% | |
| SISTEMA: SEGURIDAD | | | | | | |
| Seguridad | 8 | 0 | 8 | 1 | 8 | 0 |
| SUBTOTAL | 8 | 0 | 8 | 1 | 8 | 0 |
| % | 100% | | 47% | 6% | 47% | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.47 continuación

| Sistema | Falla Evidente | Falla No Evidente | Falla En La Seguridad | Falla En El Medio Ambiente | Falla Operacional | Falla No Operacional |
|---------------------------|----------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|
| SISTEMA: CONTROL | | | | | | |
| Control | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| SUBTOTAL | 1 | 2 | | | 3 | 0 |
| % | 33% | 67% | | | 100% | |
| SISTEMA: ELECTRICO | | | | | | |
| Eléctrico | 1 | 3 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| SUBTOTAL | 1 | 3 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| % | 25% | 75% | 50% | | 50% | |
| TOTAL | 26 | 9 | 24 | 2 | 33 | 0 |
| % | 74% | 26% | 41% | 3% | 5% | |

Fuente: El autor (2017)

Tomando como base la información de la tabla 4.47, se puede visualizar que la mayor parte (74%) se concentra en fallas evidentes, es decir, que los operarios o mantenedores pueden detectar fácilmente en condiciones normales de trabajo las fallas presentadas por el equipo. y un 26% de las fallas son no evidentes. También se observa las fallas que afectan en la seguridad un 41%, las fallas que afectan al medio ambiente 3%, para las fallas operacionales tenemos un 56% lo que implica que interrumpe el proceso de producción, acarreando paradas y 0% para las fallas no operacionales.

Tabla 4.48. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno LEALD TCN 10S

| EQUIPO: TORNO LEALD TCN 10S | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | | | | |
| Sistema | Falla Evidente | Falla No Evidente | Falla En La Seguridad | Falla En El Medio Ambiente | Falla Operacional | Falla No Operacional |
| Soporte y posicionamiento | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| SUBTOTAL | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| % | 100% | | | | 100% | |
| SISTEMA: CONTROL | | | | | | |
| Control | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| SUBTOTAL | 1 | 2 | | | 3 | 0 |
| % | 33% | 67% | | | 100% | |
| TOTAL | 11 | 2 | 0 | 0 | 13 | 0 |
| % | 85% | 15% | | | 100% | |

Fuente: El autor (2017)

Tomando como base la información de la tabla 4.48, se puede visualizar que la mayor parte (85%) se concentra en fallas evidentes, es decir, que los operarios o mantenedores pueden detectar fácilmente en condiciones normales de trabajo las fallas presentadas por el equipo. y un 15% de las fallas son no evidentes. También se observa que no hay fallas que afectan en la seguridad un 0%, tampoco fallas que afectan al medio ambiente 0%, pero para las fallas operacionales tenemos un 100% lo que implica que interrumpe el proceso de producción, acarreando paradas y 0% para las fallas no operacionales.

Tabla 4.49. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno KINGSTON HJ 1700

| EQUIPO: TORNO KINGSTON HJ 1700 | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | | | | |
| Sistema | Falla Evidente | Falla No Evidente | Falla En La Seguridad | Falla En El Medio Ambiente | Falla Operacional | Falla No Operacional |
| Soporte y posicionamiento | 2 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| SUBTOTAL | 2 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| % | 50% | 50% | 20% | | 80% | |
| SISTEMA: NEUMATICO | | | | | | |
| Neumático | 3 | 2 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| SUBTOTAL | 3 | 2 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| % | 60% | 40% | 50% | | 50% | |
| SISTEMA: SEGURIDAD | | | | | | |
| Seguridad | 6 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 |
| SUBTOTAL | 6 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 |
| % | 100% | | 50% | | 50% | |
| TOTAL | 11 | 4 | 12 | 0 | 15 | 0 |
| % | 73% | 27% | 44% | | 56% | |

Fuente: El autor (2017)

Tomando como base la información de la tabla 4.49, se puede visualizar que la mayor parte (73%) se concentra en fallas evidentes, es decir, que los operarios o mantenedores pueden detectar fácilmente en condiciones normales de trabajo las fallas presentadas por el equipo. y un 27% de las fallas son no evidentes. Para las fallas que afectan en la seguridad un 44%, las fallas que afectan al medio ambiente 0%, pero para las fallas operacionales tenemos un 56% lo que implica que interrumpe el proceso de producción, acarreando paradas y 0% para las fallas no operacionales.

