

MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TOP DRIVE TESCO HMIS 250
BASADO EN PROCESO DE RCM

HENRY ALEXANDER ARIAS RUIZ
ADRIÁN JOSETH VEGA CASTRO

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

2017

MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TOP DRIVE TESCO HMIS 250
BASADO EN PROCESO DE RCM

HENRY ALEXANDER ARIAS RUIZ
ADRIÁN JOSETH VEGA CASTRO

Monografía de Especialización para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director
DANIEL ORTÍZ PLATA
MSc. Ingeniero Mecánico

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

2017

DEDICATORIA

*A Dios todo poderoso
A mis padres Henry y Luz Marina
A mi hermana Carolina
A mi hermano Christian(Q.E.P.D.)
A mis nonos Roque y Ninfa
A todas mis tías.*

Alexander

*A Dios todo poderoso
A mis padres Jorge Luis y Marlis Estela
A mis hermanos Jorge, Ricardo y Cristian
A mi novia Ana Rita Cabarcas Sierra*

Adrián

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Daniel Ortiz, Director del proyecto por su asesoría y acompañamiento en todas las etapas del proyecto, las cuales fueron de gran importancia para la consolidación de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, al cuerpo docente y compañeros de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, quienes contribuyeron a la formación y aprendizaje a través de su conocimiento y experiencia.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	20
2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	23
2.1 MARCO TEÓRICO	23
2.1.1 Objetivos Del Mantenimiento	25
2.1.2 Tipos De Mantenimiento	26
2.1.2.1 Mantenimiento Preventivo.....	26
2.1.2.2 Mantenimiento Predictivo.....	27
2.1.2.3 Mantenimiento Correctivo	28
2.1.3 Confiabilidad	28
2.1.3.1 Análisis De La Confiabilidad	28
2.1.4 Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad.....	29
2.1.4.1 Objetivo Del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)	30
2.1.4.2 Ventajas Del RCM.	31
2.1.4.3 Instauración De Un Plan de Mantenimiento RCM.....	31

2.1.4.4 Las 7 preguntas básicas del proceso RCM.....	32
2.2 MARCO CONCEPTUAL	32
2.2.1 Conceptos Del RCM	32
2.2.2 Contexto Operacional.	33
2.2.3 Funciones	33
2.2.4 Fallas Funcionales	34
2.2.5 Modos De Falla.....	34
2.2.6 Efectos De Falla.....	35
2.2.7 Categoría De Consecuencias	35
2.2.8 Diferencia Entre Efectos Y Consecuencias De Falla	36
2.2.9 Diferencia Entre Falla Funcional Y Modos De Falla.....	36
2.2.10 Fallas Ocultas	36
2.3 MARCO LEGAL	38
3. METODOLOGÍA	39
3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	40
3.2 DEFINICIÓN DE LAS FRONTERAS DEL SISTEMA.....	40
3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DEL DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL	41
3.4 DEFINICIÓN DE FUNCIONES DEL SISTEMA Y FALLAS FUNCIONALES....	41
3.5 DEFINICIÓN DE MODOS DE FALLA Y ANÁLISIS DE EFECTO	42
3.5.1 Matriz De Fallas Funcionales Del Equipo	42
3.5.2 FMEA (Análisis De Efectos Y Modos De Falla.)	42
3.6 ANÁLISIS DE ÁRBOL LÓGICO O DIAGRAMA DE DECISIÓN.....	43
3.7 SELECCIÓN DE TAREAS	43

4. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	45
4.1 TAXONOMÍA	45
4.2 DEFINICIÓN DE FUNCIONES	54
4.2.1 Elementos De Estudio, Características Técnicas, Condiciones Operacionales Y Ambientales Del Elemento	54
4.2.2 Elementos De Estudio, Fronteras, Interfaces y Funciones	59
4.3 DESARROLLO DEL PROCESO RCM	64
4.3.1 Función, Falla Funcional, Modo y Efectos de Fallas.....	64
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	82
5.1 MATRIZ DE RIESGOS	82
5.2 TIPIFICACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO	83
5.3 MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO BASADO EN PROCESO RCM.....	85
6. CONCLUSIONES	98
7. RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Flujograma de la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).....	39
Figura 2. Árbol de toma de decisión (SAE J1012).	44
Figura 3. Descripción jerárquica del equipo.....	46
Figura 4. Diagrama jerárquico.....	47
Figura 5. Top Drive TESCO HMIS 250.	48
Figura 6. Elementos de estudio Top Drive.	49
Figura 7. HPU - Unidad hidráulica de poder.	50
Figura 8. Elementos de estudio HPU - I.....	51
Figura 9. Elementos de estudio HPU - II.....	53
Figura 10. Matrix de riesgos de la empresa Xplore Energy.	82

LISTA DE GRÁFICAS

	pág
Gráfica 1. Clasificación de tipos de decisión según análisis RCM.....	84
Gráfica 2. Tendencias de mantenimiento según tipos de decisión con base en análisis RCM.....	84

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Guía de componentes del subsistema Top Drive.	50
Tabla 2. Guía de componentes del subsistema HPU - I.	52
Tabla 3. Guía de componentes del subsistema HPU - II.	54
Tabla 4. Definición de funciones, Top Drive - Sección I.	54
Tabla 5. Definición de funciones, HPU – Sección I.	57
Tabla 6. . Definición de funciones, Top Drive – Sección II.	59
Tabla 7. Definición de funciones, HPU – Sección II.	61
Tabla 8. Hoja RCM - Sección I.	64
Tabla 9. Tipos de decisiones de tareas según análisis RCM.	83
Tabla 10. Clasificación de tipos de decisión según análisis RCM.	83
Tabla 11. Ajuste de tipo de decisiones para las tareas de mantenimiento.	85
Tabla 12. Tareas de mantenimiento cada doce horas de operación.	86
Tabla 13. . Tareas de mantenimiento cada 150 horas de operación.	87
Tabla 14. Tareas de mantenimiento cada 250 horas de operación.	92
Tabla 15. Tareas de mantenimiento cada 500 horas de operación.	93
Tabla 16. Tareas de mantenimiento cada 1000 horas de operación.	94
Tabla 17. Tareas de mantenimiento cada 2000 horas de operación.	95
Tabla 18. Tareas de mantenimiento cada 300 horas de operación.	95
Tabla 19. Tareas de mantenimiento por cada operación.	96

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Documentación referente al desarrollo y planteamiento de los diferentes formatos del presente trabajo.	102

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TOP DRIVE TESCO HMIS 250 BASADO EN PROCESO DE RCM.¹

AUTOR: HENRY ALEXANDER ARIAS RUIZ Y ADRIÁN JOSETH VEGA CASTRO².

PALABRAS CLAVES: PLAN DE MANTENIMIENTO, RCM, TOP DRIVE, HPU.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

La presente monografía propone un modelo de plan mantenimiento basado en el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM, para un Top Drive marca TESCO, referencia HMIS 250, el cual hace parte de los equipos de levante de las plataformas de perforación en tierra (land rigs) de la empresa Xplore Energy. Dicho equipo presenta baja disponibilidad, confiabilidad y altos costos para la empresa dado que su mantenimiento es netamente correctivo.

En el plan propuesto se seleccionan los componentes de estudios del equipo de manera jerárquica, se definen las funciones principales y secundarias de cada uno de estos, se describen las condiciones operacionales, ambientales, características técnicas y fronteras, así mismo, se definen las fallas funcionales y los modos de falla, se realiza un análisis de riesgo y criticidad para cada falla, luego utilizando la técnica del diagrama de decisiones de RCM se plantean las tareas y/o actividades mínimas de mantenimiento que se requieren para garantizar que el equipo cumpla con su función de manera confiable.

Una vez definidas las actividades de mantenimiento se realiza un análisis de fallas funcionales y se seleccionan las fallas potenciales del equipo para intervenir de manera prioritaria en estas debido a la criticidad e impacto operacional del equipo.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Daniel Ortíz Plata, MSc. Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE PLAN TEMPLATE FOR TOP DRIVE TESCO HMIS 250 BASED RCM PROCESS.³

AUTHOR: HENRY ALEXANDER ARIAS RUIZ and ADRIÁN JOSETH VEGA CASTRO⁴.

KEYWORDS: MAINTENANCE PLAN, RCM, TOP DRIVE, AND HPU.

DESCRIPTION OR CONTENTS:

This monograph proposes a maintenance plan template based on the Reliability Centred Maintenance (RCM) process for a Top Drive brand TESCO, reference HMIS 250, which is part of the lifting equipment of the ground drilling rigs (Land rigs) from Xplore Energy. This equipment presents low availability, reliability and high costs for the company since its maintenance is clearly corrective.

In the proposed plan the components of studies of the equipment are selected in a hierarchical way, the main and secondary functions of each one of them are defined, the operational conditions, environmental, technical characteristics and borders are described, as well as functional faults and failure modes are defined, a risk and criticality analysis is performed for each failure, then using the RCM decision diagram technique, the minimum maintenance tasks and/or activities that are required to ensure that the equipment complies with its Function reliably.

Once the maintenance activities are defined, a functional failure analysis is performed and the potential failures of the equipment are selected to intervene as a priority in these due to the criticality and operational impact of the equipment.

³ Monograph.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Daniel Ortíz Plata, MSc. Mechanical Engineering.

INTRODUCCIÓN

La industria petrolera actualmente se encuentra atravesando por un momento coyuntural lo que lleva a las empresas prestadoras de servicios de perforación a replantear la estrategia de ofrecer dicho servicio mediante la reducción de costos, con el fin mantenerlos en el mercado, es así que la empresa Xplore Energy replantea su estrategia mediante la implementación de un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM, justificado en los altos costos de mantenimiento que se tienen actualmente, iniciando de manera piloto con el equipo Top Drive Tesco HMIS 250, siendo este referencia como uno de los Top Drives más populares en la industria y que no existe referente nacional que tenga implementado un modelo de mantenimiento similar para este equipo.

Con este proyecto se busca desarrollar puntualmente el proceso de RCM al equipo, resolviendo cada una de las siete preguntas planteadas en la metodología con la finalidad de identificar las fallas potenciales del equipo para poder intervenir en ellas por medio de la asignación de tareas y recursos, de esta manera dicho plan de mantenimiento influirá significativamente para reducir los sobrecostos de mantenimiento, sin embargo, es importante resaltar que debido al tipo de operación y esquemas de mantenimientos actuales implementados por la empresa no se cuenta con registros de parámetros operacionales y de mantenimiento del equipo.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, en los Rigs (Plataformas de Perforación) que cuentan con Top Drive indistinto a su fabricante, potencia y demás especificaciones técnicas, se ve un alto impacto económico a la hora de realizar cualquier intervención o mantenimiento, teniendo en cuenta que los planes de mantenimiento que se desarrollan sobre este importante elemento de la operación suelen ser de tipo correctivo y/o preventivo, los cuales implican en muchas ocasiones altos gastos operativos.

Debido a la importancia y/o criticidad de este equipo en las operaciones de drilling, ¿Es posible definir y priorizar el tipo de tareas de mantenimiento necesarias según la función del equipo en el Sistema? Desde la perspectiva gerencial siempre se busca reducir costos y gastos asociados al mantenimiento y si esto puede ir de la mano con mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo porque no hacerlo.

Es por esto que rompiendo un poco con las metodologías y paradigmas operacionales de las compañías de servicios de perforación de Colombia, en las cuales los altos costos que estos mantenimientos correctivos y preventivos pueden generar, no se tienen en cuenta ya que en su mayoría están cubiertos en el contrato con las operadoras y su valor aunque suele tener peso en el balance gerencial se cree que es garantía de calidad.