Tabla 4.50. Resultados Finales del Árbol Lógico de Decisión (ALD) para el torno GOODWAY GW 1640

| EQUIPO: TORNO GOODWAY GW 1640 | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | | | | |
| Sistema | Falla Evidente | Falla No Evidente | Falla En La Seguridad | Falla En El Medio Ambiente | Falla Operacional | Falla No Operacional |
| Soporte y posicionamiento | 3 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| SUBTOTAL | 3 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| % | 50% | 50% | | | 100% | |
| SISTEMA: LUBRICACIÓN | | | | | | |
| Lubricación | 6 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| SUBTOTAL | 6 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| % | 100% | | 33% | | 67% | |
| SISTEMA: REFRIGERACIÓN | | | | | | |
| Refrigeración | 5 | 0 | 2 | 1 | 5 | 0 |
| SUBTOTAL | 5 | 0 | 2 | 1 | 5 | 0 |
| % | 100% | | 25% | 12% | 63% | |
| TOTAL | 14 | 3 | 4 | 1 | 13 | 0 |
| % | 82% | 18% | 22% | 6% | 72% | |

Fuente: El autor (2017)

Tomando como base la información de la tabla 4.49, se puede visualizar que la mayor parte (82%) se concentra en fallas evidentes, es decir, que los operarios o mantenedores pueden detectar fácilmente en condiciones normales de trabajo las fallas presentadas por el equipo y un 18% de las fallas son no evidentes. Para las fallas que afectan en la seguridad un 22%, las fallas que afectan al medio ambiente 6%, pero para las fallas operacionales tenemos un 72% lo que implica que interrumpe el proceso de producción, acarreando paradas y 0% para las fallas no operacionales.

Luego de realizar el diagrama de decisiones se concluye que para los cuatro tornos en estudio las fallas afectan notablemente las operaciones debido a sus altos porcentajes en cada sistema, lo que nos trae como consecuencia baja calidad del proceso, paradas constantes en la producción y poca confiabilidad en los equipos.

A continuación desde la tabla 4.51 hasta 4.54 muestra las tareas de mantenimiento a realizar para cada sistema de los tornos en estudio.

Tabla 4.51. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno CNC Emco220

| EQUIPO: TORNO EMCO 220 | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | |
| Sistema | Tarea a Condición | Tarea de Sustitución Cíclica | Tarea de Reacondicionamiento Cíclico |
| Soporte y posicionamiento | 2 | 2 | 0 |
| Sub-total: | 2 | 2 | 0 |
| % | 50 | 50 | 0 |
| SISTEMA: NEUMÁTICO | | | |
| Neumático | 1 | 2 | 2 |
| Sub-total | 1 | 2 | 2 |
| % | 20 | 40 | 40 |
| SISTEMA: LUBRICACIÓN | | | |
| Lubricación | 3 | 1 | 2 |
| Sub-total | 3 | 1 | 2 |
| % | 50 | 17 | 33 |
| SISTEMA: REFRIGERACIÓN | | | |
| Refrigeración | 2 | 1 | 2 |
| Sub-total | 2 | 1 | 2 |
| % | 40 | 20 | 40 |
| SISTEMA: SEGURIDAD | | | |
| Seguridad | 4 | 1 | 3 |
| Sub-total | 4 | 1 | 3 |
| % | 50 | 12 | 38 |
| SISTEMA: CONTROL | | | |
| Control | 2 | 0 | 1 |
| Sub-total | 2 | 0 | 1 |
| % | 67 | 0 | 33 |
| SISTEMA: ELÉCTRICO | | | |
| Eléctrico | 4 | 0 | 0 |
| Sub-total | 4 | 0 | 0 |
| % | 100 | 0 | 0 |
| TOTAL | 18 | 7 | 10 |
| % | 51 | 20 | 29 |

Fuente: El autor (2017)

Se observa la distribución porcentual de las actividades de mantenimiento preventivo para cada sistema del torno emco220, donde el (51%) representa las tareas a condición que consiste en inspeccionar los componentes que están fallando de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos, el (20%) de las tareas a realizar son de sustitución cíclica que consiste en reemplazar el elemento. Con el (29%) las tareas de reacondicionamiento cíclico que consiste en frecuencias establecidas.

Tabla 4.52. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno CNC LEALD TCN 10S

| EQUIPO: TORNO LEALD TCN 10S | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | |
| Sistema | Tarea a Condición | Tarea de Sustitución Cíclica | Tarea de Reacondicionamiento Cíclico |
| Soporte y posicionamiento | 7 | 2 | 1 |
| Sub- total: | 7 | 2 | 1 |
| % | 70% | 20% | 10% |
| SISTEMA: CONTROL | | | |
| Control | 2 | 0 | 1 |
| Sub-total | 2 | 0 | 1 |
| % | 67 | 0 | 33 |
| TOTAL | 9 | 2 | 2 |
| % | 70% | 15% | 15% |

Fuente: El autor (2017)

Se observa la distribución porcentual de las actividades de mantenimiento preventivo para cada sistema del torno leald tcn 10S, donde el (70%) representa las tareas a condición que consiste en inspeccionar los componentes que están fallando de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos, el (15%) de las tareas a realizar son de sustitución cíclica que consiste en reemplazar el elemento. Con el (15%) las tareas de reacondicionamiento cíclico que consiste en tareas con frecuencias establecidas.