Por los motivos anteriormente mencionados y con el actual momento que vive el mercado de los hidrocarburos a nivel mundial debido a la caída de los precios internacionales, se abre una ventana para mostrar formas en las cuales se pueden mejorar procesos en los planes de mantenimiento demostrando estadísticamente

que con metodologías como la de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) se puede llegar a un ahorro en el rubro asignado a mantenimiento entre un 5% - 15% y teniendo menor cantidad de tiempos fuera de servicio asociados con las fallas así como una excelente recopilación de experiencia para la toma de futuras decisiones.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el equipo de perforación Top Drive Tesco HMIS 250.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar la metodología RCM en el equipo de perforación Top Drive Tesco HMIS 250.
- Diagnosticar mediante una matriz de fallas funcionales las fallas potenciales del equipo.
- Determinar mediante un análisis de modos y efectos de falla las tareas de mantenimiento en el equipo.
- Identificar las actividades de mantenimiento utilizando la técnica del diagrama de decisiones de RCM.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

A lo largo de la historia de la perforación sin duda alguna el top drive es uno sino el más relevante de los equipos en las plataformas o Rigs tanto en tierra como costa afuera pues gracias a este cambio radicalmente la forma de perforar, permitiendo mayores ventajas y obteniendo mejores tiempos de operación convirtiéndose así en un equipo efectivo y de alto valor. Sin embargo al momento de incurrir en sus fallas siempre se llevó a una etapa correctiva en parte debido a que sus costos de mantenimiento no se les daban la relevancia requerida. Intentando romper el paradigma de altos sobrecostos de mantenimiento en la industria de perforación en Colombia y aprovechando el momento coyuntural de los precios del petróleo en el mercado mundial se encuentra viabilidad para tomar uno de los equipos más importantes en los Rigs como lo es el Top Drive y siendo el Tesco HMIS 250 referencia como uno de los Top Drives más populares en la industria se presenta la oportunidad de implementar un plan de mantenimiento para este.

Actualmente en las estrategias de mantenimiento con que se cuenta en la empresa Xplore Energy están el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. Dentro de estas estrategias se cuenta con diferentes pruebas de inspección, calibración, monitoreo, listas de chequeo periódicas, reparaciones, cambios y en algunos casos re manufacturas. Pero todos estos procesos no permiten obtener el mayor costo beneficio del Top Drive, elemento en el que centramos nuestra atención. Esto debido en parte a que la mayoría de procedimientos se rigen estrictamente por las indicaciones dadas por el fabricante omitiendo así la experticia adquirida por el personal “staff & roll” de mantenimiento de los Rigs como lo son los “Rig Mechanics”, “Rig Electricians”, “Motormen” y demás asociados a estas responsabilidades. Por estos motivos mencionados anteriormente y teniendo en cuenta que se pretende lograr un proceso organizado y lógico con el cual se puedan obtener resultados a corto y mediano plazo para crear un modelo de plan de mantenimiento para el Top Drive Tesco HMI 250, se decide realizar un modelo de

plan de mantenimiento basado en el proceso de RCM (Reliability Centred Maintenance) o mantenimiento centrado en confiabilidad, para este equipo.

Con este modelo de plan de mantenimiento se busca obtener un medio para documentar la base de información del plan de mantenimiento del Top Drive para futuras referencias, así como adquirir una filosofía en la cual se podrá obtener una correcta relación costo/beneficio entre las distintas tareas de rutina y la confiabilidad del mismo. Esto se verá reflejado en una reducción de costos y gastos de mantenimiento, a su vez en la mejora de la confiabilidad y disponibilidad. Por lo mencionado anteriormente se permitirá apreciar el costo y valor de la efectividad de las distintas alternativas de mantenimiento para brindar una administración efectiva de los recursos brindados, definir y priorizar las tareas de mantenimiento según la función del equipo en el sistema y poder enfocar el mantenimiento de alto impacto en la falla del equipo.

Esta filosofía (RCM) también permitirá generar un sentido de pertenencia así como el uso y estandarización de un lenguaje técnico apropiado para analizar los problemas y tomar decisiones. Como efecto dominó se propiciara el trabajo en equipo al interior del grupo de mantenimiento así como el grupo de operaciones, generando así un importante eslabón en la confiabilidad operacional. Este eslabón llamado gestión de confiabilidad y riesgo nos permitirá estar más preparados acorde con la premisa “El reto verdadero que nos espera no es la tecnología, es como usarla,” dando así el primer paso con este modelo de plan de mantenimiento para ser más dinámicos y responder con mejores resultados a las exigencias actuales y futuras del sector industrial de la perforación de hidrocarburos en el país.

Una vez desarrollado este proyecto de modelo de plan de mantenimiento, se lograrán mantener las funciones con la seguridad inherente requerida y los niveles de confiabilidad requeridos. A su vez, esto permitirá mejorar la disponibilidad donde se alcanzarán las metas de mínimo costo de ciclo de vida. Con toda esta información

el plan de mantenimiento será dinámico, esto permitirá que sea escalable sistemáticamente según se requiera.

2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

2.1 MARCO TEÓRICO

Este estudio tiene como propósito diseñar un modelo de plan de mantenimiento para el Top Drive HMIS 250 de Tesco, el cual es un componente de gran importancia en los distintos Rigs que usen este Top Drive en la industria de perforación de oil & gas. Partiendo de la idea de otorgar una herramienta administrativa, gerencial y técnica que facilite el trabajo operativo y por ende el de mantenimiento; Es por esto que esta investigación se desarrolla en el ámbito de proyecto factible, apoyado en una investigación de campo, de tipo descriptivo y cuenta con una revisión bibliográfica y documental.

Se tomó una población de estudio de cinco (5) personas; un (1) mecánico, un (1) electricista, dos (2) auxiliares de mantenimiento y un (1) jefe de mantenimiento, los cuales son responsables del funcionamiento y mantenimiento del Top Drive, la técnica que se utilizó fueron encuestas y la observación directa; como instrumentos se usaron un cuestionario y el registro de observación. El cuestionario estuvo conformado por 6 preguntas de selección múltiple de tipo dicotómicas. El mismo fue validado mediante el juicio de expertos, para su confiabilidad. Se utilizó la fórmula Kr20, donde se obtuvo un factor de 0.77 de confiabilidad; siendo aceptable.

Los datos fueron analizados a través de estadística descriptiva, esto permite corroborar que el plan de mantenimiento existente actualmente es netamente preventivo & correctivo. Partiendo de esta aseveración se evidencia que el plan de mantenimiento existente no busca preservar las funciones del equipo ni tampoco prioriza en técnicas predictivas y de condición. Por ende se determina que tampoco se busca preservar la vida útil del equipo al máximo posible.

Este proyecto busca proporcionar una herramienta para mejorar el mantenimiento de este tipo de equipos, por ende se tomaron ciertas teorías y metodologías o procesos requeridos. Así mismo se explicara de forma breve y general el concepto de Top Drive.

¿Qué Es El Top Drive?

Es una herramienta de manera general, pero siendo más precisos podemos definirlo como un motor eléctrico o hidráulico que se suspende en cualquier tipo de mástil de un equipo de perforación. Esta herramienta se encarga de hacer rotar la sarta de perforación y el trépano.

El sistema de top drive reemplaza las funciones de una mesa rotaria, permitiendo rotar la sarta de perforación desde el tope, usando una cabeza de inyección propia, en lugar de la cabeza de inyección, vástago y mesa rotaria convencionales. Además el sistema se maneja a control remoto desde la consola del perforador.

Beneficios Del Sistema Top Drive:

- Se instala fácilmente en cualquier tipo de mástil o torre de perforación, con las mínimas modificaciones y frecuentemente en un solo día.
- Sustituye a la mesa rotaria y al vástago (Kelly). El Top Drive hace rotar la sarta de perforación de manera directa.
- Mejora la seguridad en el manejo de la tubería. Todas las operaciones las realiza por control remoto desde la cabina del perforador reduciendo las labores manuales y riesgos asociados que tradicionalmente acompañan a la tarea.
- Capacidad de enroscar las conexiones dándoles un torque adecuado.

- Perfora secciones de 90 pies, reduciendo el tiempo de conexiones, al eliminar dos tercios de las mismas.
- Realiza toma de núcleos en intervalos de 90 pies sin necesidad de tener que hacer conexiones.
- En la perforación direccional, mantiene la orientación en intervalos de 90 pies, reduciendo el tiempo de supervisión (survey time) mejorando el control direccional.
- Apto para toda operación de perforación ya sea direccional, horizontal, bajo balance, perforación de gas o aire, control de pozo, pesca, etc.
- Reduce el riesgo de aprisionamiento de la sarta, por su habilidad de rotar y circular al mismo tiempo.

Siendo este estudio, un argumento válido y lo suficientemente fiable, se presentan las bases teóricas, en las que se construyen los planteamientos de apoyo que se integran a este proyecto. Entre los tópicos tratados se tiene:

2.1.1 Objetivos Del Mantenimiento. En la estructura del departamento de mantenimiento, su organización, planificación e información, deben estar encaminados a la consecución de varios objetivos⁵, al respecto, se citan los siguientes:

- Mejorar la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminuir los costos de mantenimiento.
- Mejorar los recursos humanos.
- Maximizar la vida de la máquina.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar las fallas sobre los bienes precitados.

⁵ MOLINA, Francisco. Instalación y mantenimiento de servicios de redes locales. México: Ra-Ma editorial, 2007, p. 137.

- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o parada de máquina.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes (s/p).

Contextualizando, se puede afirmar que el mantenimiento encierra todo lo asociado a la organización, aplicación y ejecución de toda actividad que brinde, mejore y conserve el funcionamiento de una maquina al más bajo costo posible.

2.1.2 Tipos De Mantenimiento. Hay diferentes clases de mantenimiento, los cuales tienen una argumentación distinta dependiendo su aplicación, pero todos convergen en lo mismo, alargar la vida útil de un equipo. Se tiene.

2.1.2.1 Mantenimiento Preventivo. También llamado mantenimiento planificado, su principio tiene lugar antes de que ocurra la falla. Consiste en servicios de inspección, control conservación y restauración de un indicador con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos tratando de evitar fallas. Este mantenimiento se realiza con una frecuencia dependiendo de la criticidad del equipo.

Con esto queda claro que el mantenimiento preventivo es aquel que se realiza periódicamente para mayor vida útil de cada equipo y prevenir fallas y accidentes.

Cuenta con una fecha programada para su ejecución y una fecha final del mismo, como también permite llevar un historial de cada equipo al que se le aplique para su debido seguimiento. Este mantenimiento brinda las siguientes ventajas:

- Conservar y mejorar las metas de producción, garantizadas por una mayor disponibilidad operacional de los equipos.
- Reducir las fallas de los equipos y los costos involucrados, por disminución de los trabajos de emergencia o los incidentes ocasionados por fallas mayores de los equipos.
- Mitigar tiempos de los trabajos de mantenimiento lo que redunda en menores costos anuales y mayores ahorros de divisas, si los repuestos son importados.
- Extender de la vida útil y disminuir gastos de reemplazo de los equipos.
- Mitigar accidentes y riesgos para el personal y para el funcionamiento de la planta.
- Personal mejor entrenado con mayor capacidad técnica, más ordenado, lo que traduce en un ambiente limpio y seguro.
- Mayor disponibilidad de herramientas adecuadas, por ser seleccionadas por manos técnicas y estar mejor cuidadas.

Se puede inferir que el objetivo principal del mantenimiento preventivo es el de garantizar que los activos de una organización cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, y alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos.

2.1.2.2 Mantenimiento Predictivo. Se define como: Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evolución estadística, tratando de

extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

Consiste en determinar las condiciones físicas de los equipos en pleno funcionamiento o en stand-by para así predecir la falla antes de que ocurra. Se ejecuta bajo una forma planificada y programada mediante un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes de la máquina.

2.1.2.3 Mantenimiento Correctivo. Este hace referencia a los servicios de reparación en ítems con falla, esto quiere decir que este tipo de mantenimiento se aplica cuando ya ocurrió la falla. Este mantenimiento es llamado mantenimiento reactivo; es decir, solo actuará al momento de fallar un equipo.

Conforme a estas tres clases de mantenimiento y buscando integrar estas teorías en un proceso el cual permita obtener resultados a corto o mediano plazo se logra llegar a el concepto de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) que no solo es una metodología o proceso, es también una filosofía.

2.1.3 Confiabilidad. Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

2.1.3.1 Análisis De La Confiabilidad. La ejecución de un análisis de la confiabilidad en un producto o un sistema debe incluir muchos tipos de exámenes para determinar cuan confiable es el producto o sistema que pretende analizarse.

Una vez realizados los análisis, es posible prever los efectos de los cambios y de las correcciones del diseño para mejorar la confiabilidad del ítem.