Tabla 4.53. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno convencional Kingston HJ 1700

| EQUIPO: TORNO KINGSTON HJ 1700 | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | |
| Sistema | Tarea a Condición | Tarea de Sustitución Cíclica | Tarea de Reacondicionamiento Cíclico |
| Soporte y posicionamiento | 0 | 0 | 1 |
| Sub-total: | 0 | 0 | 1 |
| % | | | 100% |
| SISTEMA: NEUMÁTICO | | | |
| Neumático | 1 | 0 | 2 |
| Sub-total | 1 | 0 | 2 |
| % | 33% | | 67% |
| SISTEMA: SEGURIDAD | | | |
| Seguridad | 4 | 0 | 2 |
| Sub-total | 4 | 0 | 2 |
| % | 67% | | 33% |
| TOTAL | 5 | | 5 |
| % | 50% | | 50% |

Fuente: El autor (2017)

Se observa la distribución porcentual de las actividades de mantenimiento preventivo para cada sistema del torno Kingston HJ 1700, donde el (50%) representa las tareas a condición que consiste en inspeccionar los componentes que están fallando de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos, y el otro (50%) las tareas de reacondicionamiento cíclico que consiste en realizar tareas con frecuencias establecidas.

Tabla 4.54. Tareas de Mantenimiento a realizar para el torno convencional Goodway GW 1640

| EQUIPO: TORNO GOODWAY GW 1640 | | | |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---|
| SISTEMA: SOPORTE Y POSICIONAMIENTO | | | |
| Sistema | Tarea a Condición | Tarea de Sustitución Cíclica | Tarea de Reacondicionamiento Cíclico |
| Soporte y posicionamiento | 1 | 2 | 3 |
| Sub- total: | 1 | 2 | 3 |
| % | 17% | 33% | 50% |
| SISTEMA: LUBRICACIÓN | | | |
| Lubricación | 3 | 1 | 2 |
| Sub-total | 3 | 1 | 2 |
| % | 50 | 17 | 33 |
| SISTEMA: REFRIGERACIÓN | | | |
| Refrigeración | 2 | 1 | 2 |
| Sub-total | 2 | 1 | 2 |
| % | 40 | 20 | 40 |
| TOTAL | 6 | 4 | 7 |
| % | 35% | 24% | 41% |

Fuente: El autor (2017)

Se observa la distribución porcentual de las actividades de mantenimiento preventivo para cada sistema del torno Goodway GW 1640, donde el (35%) representa las tareas a condición que consiste en inspeccionar los componentes que están fallando de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos, el (41%) las tareas de reacondicionamiento cíclico que consiste en realizar tareas con frecuencias establecidas. Y el (24%) para las tareas de sustitución cíclica.

Se determinó que el torno control numérico Emco220 es el más afectado y que necesita de las tareas de mantenimiento en todos sus sistemas, a diferencia de los otros tres tornos que solo se ven afectado en tres (3) de sus sistemas. La tarea más aplicada a los tornos en estudios son las predictivas basadas en condición con un

(51%), 32% son del tipo preventivas de reacondicionamiento cíclicas Detectivas, y el 17% restante son predictivas sustitución basado en tiempo y correctivas.

4.5 Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el óptimo funcionamiento de los tornos

Luego de haber finalizado los estudios de los parámetros básicos para los análisis de fallas relacionados con el mantenimiento, un plan de mantenimiento preventivo para los tornos en estudio, en el cual se especifican las frecuencias, y los componentes que se deben inspeccionar o realizarle su adecuado mantenimiento. Se elaboró un formato de estructura sencilla. En el plan se contempla la actividad de mantenimiento a ejecutar, la frecuencia con que se debe realizar la actividad, ver tabla 4.55. Además, se presenta una hoja de registro de mantenimiento, se diseñó con la finalidad de llevar a cabo las actividades de mantenimiento, ver tablas 4.56 y 4.57 dicho formato deberá ser llenado por el equipo natural de trabajo o responsable de ejecutar las actividades de mantenimiento propuestas, de igual forma se elaboró un formato para el historial de fallas de los tornos, ya que la empresa OPTIDRILL, S. A., aunque cuenta con reportes de fallas, no posee un historial donde se lleve un registro para todas ellas, ver tabla 4.58.

Tabla 4.55. Plan de Mantenimiento propuesto para el torno EMCO 220

| OPTIDRILL, S.A | | | | | |
|------------------------------|---|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| PLAN DE MANTENIMIENTO | | | | | |
| Elaborado por: ENT | | Revisado por: ENT | | Aprobado por: Mantenedor | |
| | | Equipo: TORNO EMCO220 | | Área: Servicios | |
| Nº de Actividad: | | | | | Hoja: |
| Nº | Descripción de la actividad | Frecuencia | Personal Requerido | Recursos | Horas Hombre (HH) |
| 1 | Ajustar la torreta | Trimestral | Mecánico | Llave ajustable | 15 min. |
| 2 | Chequear la manguera de aire, que no tenga fuga | Trimestral | Instrumentista | No aplica | 5 min |
| 3 | Verificar mangueras de lubricación que no haya obstrucción | Trimestral | Mecánico | N/A | 5 min |
| 4 | Revisar mangueras de refrigeración que no estén dobladas | Trimestral | Mecánico | N/A | 5 min |
| 5 | Revisar sensor apertura de puerta que este bien posicionado | Trimestral | Instrumentista | N/A | 10 min |
| 6 | revisar el sensor fin de carrera que este encendido | Trimestral | Instrumentista | N/A | 10 min |
| 7 | Reemplazo mangueras hidráulicas (lubricación) | Semestral | Mecánico | Punta de manguera | 15 min |
| 8 | Cambiar mangueras de refrigeración | Semestral | Mecánico | Punta de manguera | 15 min |
| 9 | Rediseñar la condición de la puerta | Semestral | Electromecánico | N/A | 15 min |
| 10 | Reemplazo de motor | Anual | Electromecánico | Herramientas | 30 min |
| 11 | Reemplazo de bobina | Anual | Instrumentista | Herramientas elect | 30 min. |

Fuente: El autor (2017)

Continuación Tabla 4.55. Plan de Mantenimiento propuesto para el torno EMCO 220

| OPTIDRILL, S.A | | | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| PLAN DE MANTENIMIENTO | | | | | |
| Elaborado por: ENT | | Revisado por: ENT | | Aprobado por: Mantenedor | |
| | | Equipo: TORNO EMCO220 | | Área: Servicios | |
| Nº de Actividad: | | | | | Hoja: |
| Nº | Descripción de la actividad | Frecuencia | Personal Requerido | Recursos | Horas Hombre (HH) |
| 12 | cambiar el acrílico de seguridad | Anual | Instrumentista | Juego de llaves | 1 hora |
| 13 | Reposicionar montaje de chasis | Por servicio | Mecánico | Martillos Mandarrias | 1 hora |
| 14 | Cambio, alineación o reposicionamiento de guías lineales | Por servicio | Mecánico | N/A | 1 hora |
| 15 | Verificar manómetro que tenga presión de 300 psi | Por servicio | Instrumentista | Equipo verificador de presión | 10 min |
| 16 | reemplazo de filtro | Por servicio | Instrumentista | N/A | 30 min |
| 17 | reparar contenedor | Por servicio | Instrumentista | N/A | 30 min |
| 18 | Limpiar filtro de aceite. | Por servicio | Electromecánico | Cepillos de limpieza | 20 min |
| 19 | Reparar contenedor. | Por servicio | Mecánico | N/A | 30 min |

Fuente: El autor (2017)

Continuación Tabla 4.55. Plan de Mantenimiento propuesto para el torno EMCO 220

| OPTIDRILL, S.A | | | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| PLAN DE MANTENIMIENTO | | | | | |
| Elaborado por: ENT | | Revisado por: ENT | | Aprobado por: Mantenedor | |
| | | Equipo: TORNO EMCO220 | | Área: Servicios | |
| N° de Actividad: | | | | | Hoja: |
| N° | Descripción de la actividad | Frecuencia | Personal Requerido | Recursos | Horas Hombre (HH) |
| 20 | Reemplazo de la malla que impide el paso de la viruta. | Por servicio | Mecánico | N/A | 30 min |
| 21 | Cambiar sensor de apertura de puerta. | Por servicio | Mecánico | N/A | 1 hora |
| 22 | verificar el montaje del sensor de apertura de puerta | Por servicio | Mecánico | N/A | 10 min |
| 23 | Cambiar sensor de apertura de puerta. | Por servicio | Mecánico | N/A | 30 min |
| 24 | verificar el montaje del sensor de fin de carrera | Por servicio | Mecánico | N/A | 20 min |
| 25 | Rediseñar el sistema de ventilación del gabinete. | Por servicio | Mecánico | N/A | 1 hora |
| 26 | Revisar el voltaje que llega de la fuente (que no esté con sobrevoltaje) | Por servicio | Mecánico | N/A | 10 min |
| 27 | Revisión minuciosa de programación. | Por servicio | Mecánico | N/A | 10 min |