Los diversos estudios del producto se relacionan, vinculan y examinan conjuntamente, para poder determinar la confiabilidad del mismo bajo todas las perspectivas posibles, determinando posibles problemas y poder sugerir correcciones, cambios y/o mejoras en productos o elementos.

2.1.4 Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad. RCM (Reliability Centred Maintenance) o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es uno de los procesos desarrollados en la década de los 70's 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 (1978). De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

Desde esta técnica de análisis, diríamos que más que planificar el mantenimiento preventivo, se debe lograr una táctica de mantenimiento entre: Inspeccionar, reacondicionar, sustituir o buscar fallas periódicamente, prevenir, rediseñar o no hacer nada. Sin embargo, RCM diría también cuales son las funciones, como pueden fallar las mismas y cuál es el contexto operativo.

Al final de los años 50, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por cada millón de despegues; dos tercios de éstos eran causados por fallas en los equipos. Así nace el RCM.

En 1978 el Departamento de Defensa patrocina el primer informe donde se habla del RCM, que fue escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap.

En 1999 la industria automotriz emite la SAE JA 10111 que precisa más aún el tema.

El proceso RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

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

2.1.4.1 Objetivo Del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). El objetivo principal de RCM es reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, evitando acciones de mantenimiento que no sean estrictamente necesarias.

Objetivos Específicos:

- Entender la filosofía de trabajo que ofrece el RCM, y poder utilizar sus componentes para reducir sustancialmente los costos de las actividades de mantenimiento.
- Identificar reconocer los conceptos en los que se basa el RCM y su proceso de aplicación en las empresas.
- Aplicar la metodología del RCM.

- Conocer las ventajas del RCM que se ajusten a las necesidades de su empresa.

2.1.4.2 Ventajas Del RCM.

- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

2.1.4.3 Instauración De Un Plan de Mantenimiento RCM.

- Selección del sistema y documentación.
- Definición de fronteras del sistema.
- Diagramas funcionales del sistema.
- Identificación de funciones y fallas funcionales.
- Construcción del análisis modal de fallos y efectos.
- Construcción del árbol lógico de decisiones.
- Identificación de las tareas de mantenimiento más apropiadas.

2.1.4.4 Las 7 preguntas básicas del proceso RCM.

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Conceptos Del RCM. La filosofía RCM muestra que muchos de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente errados. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Un claro ejemplo es la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece, se ha demostrado que esto es falso para la gran mayoría de los equipos industriales.

A continuación se explican los principales conceptos derivados del mantenimiento centrado en confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial.

2.2.2 Contexto Operacional. Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes.

Un caso típico es el de un sistema de salvaguarda, que suele requerir tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal, aun cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos.

Antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción (2 o 3 páginas) donde se debe indicar.

- Régimen de operación del equipo.
- Disponibilidad de mano de obra y repuestos.
- Consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización).
- Objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

2.2.3 Funciones. El análisis de RCM comienza con la redacción de las funciones deseadas. Por ejemplo, la función de una bomba puede definirse como “Bombear no menos de 500 litros/ minuto de agua”. Sin embargo, la bomba puede tener otras

funciones asociadas, como por ejemplo “Contener al agua (evitar pérdidas)”. En un análisis de RCM, todas las funciones deseadas deben ser listadas.

2.2.4 Fallas Funcionales. Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Por ejemplo, para una bomba dos estados de falla podrían ser “Incapaz de bombear agua”, “Bombea menos de 500 litros/minuto”, “No es capaz de contener el agua”. Notar que los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas. Una vez identificadas todas las funciones deseadas de un activo, identificar las fallas funcionales es generalmente muy sencillo.

2.2.5 Modos De Falla. Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Por ejemplo, “impulsor desgastado” es un modo de falla que hace que una bomba llegue al estado de falla identificado por la falla funcional, “bombea menos de lo requerido”.

Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM. Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la “causa raíz” de la falla. Por ejemplo, si se están analizando los modos de falla de los rodamientos de una bomba, es incorrecto listar el modo de falla “falla rodamiento”. La razón es que el modo de falla listado no da una idea precisa de por qué ocurre la falla.

Es por “falta de lubricación”? Es por “desgaste y uso normal”? Es por “instalación inadecuada”? Notar que este desglose en las causas que subyacen a la falla si da una idea precisa de por qué ocurre la falla, y por consiguiente que podrá hacerse para manejarla adecuadamente (lubricación, análisis de vibraciones, etc.).

2.2.6 Efectos De Falla. Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El “efecto de falla” es una breve descripción de “qué pasa cuando la falla ocurre”. Por ejemplo, el efecto de falla asociado con el modo de falla “impulsor desgastado” podría ser el siguiente: A medida que el impulsor se desgasta, baja el nivel del tanque, hasta que suena la alarma de bajo nivel en la sala de control. El tiempo necesario para detectar y reparar la falla (cambiar impulsor) suele ser de 6 horas. Dado que el tanque se vacía luego de 4 horas, el proceso aguas abajo debe detenerse durante dos horas.

No es posible recuperar la producción perdida, por lo que estas dos horas de parada representan una “pérdida de ventas”. Los efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse.

2.2.7 Categoría De Consecuencias. La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas.

- Poniendo en riesgo la seguridad de las personas (“consecuencias de seguridad”).
- Afectando al medio ambiente (“consecuencias de medio ambiente”).
- Incrementando los costos o reduciendo el beneficio económico de la empresa (“Consecuencias operacionales”).
- Ninguna de las anteriores (“consecuencias no operacionales”).

Además, existe una quinta categoría de consecuencias, para aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla. Por ejemplo, la falla del neumático de repuesto no tiene ninguna consecuencia adversa salvo que ocurra una falla posterior (pinchadura de un neumático de servicio) que haga que sea necesario cambiar el neumático. Estas fallas corresponden a la categoría de fallas ocultas.

Cada modo de falla identificado en el análisis de RCM debe ser clasificado en una de estas categorías. El orden en el que se evalúan las consecuencias es el siguiente: seguridad, medio ambiente, operacionales, y no operacionales, previa separación entre fallas evidentes y ocultas.

El análisis RCM bifurca en esta etapa: el tratamiento que se le va a dar a cada modo de falla va a depender de la categoría de consecuencias en la que se haya clasificado, lo que es bastante razonable: no sería lógico tratar de la misma forma a fallas que pueden afectar la seguridad que aquellas que tienen consecuencias económicas. El criterio a seguir para evaluar tareas de mantenimiento es distinto si las consecuencias de falla son distintas.

2.2.8 Diferencia Entre Efectos Y Consecuencias De Falla. El efecto de falla es una descripción de qué pasa cuando la falla ocurre, mientras que la consecuencia de falla clasifica este efecto en una de 5 categorías, según el impacto que estas fallas tienen.

2.2.9 Diferencia Entre Falla Funcional Y Modos De Falla. La falla funcional identifica un estado de falla: incapaz de bombear, incapaz de cortar la pieza, incapaz de sostener el peso de la estructura... No dice nada acerca de las causas por las cuales el equipo llega a ese estado. Eso es justamente lo que se busca con los modos de falla: identificar las causas de esos estados de fallas (eje cortado por fatiga, filtro tapado por suciedad, etc.).

2.2.10 Fallas Ocultas. Los equipos suelen tener dispositivos de protección, es decir, dispositivos cuya función principal es la de reducir las consecuencias de otras

fallas (fusibles, detectores de humo, dispositivos de detención por sobre velocidad / temperatura / presión, etc.).

Muchos de estos dispositivos tienen la particularidad de que pueden estar en estado de falla durante mucho tiempo sin que nadie ni nada ponga en evidencia que la falla ha ocurrido. (Por ejemplo, un extintor contra incendios puede ser hoy incapaz de apagar un incendio, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre el incendio)).

Una válvula de alivio de presión en una caldera puede fallar de tal forma que no es capaz de aliviar la presión si esta excede la presión máxima, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre la falla que hace que la presión supere la presión máxima).

Si no se hace ninguna tarea de mantenimiento para anticiparse a la falla o para ver si estos dispositivos son capaces de brindar la protección requerida, entonces puede ser que la falla solo se vuelva evidente cuando ocurra aquella otra falla cuyas consecuencias el dispositivo de protección esta para aliviar. (Por ejemplo, es posible que nos demos cuenta que no funciona el extintor recién cuando ocurra un incendio, pero entonces ya es tarde: se produjo el incendio fuera de control. Es posible que nos demos cuenta que no funciona la válvula de seguridad recién cuando se eleve la presión y esta no actúe, pero también ya es tarde: se produjo la explosión de la caldera.) Este tipo de fallas se denominan fallas ocultas, dado que requieren de otra falla para volverse evidentes.

2.3 MARCO LEGAL

El presente proyecto se encuentra parametrizado bajo lineamientos establecidos en normas internacionales relacionadas al mantenimiento centrado en confiabilidad como lo son:

SAE JA1011, Evaluation Criteria for Reliability-centered Maintenance (RCM) Processes, Society of Automotive Engineering, 1999.

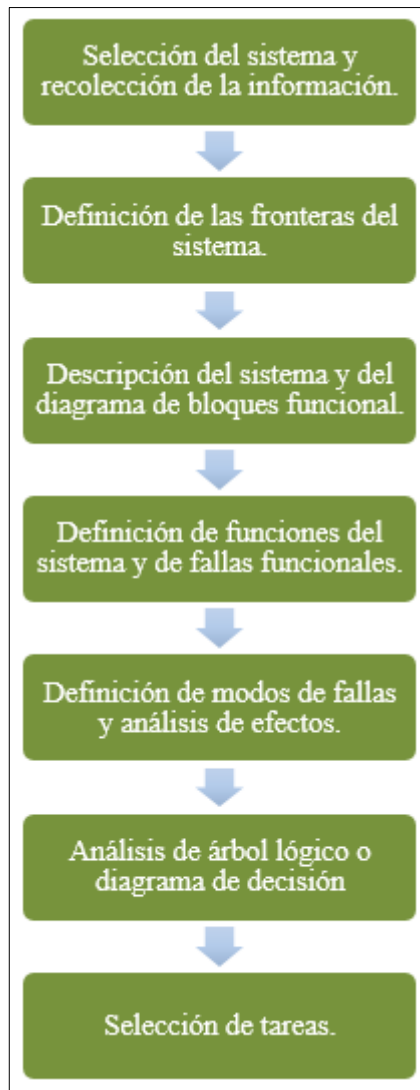
SAE JA1012, A guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) Standard. Society of Automotive Engineering, 2002.

IEC 60300-3-11, Application guide – Reliability centred maintenance, International Electro technical Commission, 1999.

ISO 14224, Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, International Organization for Standardization, 2004.

3. METODOLOGÍA

Figura 1. Flujograma de la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).



3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

El sistema es seleccionado como un punto de partida para el proceso de RCM desde que se obtiene los modos de falla para ser comparados y hacer escalamiento prioritario de recursos limitados del mantenimiento preventivo. Varios factores tales como muchas acciones o costos del mantenimiento preventivo al igual que en el correctivo, así como seguridad y afectación al medio ambiente son considerados para la selección del sistema. Documentos como esquemas del sistema y/o diagramas de bloque, los registros históricos de fallas, manuales de fabricante, manuales de operación son necesarios para recolectar la información.

3.2 DEFINICIÓN DE LAS FRONTERAS DEL SISTEMA

Equipos principales incluidos en el sistema son identificados con las fronteras físicas primarias. Definir las fronteras es importante para dos aspectos significativos; en primer lugar para asegurarse que las funciones potenciales no son menospreciadas y en segundo lugar, las fronteras determinaran factores para establecer que viene adjunto al sistema como lo son señales de poder, señales de flujo y temperatura, etc. y lo que está por fuera del sistema (INTERFACES Entradas/Salidas). Esto ayuda en la construcción del diagrama de bloques funcional.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DEL DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL

Para la descripción del sistema y diagrama de bloques funcional se requiere desarrollar cinco puntos de información, estos son:

- a) Descripción del sistema detallando su funcionalidad, con características de redundancias, protecciones, entre otras.
- b) Diagrama de bloques funcional indicando la representación del nivel superior de las funciones principales del sistema.
- c) Interfaces de Entrada/Salida.
- d) Estructura de desglose del sistema de trabajo (SWBS) para describir el compilado de la lista de equipos para cada uno de los subsistemas en el diagrama de bloques funcional.
- e) Histórico de fallas del equipo de los últimos dos o tres años.

3.4 DEFINICIÓN DE FUNCIONES DEL SISTEMA Y FALLAS FUNCIONALES

La información contenida en los pasos anteriores suministra la base para definir las funciones del sistema. Esto es necesario para satisfacer el primer principio del RCM el cual es preservar las funciones del sistema.

El desarrollo de las interfaces de salida constituye el recurso principal de información para el desarrollo del sistema. Las funciones establecidas son desarrolladas para cada subsistema mediante la captura de cada interfaz de salida. En la definición de fallas funcionales el enfoque está en la pérdida de las funciones y no en el equipo.

3.5 DEFINICIÓN DE MODOS DE FALLA Y ANÁLISIS DE EFECTO

3.5.1 Matriz De Fallas Funcionales Del Equipo. El propósito fundamental de este paso es identificar el equipo, el cual puede jugar un papel muy importante en la definición de las fallas funcionales. Por primera vez en el proceso de análisis del sistema, las funciones del sistema y el equipo están directamente conectadas. La matriz de fallas funcionales del equipo se elabora para identificar esos componentes, los cuales pueden jugar un papel muy importante en las fallas funcionales. Estas tareas requieren un conocimiento razonable del diseño del sistema y las características de operación.

3.5.2 FMEA (Análisis De Efectos Y Modos De Falla.) En este paso los modos de falla específicos del componente (Como los componentes deben fallar para proceder a la falla funcional) y la causa raíz (la razón principal para cada modo de falla son definidos inicialmente. De acá se concluye que la consecuencia de los modos de falla Se hizo a tres niveles de importancia, localmente en el nivel del componente, en el nivel del sistema y en el nivel de planta. Las dos razones principales para conducir un análisis de efecto son:

1. Para asegurar que el modo de falla en cuestión realmente tiene una relación potencial para que la falla funcional sea estudiada.
2. Para introducir una primera idea del modo de falla que no produce decremento o que no es perjudicial.

3.6 ANÁLISIS DE ÁRBOL LÓGICO O DIAGRAMA DE DECISIÓN

El propósito de este paso es para priorizar el énfasis y recursos que deberían ser asignados a cada falla. Este reconoce el hecho que todas las funciones, fallas funcionales y modos de falla no sean tratados de la misma manera. Para este caso es utilizado el árbol de decisión de la norma SAE J1012. (ver figura 2).

3.7 SELECCIÓN DE TAREAS

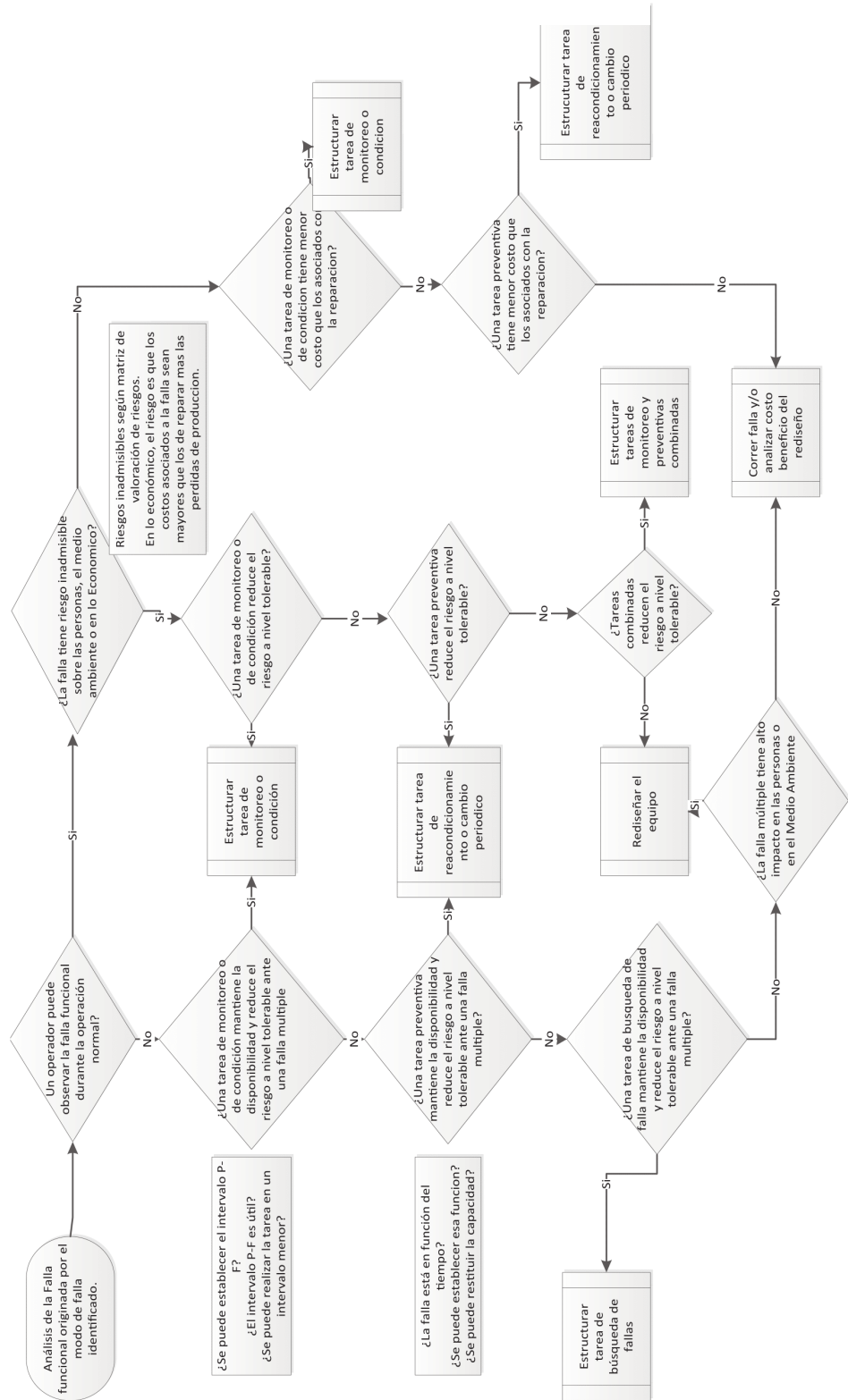
En este paso se definen las tareas de mantenimiento con las cuales se mitigaran los riesgos (Impacto ambiental, de seguridad, económico y de imagen) El orden secuencial de prioridad para elegir una tarea es el siguiente:

- a) Monitoreo de condición.
- b) Reacondicionamiento o cambio.
- c) Detección de fallas ocultas, cuando aplique.
- d) Combinación de las tres anteriores.
- e) Rediseño, en caso de que riesgo no se pueda mitigar.
- f) Correr a falla, en caso que costos/impactos de actividad de mantenimiento no se justifiquen.

Toda esta secuencia de prioridad para elegir tareas se asocia a actividades de mantenimiento predictivo (PdM), preventivo (PM), correctivo (CM) y/o detectivo.

Figura 2. Árbol de toma de decisión (SAE J1012).

DIAGRAMA DE DECISIÓN PARA DEFINICIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO BASADOS EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD



4. DESARROLLO METODOLÓGICO

Siguiendo la metodología planteada previamente correspondiente al proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM, a continuación se presenta el desarrollo paso por paso.

4.1 TAXONOMÍA

De acuerdo a la recolección de información y al estudio realizado con el personal técnico del departamento de mantenimiento de la empresa se toma la decisión de dividir el equipo Top Drive TESCO HMIS 250 en dos subsistemas principales que lo componen: TOP DRIVE como subsistema de levante y HPU como la unidad hidráulica de poder. Así mismo, para cada subsistema se seleccionaron los componentes o elementos de estudios para los cuales se desarrolló la metodología de RCM (ver figuras 3 a 9).

Figura 3. Descripción jerárquica del equipo.

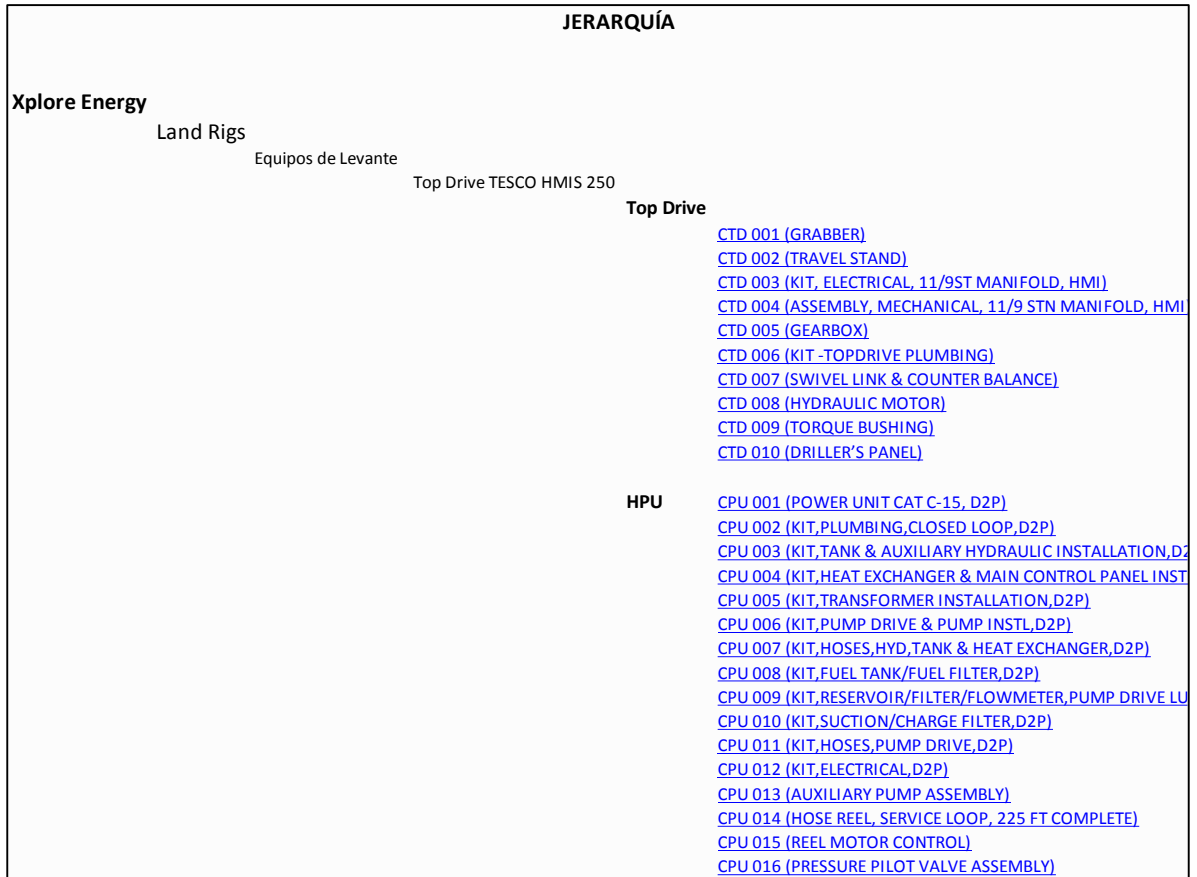


Figura 4. Diagrama jerárquico.