Fuente: El autor (2017)

Continuación Tabla 4.55. Plan de Mantenimiento propuesto para el torno EMCO 220

| OPTIDRILL, S.A | | | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| PLAN DE MANTENIMIENTO | | | | | |
| Elaborado por: ENT | | Revisado por: ENT | | Aprobado por: Mantenedor | |
| | | Equipo: TORNO EMCO220 | | Área: Servicios | |
| Nº de Actividad: | | | | | Hoja: |
| Nº | Descripción de la actividad | Frecuencia | Personal Requerido | Recursos | Horas Hombre (HH) |
| 28 | cambio de bobina de contactor | Por servicio | Electromecánico | N/A | 30 min |
| 29 | Cambio de contactor completo. | Por servicio | Electromecánico | N/A | 1 hora |
| 30 | Cambio de fusible, ajustar conexión de cableado. | Por servicio | Electromecánico | N/A | 1 hora |
| 31 | Revisar la conexión a tierra de la instalación. | Por servicio | Electromecánico | N/A | 10 min |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.56. Registro de Mantenimiento de los tornos

|  | | Registro de Mantenimiento | | |
|---|--|---|----------------|----------------------|
| Fecha: | | Código: | Serial: | Modelo: |
| Horas de Uso de Equipo: | | Encargado de las actividades de mantenimiento: | | |
| Por Servicio: | | | | |
| Soporte y Posicionamiento | | | | |
| Estructura/chasis | | Si | No | Observaciones |
| Guías lineales | | | | |
| Neumático | | Si | No | Observaciones |
| Manómetro | | | | |
| Unidad de mantenimiento | | | | |
| Lubricación | | Si | No | Observaciones |
| Recipiente de fluido hidráulico | | | | |
| Bomba | | | | |
| Refrigeración | | Si | No | Observaciones |
| Recipiente de fluido refrigerante | | | | |
| Bomba | | | | |
| Seguridad | | Si | No | Observaciones |
| Sensor apertura de puerta | | | | |
| Sensor fin de carrera | | | | |
| Control | | Si | No | Observaciones |
| Driver | | | | |
| Tarjeta interfaz GREX-DRIVERS | | | | |
| Tarjeta de control GREX-100 | | | | |
| Eléctrico | | Si | No | Observaciones |
| Contactador | | | | |
| Fusible | | | | |
| Conector principal | | | | |

Fuente: El autor (2017)

Tabla 4.57. Registro de Mantenimiento de los Tornos

|  | | Registro de Mantenimiento | | | |
|---|--|---|----------------|----------------|----------------------|
| Fecha: | | Código: | Serial: | Modelo: | |
| Horas de Uso de Equipo: | | Encargado de las actividades de mantenimiento: | | | |
| Trimestral: | | | | | |
| Neumático | | | Si | No | Observaciones |
| Mangueras | | | | | |
| Semestral: | | | | | |
| Lubricación | | | Si | No | Observaciones |
| Mangueras | | | | | |
| Refrigeración | | | Si | No | Observaciones |
| Mangueras | | | | | |
| Seguridad | | | Si | No | Observaciones |
| Puerta | | | | | |
| Anual | | | | | |
| Soporte y Posicionamiento | | | Si | No | Observaciones |
| Motores y servomotores | | | | | |
| Neumático | | | Si | No | Observaciones |
| Electroválvulas | | | | | |
| Seguridad | | | Si | No | Observaciones |
| Acrílico de seguridad | | | | | |

Fuente: El autor (2017)

4.5.1 Resultados finales de las actividades de mantenimiento para los tornos de la empresa Optidrill, S.A

Una vez organizada la información en el plan de mantenimiento preventivo, se deriva un procedimiento contable, que presenta los resultados que arrojó dicho plan. La tabla 4.58 presenta el número de actividades de mantenimiento a realizar de los sistemas de los tornos de control numérico como lo son: soporte y posicionamiento, neumático, lubricación, refrigeración, seguridad, control y eléctrico.

Tabla 4.58. Actividades a Realizar por Sistema para los tornos CNC

| TORNOS CNC | |
|---------------------------|---|
| SISTEMA | CANTIDAD DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO |
| Soporte y posicionamiento | 3 |
| Neumático | 4 |
| Lubricación | 3 |
| Refrigeración | 3 |
| Seguridad | 4 |
| Control | 3 |
| Eléctrico | 3 |
| Total | 23 |

Fuente: El autor (2017)

La siguiente figura 4.30, presenta la distribución porcentual de los resultados de las actividades de mantenimiento.

Distribución porcentual de los resultados de las actividades de mantenimiento

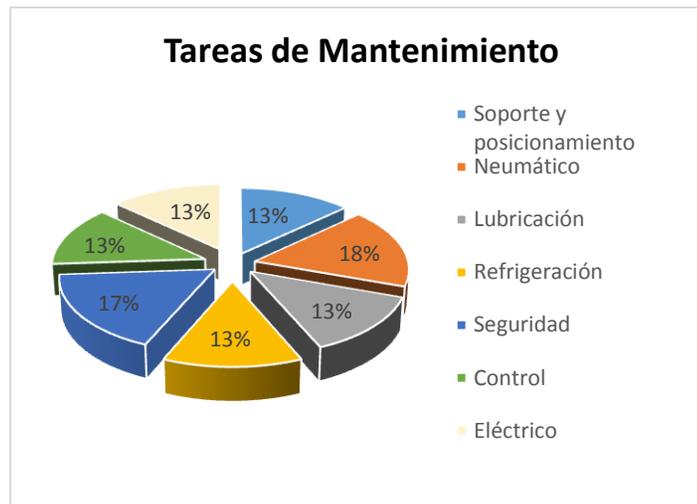


Figura 4.30. Distribución Porcentual de los Resultados de las Actividades de Mantenimiento
Fuente: El autor (2017)

Como se observan los resultados en la figura 4.30 las tareas de mantenimiento a realizar para el sistema de soporte y posicionamiento representan un (13%) neumático (18%) lubricación (13%), refrigeración (13%), seguridad (17%), control (13%) y eléctrico (13%). Con esto concluimos que los tornos no tienen un sistema definido con más fallas ya que cada sistema tiene un porcentaje muy parecido de tareas de mantenimiento a realizar. Esto indica que las operaciones han fallado en todos los sistemas del torno.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En relación al objetivo de la descripción de los cuatro (04) tornos utilizados en las áreas de servicios de la empresa Optidrill S. A., resulta relevante en función de adquisición de nociones sobre el objeto en estudio, por lo que cabe recalcar que estos conocimientos son trascendentales para esta investigación, con el propósito de poderlos implantar en la realización del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de las máquinas existentes en la empresa. Para ello se levantó el contexto operacional actual de los Tornos de la empresa, donde se identificó que algunos de sus tornos están operando por debajo de su capacidad de diseño.

La norma ISO 14224, permitió jerarquizar los equipos de acuerdo y estuvo orientada al registro de fallas, permitiendo definir los límites y jerarquía de los tornos, como también la calificación de la jerarquía de las Fallas. Parte desde el Modode Falla, (perdida de la función) hasta el detalle de la Causa de Falla y el componente (ítem mantenible para la norma), que provoca el evento. La taxonomía de los tornos CNC (02) se clasificó en siete 07 sistemas y veintinueve (29) ítem mantenibles por cada torno (un total de 07 sub-sistemas), y para los tornos convencionales (02) se clasifíco en 05 sistemas y veintitrés (23) ítem mantenibles.

Por otra parte, en el análisis de los modos y efectos de fallas, se presentan las funciones, fallas funcionales, causas, modos, efectos y consecuencia de las mismas. De las máquinas herramientas, equipos de manejo y equipos auxiliares en estudio, permitiendo detectar e identificar las fallas que afectan e inciden en la producción, seguridad y ambiente.

En el análisis estadístico resulta de fácil observación distinguir que las fallas mecánicas presentan de forma significativa un gran impacto, debido a que se presentan de forma más recurrente sobre los equipos en estudio de la empresa Optidrill, S. A., debido a la antigüedad de los mismos y el desgaste que poseen los elementos mecánicos por consecuencia del uso frecuente que tienen en la producción y por no contar con un mantenimiento centrado en la confiabilidad, considerando de igual manera la mantenibilidad y disponibilidad, en lo que se puede constatar que en términos generales que estos equipos tienen un porcentaje considerable de disponibilidad, gracias a que el personal de mantenimiento buscan dar solución a las fallas al momento de presentarse.

Se determinó que para los tornos Convencionales se observaron 14 funciones, que condujeron a 14 fallas y 27 modos de fallas, mientras que para los Tornos CNC se presentaron 28 funciones, que representaron 30 fallas funcionales y 48 modos de fallas

Según resultados del ALD aplicado para los tornos CNC en lo que respecta a fallas evidentes y no evidentes se observó que el 77% de las fallas eran evidentes, mientras el 23% restante fueron no evidentes, el ALD mostro 34% de fallas que afectan la seguridad, 4% al ambiente y un 62 % son fallas operacionales. Y para los tornos convencionales las fallas evidentes arrojaron un 85% en contraposición de las no evidentes con un 15%, el 85% de las fallas encontradas traen operacionales, un 34% a la seguridad y un 3% al ambiente.