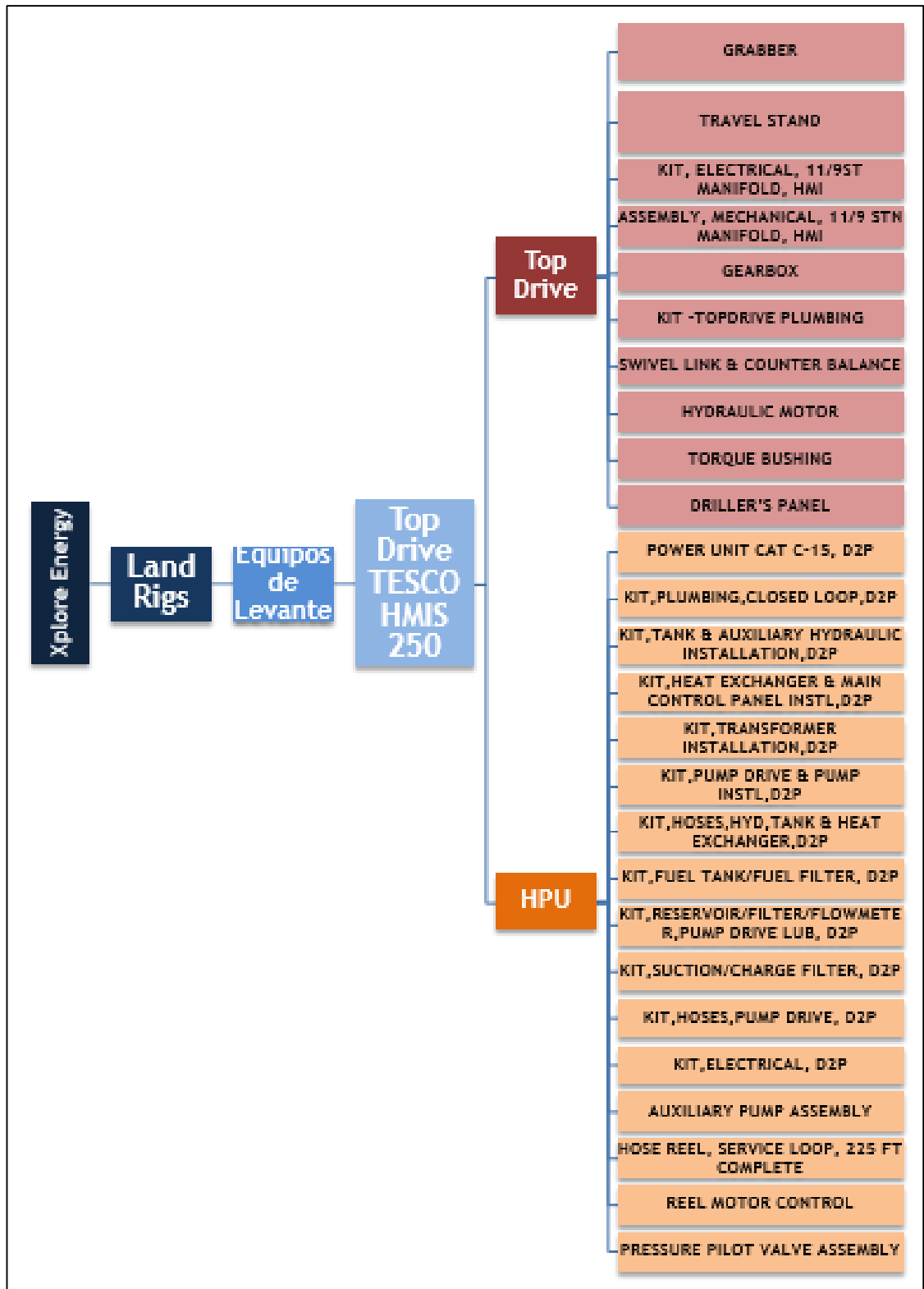


Figura 5. Top Drive TESCO HMIS 250.



Figura 6. Elementos de estudio Top Drive.

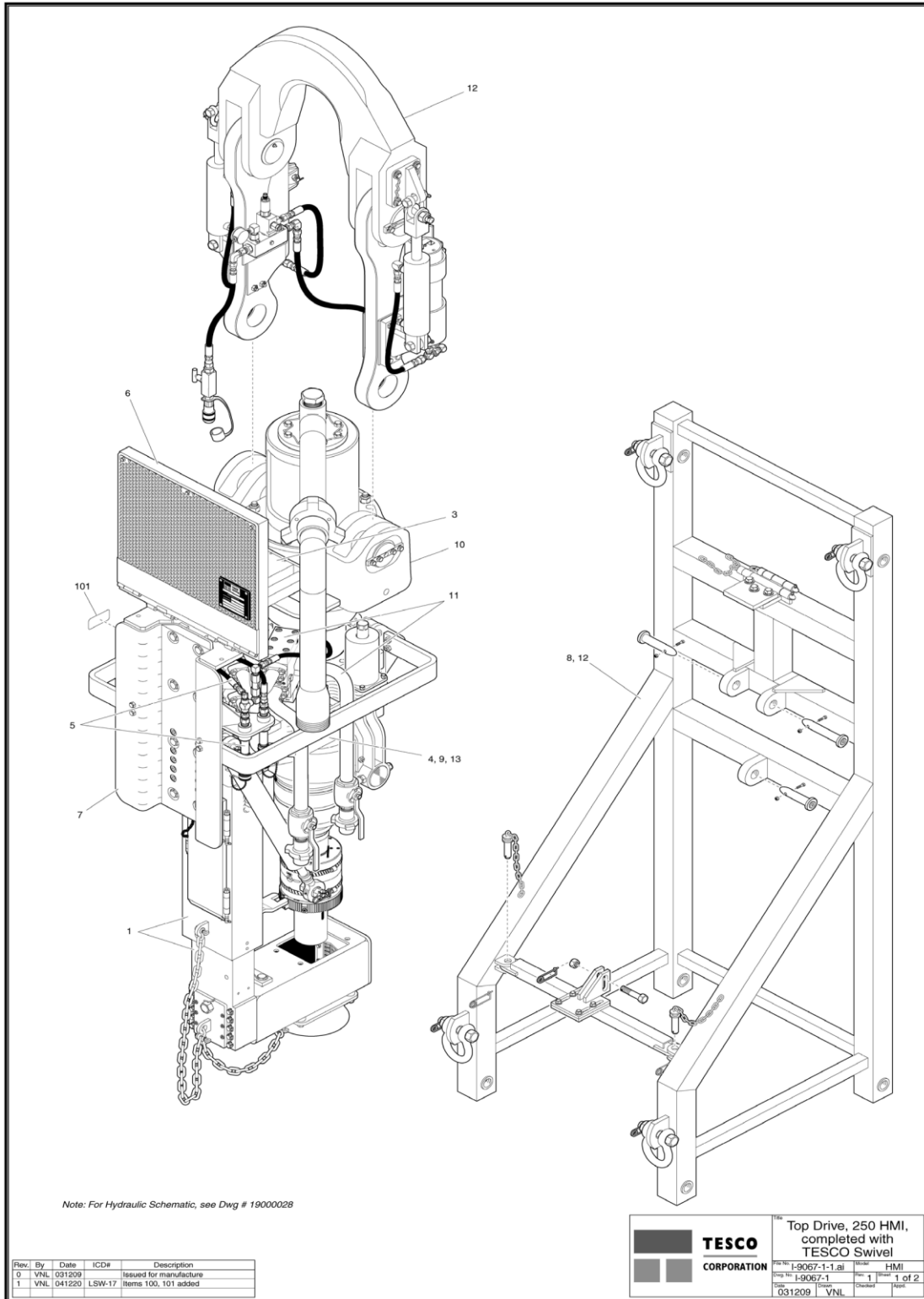


Tabla 1. Guía de componentes del subsistema Top Drive.

ITEM No.	CÓDIGO TESCO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	3624	1	ASSY, FINAL, GRABBER, W/LEGS, HMI
2	6398	1	ASSY, TRAVEL STAND, HMI
3	7218	1	FINAL ASSY, 11/9 STN, MANIFOLD, HMI
4	8633-1	1	Kit,Gearbox,Final,250T,HMI
5	8634	1	KIT, TOPDRIVE PLUMBING, 250 HMI
6	8635	1	KIT, 11 STN INSTALLATION, 250 HMI
7	8636	1	KIT, SPOON ASSY, 200 HMI
8	8638	1	KIT, TRAVEL STAND INSTALLATION, 200 HMI
9	10030	2	OIL, GEAR, 80W90, 20 LITRE
10	14376-1	1	Kit,Swivel Installation,Tesco,250T HMI
11	14377	1	KIT, MOTOR MANIFOLD INSTALLATION, 250 HMI
12	16425	1	KIT,SWIVEL LINK&COUNTER BALANCE,250HMI
13	16628	1	ASSY, GEARBOX, SPLINE DRIVE, 2.19:1 RATIO, 250T HMI
100	730447	1	Kit,Label,Stick-On,Top Drive,HMI/HCI
101	730442	2	Decal,Shell Spirax HD 80W90,5"x2", Red

Figura 7. HPU - Unidad hidráulica de poder.



Figura 8. Elementos de estudio HPU - I.

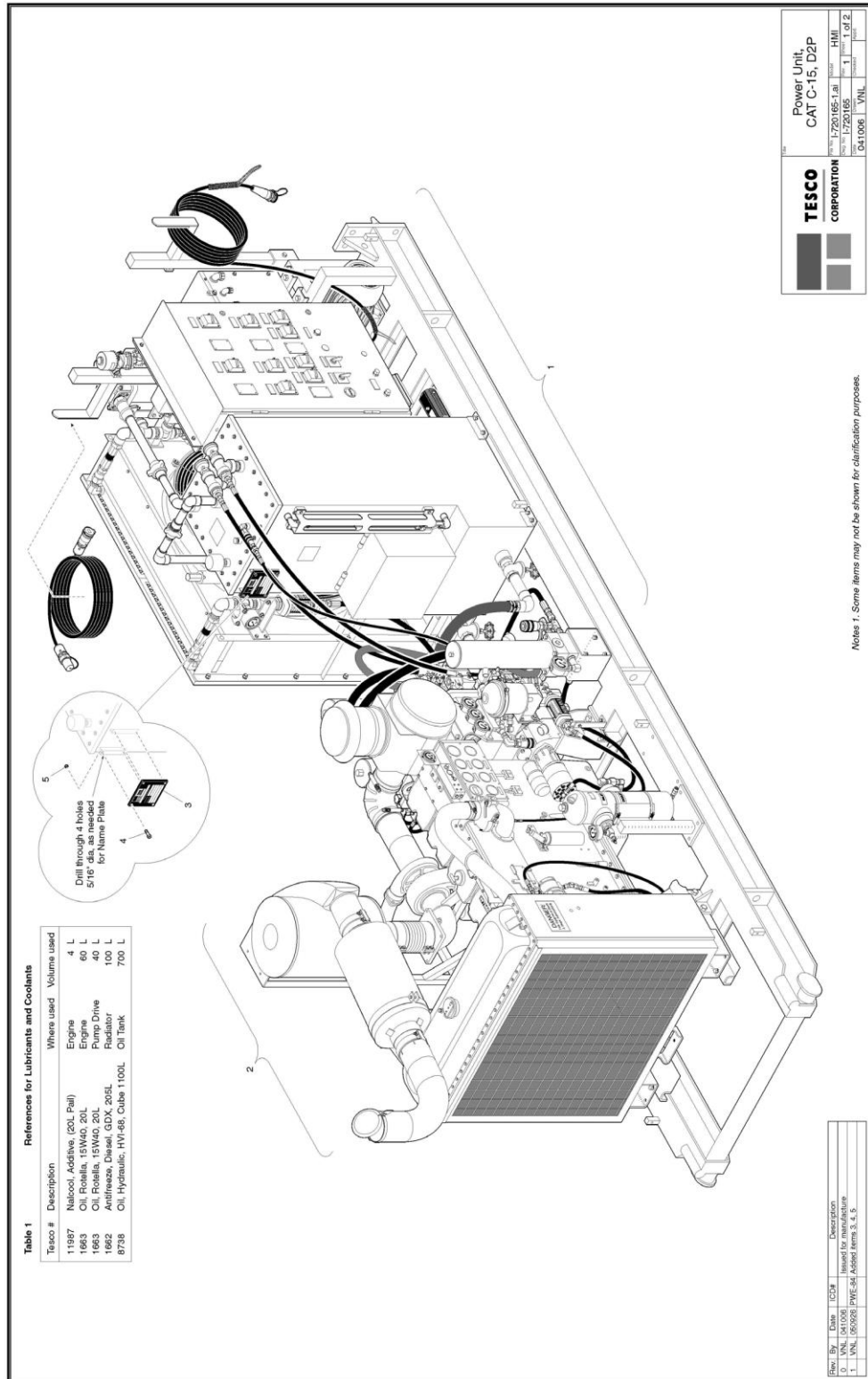


Tabla 2. Guía de componentes del subsistema HPU - I.

ITEM No.	CÓDIGO TESCO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	720132	1	Power Unit, w/o Engine Skid, D2P
2	720163	1	Kit, Engine Skid, CAT C-15, D2P
3	8151	1	NAMEPLATE, TOP DRIVE, SIX LINES
4	615	4	Screw, Cap, Skt Hd, 1/4"-20UNCx1", 18-8 SS
5	9785	4	Nut, Hex, Lock, Nylon, 1/4"-20UNC, Gr8, Pld

Figura 9. Elementos de estudio HPU - II.

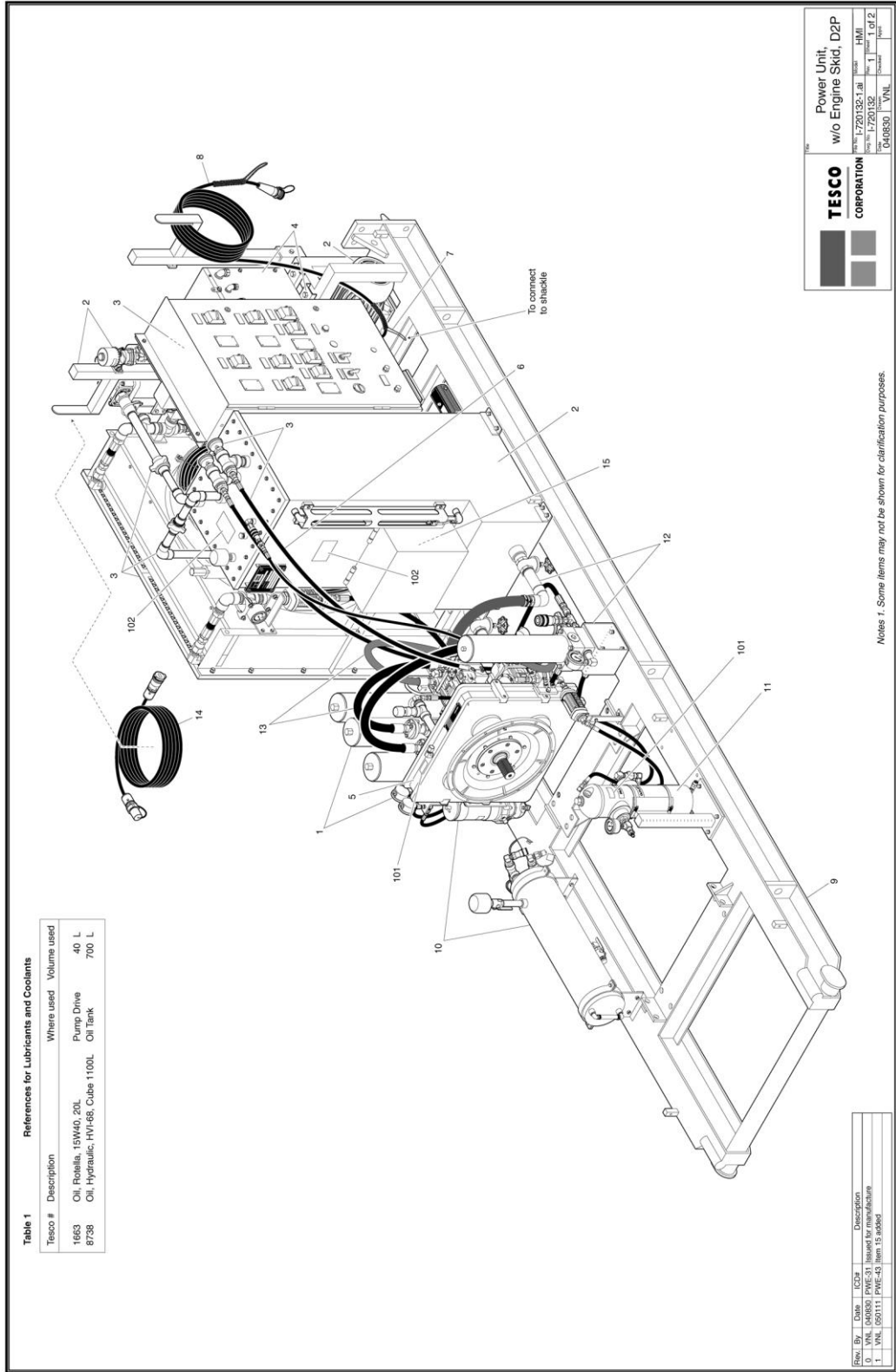


Table 1 References for Lubricants and Coolants

Tesco #	Description	Where used	Volume used
1663	Oil, Roella, 15W/40, 20L	Pump Drive	40 L
8738	Oil, Hydraulic, HVI-68, Cuba 1100L	Oil Tank	700 L

Rev	By	Date	ICDA	Description
0	VNL	04/08/00	PWE-31	Issued for manufacture
1	VNL	05/01/11	PWE-45	Item 15 added

Notes: 1. Some items may not be shown for clarification purposes.

TESCO CORPORATION

Power Unit, w/o Engine Skid, D2P

Part No. 1220132.1.01
 Part No. 1220132

Rev. 1 of 2

04/08/00 VNL

Tabla 3. Guía de componentes del subsistema HPU - II.

ITEM No.	CÓDIGO TESCO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	13344	1	Kit,Plumbing,Closed Loop,DD,60S,MD2001,D2P
2	13355	1	Kit,Tank & Auxiliary Hydraulic Installation,D2P
3	13356	1	Kit,Heat Exchanger & Main Control Panel Instl,D2P
4	13357	1	Kit,Transformer Installation,D2P
5	13360	1	Kit,Pump Drive & Pump Instl,DD,60S,D2P
6	16715	1	Kit,Hoses,Hyd,Tank & Heat Exchanger,DD,60S,D2P
7	3503	1	Grip,Cable,1610lb,(1.00"-1.24"),1 Eye,CM
8	4109	1	Cord,Pgtl,Female,Robotics,D2P/D6P,#14,37C,49M
9	6932	1	Skid,Power Unit,D2P
10	720146	1	Kit,Fuel Tank/Fuel Filter,D2P
11	720147	1	Kit,Reservoir/Filter/Flowmeter,Pump Drive Lub,D2P
12	720148	1	Kit,Suction/Charge Filter,D2P
13	720151	1	Kit,Hoses,Pump Drive,D2P
14	7222	1	Cord,Main Power,4/4CX250FT,W/M&F
15	13362	1	Kit,Electrical,DD,60S,MD2001,D2P
100	730446	1	Kit,Label,Stick-On,D2P w/o Engine Skid
101	730439	2	Decal,Shell Rotella SHD-40,5"x2",Red
102	730440	2	Decal,Mohawk HVI-68,5"x2",Red

4.2 DEFINICIÓN DE FUNCIONES

4.2.1 Elementos De Estudio, Características Técnicas, Condiciones Operacionales Y Ambientales Del Elemento. Las características técnicas del elemento se relacionan en el Anexo A.

Tabla 4. Definición de funciones, Top Drive - Sección I.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES
GRABBER	01 List of Parts and Assemblies	Esta llave de Contrafuerza, sujetador ó grabber actúa como una tenaza, que permite al momento del enrosque y desenrosque de las tuberías, otorgar un adecuado torque. Opera a condiciones normales en 1850 PSI con un Set Torque de 2200 PSI y un Max Torque de 2850 PSI. toma un rango de tiempo de 20s - 30s	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		

TRAVEL STAND	01 List of Parts and Assemblies	Este soporte, silla del top drive o estructura metalica actua como un elemento de apoyo para posicionar el Top Drive cuando este se desmonta del mastil y se debe transportar.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
KIT, ELECTRICAL, 11/9ST MANIFOLD, HMI	02 Troubleshooting Guide	Este Kit contiene todas las conexiones electricas a las nueve electrovalvulas que controlan las funciones roboticas instalas en la J-Box. Estas se interconectan por medio de la diodera TDA. Opera a un voltaje de 24 VDC con una intensidad de hasta 5ADC	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	03 Maintenance Guide		
	Electrical Schematics Folder		
ASSEMBLY, MECHANICAL, 11/9 STN MANIFOLD, HMI	02 Troubleshooting Guide	Este Kit contiene todas las conexiones Hidraulicas asociadas a las funciones roboticas del Top Drive. Estas se interconectan por medio del multiple hidraulico el cual es controlado por las distintas valvulas.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	03 Maintenance Guide		
	Hydraulic Schematics Folder		
	Fluid Specifications Folder		
GEARBOX	01 List of Parts and Assemblies	Esta caja de engranajes multiplicadora ó Gearbox contiene todo el mecanismo que permite transformar el movimiento rotativo, proporcionado por el motor hidraulico, en descargas de hidraulico comprimido dentro del Swivel para propulsar el movimiento. Tiene una relacion de 2.19:1	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	07 Drive Torque Chart		
KIT -TOPDRIVE PLUMBING	01 List of Parts and Assemblies	Este Kit contiene todas las mangueras que suministran el hidraulico al motor asi como la valvula reguladora de flujo. Tambien contiene las mangueras que se interconectan por los distintos puertos a las distintas funciones como el Grabber, la Mud Saver Valve y de mas funciones roboticas.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	07 Drive Torque Chart		
Fluid Specifications Folder			

SWIVEL, LINK & COUNTER BALANCE	01 List of Parts and Assemblies	Este Swivel Link es un dispositivo mecánico que eleva el peso de la sarta de perforación acompañado de un contrabalance. El Swivel está diseñado para permitir la rotación de la sarta de perforación que se encuentra debajo, acarreado grandes volúmenes de lodo de perforación de alta presión entre el sistema de circulación del equipo de perforación y la sarta de perforación. Este se acopla por medio de la GearBox o caja reductora. Por medio del el se logra brindar un torque de ajuste de hasta 3200 psi y un torque de ruptura de hasta 3500 psi.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
HYDRAULIC MOTOR	01 List of Parts and Assemblies	El motor hidráulico es un motor bidireccional tipo paletas ó vanes, con dos estatores, el cual toma la energía hidráulica entregada por las bombas (pump drive system) y la convierte en energía rotacional. Este motor es de desplazamiento variable el cual es capaz de proporcionar un torque varibale de hasta 10400 ft-lbs a 4000 psi a 0 RPM en reversa en modo conexión (torque de ruptura).	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	07 Drive Torque Chart		
Fluid Specifications Folder			
TORQUE BUSHING	01 List of Parts and Assemblies	El torque bushing corresponde al riel y soportes estructurales sobre los cuales se acopla y desplaza el top drive verticalmente por medio de la torre de perforación como equipo de levante, además se entrega con la función robótica de extensión (extend) la cual le permite al top drive movimientos horizontales y verticales sobre su eje respecto al riel.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	Hydraulic Schematics Folder		
Fluid Specifications Folder			
DRILLER'S PANEL	01 List of Parts and Assemblies	La consola del perforador o panel es de acero inoxidable, el panel proporciona acceso a todos los mandos requeridos como Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores. El panel del perforador provee de controles, instrumentación e indicadores que requieren de una la segura operación del Top Drive. El panel se monta en la mesa de perforación, al alcancé del perforador. Tiene activo los controles de las funciones roboticas, la unidad de potencia y la parada de emergencia. Tiene activo los medidores de rpm y el diferencial de presión del motor (Quill torque). Tiene activo los indicadores de advertencias y estados. Opera con señales electricas de hasta 24 VDC.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	Electrical Schematics Folder		

Tabla 5. Definición de funciones, HPU – Sección I.

<p>POWER UNIT CAT C-15, D2P</p>	<p>01 List of Parts and Assemblies 02 Troubleshooting Guide 03 Maintenance Guide 04 Operations Guide 05 Installation Guide 07 Drive Torque Chart</p>	<p>El C15 es un motor diesel de servicio pesado fabricado por Caterpillar. Es un motor diesel en línea de seis cilindros. El ratio es de 5,4 pulgadas por 6,75 pulgadas o 137 mm por 171 mm. El desplazamiento es de 15,2 litros, o 928 pulgadas cúbicas. esta operando a una potencia nominal entre 435 y 625 caballos de fuerza a 2.100 rpm; La producción total de par es 1550 a 2050 libras-pie a 1.200 rpm. El peso total del motor es de 3090 libras.</p>	<p>Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.</p>
<p>KIT,PLUMBING,CLOSED LOOP,D2P</p>	<p>01 List of Parts and Assemblies 02 Troubleshooting Guide 03 Maintenance Guide 04 Operations Guide 05 Installation Guide Fluid Specifications Folder</p>	<p>Este Kit Hace referencia a toda la tubería de conexiones hidráulicas del HPU entre los cuales se tiene un manifold o múltiple con sus respectivos filtros y se toma por medio de dos flow meter el flujo en forward y reverse que requiere el top drive.</p>	<p>Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.</p>
<p>KIT,TANK & AUXILIARY HYDRAULIC INSTALLATION,D2P</p>	<p>01 List of Parts and Assemblies 02 Troubleshooting Guide 03 Maintenance Guide 04 Operations Guide 05 Installation Guide Fluid Specifications Folder</p>	<p>Este Kit comprende el sistema repositorio de hidráulico para la operación del Top drive así como el sistema auxiliar hidráulico para las funciones robóticas del top drive. Opera a 1200 PSI en condiciones ideales y a una temperatura de 40°C aprox, refrigerada</p>	<p>Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.</p>
<p>KIT,HEAT EXCHANGER & MAIN CONTROL PANEL INSTL,D2P</p>	<p>01 List of Parts and Assemblies 02 Troubleshooting Guide 03 Maintenance Guide 04 Operations Guide 05 Installation Guide 06 System Description Electrical Schematics Folder</p>	<p>Este Kit se comprende todo el sistema de control de refrigeración y control principal de la HPU. Aca se regula la temperatura del hidráulico por medio de un ventilador el cual esta controlado por medio del Main Panel para ser activado cuando el hidráulico supere una temperatura de 40°C. Asimismo se envían todas las señales de control para el Top drive por medio de TDC. Tambie se controla la velocidad de rotación del Top drive en el modo Conexion y sus sentidos de giro por medio de la Moto PotBoard. Opera en condiciones normales con un voltaje Regulado de 24 VDC a un máximo de 16 Amps.</p>	<p>Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.</p>
<p>KIT,TRANSFORMER INSTALLATION,D2P</p>	<p>01 List of Parts and Assemblies 02 Troubleshooting Guide 03 Maintenance Guide 04 Operations Guide 05 Installation Guide 06 System Description Electrical Schematics Folder</p>	<p>Este Kit contiene el Transformador con todos los accesorios y protecciones necesarios para su instalación, Este transformador opera en condiciones normales con un voltaje de entrada de 460VAC a 15KVA</p>	<p>Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosión, polvo y humedad.</p>

KIT,PUMP DRIVE & PUMP INSTL,D2P	01 List of Parts and Assemblies	Este Kit esta conformado por las bombas que producen la energia hidraulica para impulsar al motor hidraulico del Top drive. Las 2 (dos) bombas operan normalmente a una presion maxima de 4640PSI, con una presion de carga de 350 PSI, a un 97% de eficiencia de volumen. Tiene un drive ratio de 1.18:1 con una cap. de 130cc a 7.933cc lcnh/Rev	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	07 Drive Torque Chart		
	Fluid Specifications Folder		
KIT,HOSES,HYD,TANK & HEAT EXCHANGER,D2P	01 List of Parts and Assemblies	Este Kit esta conformado por todas las mangueras que se usan para las conexiones del tanque de hidraulico y el sistema de refrigeracion del mismo	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	Fluid Specifications Folder		
KIT,FUEL TANK/FUEL FILTER,D2P	01 List of Parts and Assemblies	Este Kit comprende todo lo asociado al repositorio de combustible del motor de combustion que produce la energia rotacional o mecanica	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	Fluid Specifications Folder		
KIT,RESERVOIR/FILTER /FLOWMETER,PUMP DRIVE LUB,D2P	01 List of Parts and Assemblies	Este Kit esta compuesto por toda la unidad de filtrado y los indicadores de de nivel de galonaje hidraulico del acople mecánico de las bombas principales en paralelo.	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	Fluid Specifications Folder		
KIT,SUCTION/CHARGE FILTER,D2P	01 List of Parts and Assemblies	Este Kit Esta compuesto por tdo el subsistema de carga y suction de hdraulico de la Pump drive	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	Fluid Specifications Folder		

PRESSURE PILOT VALVE ASSEMBLY	01 List of Parts and Assemblies	Esta valvula Controla el flujo de presion requerido proporcional para la rotacion del Top drive en forma bidireccional. Opera bajo condiciones de Presion regulada a 225 PSI	Opera bajo temperaturas de 4°C - 45 °C, humedad 40-85%, ambientes propensos a corrosion, polvo y humedad.
	02 Troubleshooting Guide		
	03 Maintenance Guide		
	04 Operations Guide		
	05 Installation Guide		
	06 System Description		
	Fluid Specifications Folder		

4.2.2 Elementos De Estudio, Fronteras, Interfaces y Funciones. Las definiciones de fronteras para cada elemento se relacionan en el Anexo A.

Tabla 6. . Definición de funciones, Top Drive – Sección II.

ELEMENTO DE ESTUDIO	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód Fun.	FUNCIONES
GRABBER	01. Grabber With Legs	Entrada: Aceite hid. a presión 1800 psi. Salida: Aceite hid. a presión, entre 1850 psi hasta 3500 psi.	A1	Sujetar la tubería según parametros de torque y altura definidos para el cabezal del tubo. (1850 PSI - 2850 PSI @ 20s - 30s)
	02. Grabber Assy			
	03. Graber Video Play			
TRAVEL STAND	04. Travel Stand	N.A.	A2	Soportar Top Drive para operaciones de Rig Down, Rig Move y Rig Up.
	05. Travel Stand With TD			
KIT, ELECTRICAL, 11/9ST MANIFOLD, HMI	06. Kit electrical	Señales De entrada Cable de Ctrl 37 Pins	A3	Controlar las funciones roboticas del Top Drive (Multiple de señales electricas)
	06a. Kit, Transducer	Señal de entrada de 24 VDC		
	07. J Box Front View	Señales De Salida de mandos a Electrovalvulas		
			A4	Permitir comunicación entre Driller's Panel y Top Drive.
ASSEMBLY, MECHANICAL, 11/9 STN MANIFOLD, HMI	08. Jbox Outside	Aceite a Presion De entrada Funciones Roboticas	A5	Controlar las presiones de las funciones roboticas del Top Drive (Multiple de Presiones hidraulicas)
	09. Mech MNF			
	10. MNF Assy	Aceite a Presion De Salida Funciones roboticas	A6	Regular el flujo hidraulico del sistema conforme a presiones requeridas
		A7	Distribuir sistema hidraulico de acuerdo a funciones roboticas requeridas	

GEARBOX	11. GearBox Ratio	Entrada de hasta 196 Cu Inch/Rev en Baja con una eficiencia en Torque del 91% & una eficiencia en Velocidad del 95%	A8	Transformar movimiento rotativo del motor hidraulico generando el torque y velocidad deseados.
	12. GearBox Kit I			
	13. GearBox Kit II			
	14. Chamber			
		Hasta 98 Cu Inch/Rev en Baja con una eficiencia en Torque del 91% & una eficiencia en Velocidad del 95%		
		Salida hasta 23,723 lb-ft en Sentido Antihorario		
		Salida hasta 18,133 lb-ft en Sentido horario		
KIT -TOPDRIVE PLUMBING	15.Kit Plumbing - I	Entrada/Salida de fluido hidraulico Con un Set de 150 PSI del Hose Reel Motor.	A9	Entregar aceite a motor hidraulico para funcion de torque maximo (MaxTorque/BrakeTorque.)
	16.Kit Plumbing - II			
	17.Kit Plumbing - III	Entrada/Salida de fluido hidraulico con un Factory set de 300PSI de la valvula de control de flujo.	A10	Entregar aceite hidraulico para cada una de las nueva funciones roboticas.
	18.Kit Plumbing - IV			
	19.Kit Plumbing - V	Entrada/Salida de fluido hidraulicocon un set de 2200 PSI de la valvula Relief.		
	20.Kit Plumbing - VI			
SWIVEL, LINK & COUNTER BALANCE	21. Kit Swivel I	Entrada/Salida: Torque de ajuste de hasta 18,136 ft-lbs y un torque de ruptura de hasta 20,727 ft-lbs.	A11	Permitir el acoplamiento mecánico de la tubería de perforación.
	22. Kit Swivel II			
	23. Kit Swivel Inst.	Entrada/Salida: Velocidad en baja de 0 a 100 RPM. Velocida en alta de 0 a 200 RPM.	A12	Rotar a la velocidad requerida de acuerdo a los parámetros de perforación (entre 0 y 200 rpm).
	24. Swivel ASSY			
	25. Washpipe ASSY			
	26. Clamp ASSY			
	27. Quill Load Nut ASSY			
HYDRAULIC MOTOR	28. Kit Motor Manifold Inst.	Entrada: Presión de hasta 4640 psi. Caudal desde 47 GPM hasta 169 GPM	A13	Convertir la energía hidráulica entregada por las bombas en energía mecánica rotacional entre presiones desde 500 psi hasta 4000 psi..
	29. Motor Manifold ASSY			
	30. Hydraulic Motor (Rinner)			
		Salida: Presión de 500 psi hasta 4000 psi. Torque desde 650 ft-lbs hasta 10400 ft-lbs Velocidad de 0 RPM hasta 461RPM.		
TORQUE BUSHING	31. Torque Bushing Hydraulic	Aceite a presión entre 1200 psi y 1800 psi.	A14	Permitir el desplazamiento vertical del top drive por el medio de la torre de perforación.
	32. Torque Bushing ASSY			
	33. Kit Spoon ASSY		A15	Permitir la operación de la función robótica de extensión (extend) del top drive.

DRILLER'S PANEL	34. Driller's Panel Devices Layout - I	Entrada/Salida: • Funciones robóticas • Limite de torque hacia delante (Max y SET) • Rango (bajo/alto) • Cuenta RPM • Medidor de torque	A16	Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación.
	35. Driller's Panel Devices Layout - II			
	36. Kit Misc. Driller's Panel - I			
	37. Kit Misc. Driller's Panel - II			
	38. Driller's Panel Animation			
	39. Extend and Link Tilt M.E. Open	Entrada/Salida: • Bomba auxiliar (preendida/apagada) • Velocidad de energía • Parada de emergencia • Bomba de flujo(dirección y velocidad) • Limite de torque en reversa(Torque reversa)	A17	Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive.
	40. Grabber Operation Break			
	41. LinkTilt in Derrick			
	42. Mud Save Valve Operation			
		A18	Realizar Interfase entre señales del Main Panel y el sistema de control.	

Tabla 7. Definición de funciones, HPU – Sección II.

POWER UNIT CAT C-15, D2P	43. Power Unit, CAT C-15.	Entrada De Combustible, aceite y refrigerante, oxigeno.	B1	Generar potencia requerida para las HPUs.
	44. Power Unit, Without Engine Skid			
		Salida de Potencia (435hp- 625HP) a una velocidad de 2100rpm		
KIT, PLUMBING, CLOSED LOOP, D2P	45. Kit, Closed Loop Plumbing - I	Entrada/Salida hidraulico a de 100PSI -2350 psi Entrada /salida Presion flow meter 0 GPM - 100 GPM	B2	Brindar suministro e interconexion de sistema hidraulico de la HPU.
	46. Closed Loop Plumbing - II			
	47. Manifold ASSY, Filter			
KIT, TANK & AUXILIARY HYDRAULIC INSTALLATION, D2P	48. Kit Tank Inst. & Aux. Hyds - I	Entrada /salida de Hidraulico a 1200 PSI aprox	B3	Suministrar Presion Hidraulica auxiliar para funciones roboticas.
	49. Kit Tank Inst. & Aux. Hyds - II			
	50. Circulation / Aux. Pump ASSY			
	51. Oil Tank ASSY		B4	Almacenar hidraulico en repositorio requerido para el sistema.
				B5
KIT, HEAT EXCHANGER & MAIN CONTROL PANEL INSTL, D2P	52. Oil Tank ASSY	Entrada/Salida de Señales de 24 VDC	B6	Refrigerar el sistema hidráulico del top drive.
	53. Kit, Heat Ex. & M.C. Panel - I			
	54. Kit, Heat Ex. & M.C. Panel - II			
	55. Panel ASSY Main Control			
	56. Kit General ASSY Main Panel - I			
	57. Kit General ASSY Main Panel - II			
	58. Kit General ASSY Main Panel - III			
59. Kit General ASSY Main Panel - IV	B7	Transmitir señales de comunicación y control a Driller's Panel.		
60. Kit General ASSY Main Panel - V				
61. Cooler Modine c/w Return Plumbing			B8	Regular Velocidad y sentido de rotacion en Modo Conexión.