Por medio del plan de mantenimiento, son considerados los aspectos básicos estudiados en relación de las necesidades y la problemática presentada en la empresa, se estableció una serie de estrategias importantes para la preservación y garantizar el funcionamiento de estos activos físicos, donde se establecieron niveles en relación de la frecuencia de ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo,

herramientas, equipos, materiales, repuestos y responsables, que permiten optimizar el control de las acciones de mantenimiento de los tornos utilizados en los procesos productivos de la empresa Optidrill, S. A.

Para los Tornos CNC, el 56% de las tareas de Mantenimiento establecidas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) son Predictivas Basadas en Condición, 25% son del tipo Preventivas de reacondicionamiento Cíclicas Detectives, y el 19% restante son Predictivas Sustitución Basado en Tiempo y Correctivas. Mientras que para los Tornos Convencionales, el 47% de las tareas de Mantenimiento establecidas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) son de reacondicionamiento, 39 % son Predictivas Basadas en Condición., y el 14% restante son Predictivas Sustitución Cíclicas.

5.2 Recomendaciones

Realizar estudios de las distintas características y funcionamiento de las máquinas herramientas, equipo de manejo y equipos auxiliares con el propósito de profundizar el conocimiento de las futuras investigaciones en relación con la prevención de eventos inesperados que provoque la parada de las máquinas y equipos y las consecuencias que estas pueden ocasionar para la empresa. También, a cada nueva máquina o equipo para conocer su correcto funcionamiento.

Es necesario aplicar la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, es decir, preventivo con el propósito de preservar estos activos físicos de la empresa, a pesar de que en el análisis de confiabilidad se encuentran relativamente en una etapa de operación normal, es necesario conocer con frecuencia se presenten fallas mecánicas como ocurre actualmente en un torno, por lo que es necesario que se ejecute este tipo de mantenimiento.

Formalizar, desarrollar y mantener actualizado el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad con las estrategias allí expuestas con la finalidad de alcanzar un mejor funcionamiento de las máquinas y equipos de la empresa, por lo que es necesario realizar seguimiento de que se está cumpliendo con lo establecido en el plan propuesto relacionado con las actividades de mantenimiento.

Para las futuras investigaciones, realizar estimación de los costos de las labores de mantenimiento de las máquinas y equipos críticos pertenecientes en la empresa, manteniéndolos actualizados para poder tener una aproximación real de los costos de estas actividades.

Elaborar un sistema de inventarios de los repuestos necesarios para solventar las fallas que pueda presentar en cada turno.

Realizar indicadores de gestión que permitan medir la efectividad del plan de mantenimiento preventivo en cada turno.

Contratar un personal calificado para el área de planificación y ponga en marcha el siguiente formato de programación de mantenimiento propuesto. (Ver figura 5.1)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología científica. Quinta edición. Caracas: Editorial Episteme.

Barrios J. (2013). “Evaluación de las fallas del sistema de suabo perteneciente a la empresa ingeniería y servicios técnicos Newsca, S.A”.Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.Extensión Centro-Sur: Anaco, trabajo de grado realizado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial.

De La Torre, E. y Navarro, R. (2003) “Metodología de la Investigación Bibliográfica Archivista y Documental”. Editorial Mc.Graw – Hill, México.

Duffuaa, S.; Dixon,J. y Raouf, A. (2008). “Sistemas de mantenimiento. Planificación y Control”. (1era. Ed.). México, México: Editorial Limusa Wiley S.A.

Hurtado, J. (2000) "Metodología de la Investigación Holística", Fundacite, Anzoátegui - Sypal. Caracas.

Hurtado de Barrera, Jacqueline, (2008) “El Proyecto de Investigación. Metodología de la Investigación Holística” Sypal- Quiron ediciones, 5ta edición ampliada. Caracas, Venezuela / 183p

Lesko, J. (2010). “Diseño Industrial, Guía de Materiales y Procesos de Manufactura”. México, México: Editorial Limusa Wiley S.A.

Marín O. (2014). “Diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología MCC para el sistema de tornos paralelos de la empresa Servicios en Herramienta y Suplidora, C.A. (S.H.S, C.A), Anaco, Estado Anzoátegui” Trabajo de grado no publicado y presentado ante la Universidad de Oriente, Extensión Región Centro Sur, para optar al título de Ingeniero Industrial.

Norma Covenin 2500-93, Manual Para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria. Editorial Fondonorma. Caracas Venezuela.