KIT,TRANSFORMER INSTALLATION,D2P	62. Kit Transformer Installation	Entrada de 460 VAC	B9	Reducir voltaje de 460VAC a 220 VAC Trifasico/120VAC Monofasico a 60Hz.
		Salida de 220 VAC/120VAC		
KIT,PUMP DRIVE & PUMP INSTL,D2P	63. Kit Pump & Pumb Drive Installation	Entrada/Salida de aceite a presión.	B10	Producir energia hidraulica para impulsar motor de Top Drive.
	64. Pump Drive	Entre 500 psi a 3500 psi.		
KIT,HOSES,HYD,TANK & HEAT EXCHANGER,D2P	65. kit, Hoses, Hydraulic, Tank - I	Entrada/Salida de aceite a presión.	B11	Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento.
	66. kit, Hoses, Hydraulic, Tank - II			
	67. kit, Hoses, Hydraulic, Tank - III			
	68. kit, Hoses, Hydraulic, Tank - IV		B12	Permitir Recirculacion de Hidraulico por medio de serpentín de refrigeración.
	69. kit, Hoses, Hydraulic, Tank - V			
	70. kit, Hoses, Hydraulic, Tank - VI			
KIT,FUEL TANK/FUEL FILTER,D2P	71. Kit, Fuelk Tank	Entrada/Salida de Diesel a presión.	B13	Suministrar y distribuir combustible al motor de combustion CAT C-15.
	72. Fuel Tank ASSY			
KIT,RESERVOIR/FILTER /FLOWMETER,PUMP DRIVE LUB,D2P	73. Kit Reservoir/Filter/Flowmeter, Pump	Entrada/Salida de aceite a presión.	B14	Filtrar aceite hidráulico del acople mecánico de las bombas principales.
	74. Insp. ASSY, Oil Cond. Pump Drive			
	75. Reservoir/Filter ASSY, Painted			
			B15	Indicar nivel de caudal de hidraulico del acople mecánico de las bombas principales.
KIT,SUCTION/CHARGE FILTER,D2P	76. Kit, Suction/Charge Filter - I	Entrada/Salida de aceite a presión.	B16	Filtrar aceite hidráulico de la HPU.
	77. Kit, Suction/Charge Filter - II			
	78. Kit, Suction/Charge Filter - III			
	79. Charge-Manifold, Filter ASSY			
			B17	Succionar hidráulico para dar circulación a sistema hidráulico de HPU.

KIT,HOSES,PUMP DRIVE,D2P	80. Kit, Hoses, Pump Drive - I	Entrada/Salida de aceite a presión.	B18	Brindar interconexion de hidraulico con unidades de filtrado y bombas al sistema.
	81. Kit, Hoses, Pump Drive - II	Entre 500 psi a 3500 psi.		
	82. Kit, Hoses, Pump Drive - III			
KIT,ELECTRICAL,D2P	83. Kit, Electrical	Entrada/ Salida de 460 VAC Trifasico, 60Hz.	B19	Brindar interconexión de suministro eléctrico AC.
	84. Timer D-DEC ASSY, AGASTAT	Entrada/Salida de 220VAC Trifasico, 60 Hz		
		Entrada/ Salida de 120VAC monofasico, 60Hz		
AUXILIARY PUMP ASSEMBLY	85. Auxiliary Pump ASSY	Entrada de aceite a presión de 600 psi.	B20	Suministrar caudal hidráulico a sistema de funciones robóticas del Top drive.
		Salida de aceite a presión entre 1200PSI. Y 1800 PSI.		
HOSE REEL, SERVICE LOOP, 225 FT COMPLETE	86. Hose Reel, Service Loop - I	Entrada/Salida de aceite a presión.	B21	Suministrar caudal hidráulico al Top drive.
	87. Hose Reel, Service Loop - II	Entre 500 psi a 3500 psi, sist. Principal.		
	88. Hose Reel/Servo Loop, Comp. - I	Entre 1200 psi a 1800 psi, sist. Auxiliar		
	89. Hose Reel/Servo Loop, Comp. - II			
	90. Service Loop			
REEL MOTOR CONTROL	91. Reel Motor Control ASSY	Entrada:	B22	Brindar control de movimiento al Reel del Service Loop.
	92. Skid, Hose Reel, Continuous Swivel	Q: 20 gpm		
	93. Hose Reel, c/w Controls	V: 477 rpm		
	94. Skid, Hose Reel	P: 1800 psi		
		Salida:		
		Q: 20 gpm		
PRESSURE PILOT VALVE ASSEMBLY	95. Pressure Pilot Valve ASSY	Entrada/Salida de aceite a presión entre 500 psi y 3500 psi.	B24	Regular y controlar flujo de hidraulico al Top Drive.

4.3 DESARROLLO DEL PROCESO RCM

4.3.1 Función, Falla Funcional, Modo y Efectos de Fallas.

Tabla 8. Hoja RCM - Sección I.

Función	Cód. Func.	Descripción Falla Funcional	Cód. FF	Modo de Falla	Cód. MF	Descripción Efectos
Sujetar la tubería según parámetros de torque y altura definidos para el cabezal del tubo. (1850 PSI - 2850 PSI @ 20s - 30s) (Grabber)	A1	No sujeta la tubería	FF 1.0	Cilindro hidráulico de sujeción con fuga por sello mecánico deteriorado.	A1.1.1	El perforador acciona el mando de cerrar grabber y observa que las mordazas de subección no salen.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 4000; Daño en cilindro hidráulico; Se requiere parar el equipo, desinstalar cilindro hid. averiado e instalar cilindro hid. en buen estado, tiempo estimado de corrección 2 h, herramienta de mano, costo apx. de la corrección USD 535. Ver procedimiento de cambio de cilindro del grabber en Documento 03 Maintenance Guide; Pag 56
Soportar Top Drive para operaciones de Rg Down, Rig Move y Rig Up. (Silla)	A2	No permite el montaje del top drive durante la operación de Rig Up.	FF 2.0	Estructura doblada por pérdida de integridad.	A2.1.1	Personal de la cuadrilla de operaciones y operador de cargador al momento de necesitar la silla observan que esta se encuentra en mal estado y le informan al supervisor; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 6000; Estructura de la silla del Top Drive; Se requiere reparar mediante actividades de soldadura la silla, tiempo estimado de corrección 5 h, equipo de soldadura, equipo de corte, soldadura, perfilera estructural, costo apx. de la corrección USD 650.
Controlar las funciones roboticas del Top Drive. (Jbox)	A3	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Bobina aislada por pérdida de rango de impedancia.	A3.1.1	El perforador acciona las funciones roboticas en el Driller's panel y estan no responden.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloader yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medición electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.
Distribuir sistema hidraulico de acuerdo a funciones roboticas requeridas. (Manifold Hyd TD)	A7	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Mangueras y/o conexiones de la compuerta de flujo rotas por sobrepresión.	A7.1.1	El perforador y/o cuñero observan caída de presión ó derrame de aceite; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Perdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Transformar movimiento rotativo del motor hidraulico generando el torque y velocidad deseados. (Gearbox)	A8	Swivel Del Top Drive no rota	FF 4.0	Eje de caja reductora roto por fatiga mecánica.	A8.1.1	El perforador observa que el swivel deja de rotar y hace llamado a la mesa al Mecanico.; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la operación de apx USD 96000; Gearbox y aceite; Se requiere parar el equipo, desacoplar Gearbox de motor hidraulico y swivel, desmontarla del Top Drive e instalar GearBox de reemplazo con su respectivo lubricante, tiempo estimado de corrección 48 h, herramienta de mano, costo apx. de la corrección USD 100000. Ver Documento 03 Maintenance Guide; Pag 60y Pag 61.

Entregar aceite a motor hidraulico para funcion de torque maximo (MaxTorque/BrakeTorque.) (TD Plumbing)	A9	El Top drive no brinda el Max Torque.	FF 5.0	Mangueras y/o conexiones de la compuerta de flujo rotas por sobrepresión.	A9.1.1	EL perforador oprime push botton de Max Torque, evidenciado que el manometro de presion no eleva su nivel; Detiene la operación y observa una manguera de la parte superior del Top drive rota.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Rotar a la velocidad requerida de acuerdo a los parámetros de perforación (entre 0 y 200 rpm). (Swivel)	A12	El Swivel Rota, pero la tubería no	FF 6.0	Quill desajustado por torque inapropiado	A12.1.1	El perforador activa el modo drill-Alta, inicia aceleración del motor por medio de las bombas hidráulicas, observa que el Swivel rota pero la tubería no gira a la velocidad del Swivel.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en La Operación de apx USD 1000; Quill; Se requiere parar el equipo y revisar que la rosca del Quill se encuentre en buen estado; De ser así, ajustar el Quill apropiadamente; Si la rosca está dañada, reemplazar el quill por el que se encuentre de backup. El tiempo estimado de corrección es de 0.5 h, se requiere tener Quill y llaves de potencia costo apx. de la corrección USD 362.
Convertir la energía hidráulica entregada por las bombas en energía mecánica rotacional entre presiones desde 500 psi hasta 4000 psi. (Rinner Motor)	A13	El eje del motor no rota	FF 7.0	Paletas del motor hidráulico desgastadas por fatiga mecánica.	A13.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y este se detiene subitamente. Revisa la rejilla del Top Drive y determina que el motor se detuvo. Hace llamado a la mesa.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en La Operación de apx USD 96000; Rinner Motor; Se requiere parar el equipo, desacoplar Motor hidraulico de GearBox, desmontarlo del Top Drive e instalar Motor Hidraulico de reemplazo, tiempo estimado de corrección 48 h, herramienta de mano, costo apx. de la corrección USD 150000. Ver Documento 03 Maintenance Guide; Pag 60y Pag 61.
Permitir el desplazamiento vertical del top drive por el medio de la torre de perforación. (Bushing)	A14	Torque Bushing no permite acople y/o desplazamiento de Top Drive	FF 8.0	Riel doblado por pérdida de integridad.	A14.1.1	Durante la operación de rig Up, realizando el montaje del Torque Bushing, el supervisor observa el riel doblado.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 6000; Estructura del Torque Bushing del Top Drive; Se requiere reparar mediante actividades de soldadura el torque bushing, tiempo estimado de corrección 5 h, equipo de soldadura, equipo de corte, soldadura, perfilera estructural, costo apx. de la corrección USD 650.
Realizar Interfase entre señales del Main Panel y el sistema de control. (Drillers Panel)	A18	Las Alamelas (Link Tilt) extendidas hacia delante no mantienen su posición.	FF 9.0	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	El perforador acciona el Switch de la función Link tilt- Fwd, para sacar las alamelas hacia delante, Suelta el switch y estas no mantienen su posición y se retornan a la posición inicial.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 14000; Relays; Es necesario validar niveles de voltajes de la función Link Tilt y las asociadas, Conforme a esta validación hacer cambio Relays necesarios, se requiere parar el equipo, tiempo estimado de corrección 7 h, multímetro, herramienta de mano, Relays, cable, cinta, costo apx de la corrección USD 524.
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no genera la potencia necesaria para las HPU.	FF 10.0	ESC (Gobernador electrónico de velocidad) desconfigurado por error de programación.	B1.1.22	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presión de torque en manometro y observa que el torque está al rededor de 1800 PSI cuando deberían ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 12000; ESC(Gobernador Electronico); Se debe validar nivel de regulación de velocidad del motor y si es viable solucionar en campo. De ser así, realizar procedimientos de Reset; si no es viable, ajustar la operación a parámetros de velocidad posibles del motor y correr en falla hasta que llegue el especialista externo y ubique la falla con especialista. El tiempo estimado de corrección es de 6h, y tiempo de espera del especialista 48h. Multímetro, Scanner, ESC, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la corrección USD 1148

Brindar suministro e interconexión de sistema hidráulico de la HPU. (Plumbing Service Loop HPU)	B2	