Normas ISO 14224 Industria de Petróleo y Gas – Recolección e Intercambio de Datos de Confiabilidad y Mantenimiento de Equipos

Normas Venezolanas COVENIN 3049-93. “Mantenimiento. Definiciones” Editorial Fondonorma. Caracas Venezuela.

Normas SAE JA-1011. “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”

Espinoza, H., Aguirre, M., Larez, M., Valmor, J. (2003) “Pasos para aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad”. Universidad de Oriente, Barcelona Venezuela.

Pérez., E. (2010) “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para una paletizadora de sacos de cemento. Caso: Paletizadora # 3 de la Planta Pertigalete”.Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, trabajo de grado realizado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial.

Puccia., J. (2014). “Propuesta de un Plan de Mantenimiento bajo la filosofía Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para los equipos dinámicos del Sistema de

Circulación de Fluidos de Perforación del Taladro Gw-63, de la Empresa BohaiDrillingService Venezuela S.A”. Trabajo de grado no publicado y presentado ante la Universidad de Oriente, Extensión Región Centro Sur, para optar al título de Ingeniero Industrial.

Sarti, C (2017) “Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Basado En La Metodología Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (Mcc) A Las Llaves Hidráulicas De La Empresa Representaciones Vale, C.A., Anaco,Edo Anzoátegui” Trabajo de grado no publicado y presentado ante la Universidad de Oriente, Extensión Región Centro Sur, para optar al título de Ingeniero Industrial.

TROFFE, Mario. Análisis ISO 14224/OREDA Relación con RCM-FMEA

Varios autores (1984). Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Tomo 13. Salvat Editores S.A

ANEXOS

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

| | |
|------------------|--|
| TÍTULO | DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, BASADO EN LA FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS TORNOS DE LA EMPRESA OPTIDRILL, S.A. BASE ANACO, EDO ANZOÁTEGUI |
| SUBTÍTULO | |

AUTOR (ES):

| APELLIDOS Y NOMBRES | CÓDIGO CVLAC / E MAIL |
|----------------------------|--|
| Ramírez S., Edgar A. | CVLAC: 21.040.692 E MAIL: edgar@gmail.com |
| | CVLAC: E MAIL: |
| | CVLAC: E MAIL: |
| | CVLAC: E MAIL: |

PALABRAS O FRASES CLAVES

Metodología MCC, AMEF, ALD y Planes de Mantenimiento.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

| ÁREA | SUBÁREA |
|---------------------------------|-----------------------|
| Ingeniería y Ciencias Aplicadas | Ingeniería Industrial |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

RESUMEN (ABSTRACT):

En el siguiente trabajo elaborado bajo un tipo de investigación descriptiva y diseño de campo, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo, basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad para los tornos de la empresa Optidrill, S.A., con fines de mejorar la confiabilidad de los mismos, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los tornos. En vista de no contar con historiales de mantenimiento, fue conveniente utilizar la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual de los tornos, se determinó el contexto operacional de los mismos y se aplicó un Análisis de Modos y Efecto de Falla donde se evaluaron los componentes principales que conforman a los tornos arrojando como resultados 75 modos de fallas inaceptables, lo cual permitió al ENT establecer tareas de mantenimiento y diseñar los planes de mantenimiento que deberían aplicarse al sistema de tornos. El autor recomienda la implementación del plan de mantenimiento propuesto en esta investigación.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO**CONTRIBUIDORES:**

| APELLIDOS Y NOMBRES | ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| MSc. Bousquet, Juan | ROL | CA | AS X | TU | JU |
| | CVLAC: | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| Ing. Sebastiani, Oswaldo | ROL | CA | AS | TU X | JU |
| | CVLAC: | . | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| Ing. Brizuela, Giovanni | ROL | CA | AS | TU | JU X |
| | CVLAC: | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| MSc. Medina, Mercedes | ROL | CA | AS | TU | JU X |
| | CVLAC: | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

| | | |
|-------------|------------|------------|
| 2018 | 01 | 24 |
| AÑO | MES | DÍA |

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

| NOMBRE DE ARCHIVO | TIPO MIME |
|---|--------------------|
| TESIS. DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, BASADO EN LA FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS TORNOS DE LA EMPRESA OPTIDRILL, S.A. BASE ANACO, EDO ANZOÁTEGUI.docx | Application/msword |
| | |
| | |

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE:

ESPACIAL: Dpto. MAntenimiento / Optidrill, S.A. (Anaco) (OPCIONAL)

TEMPORAL: Seis meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Industrial

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Extensión Región Centro Sur –Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

| | |
|------------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD DE ORIENTE | |
| SISTEMA DE BIBLIOTECA | |
| RECIBIDO POR | <i>Ragley</i> |
| FECHA | 5/8/09 |
| HORA | 5:30 |

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cunejo
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

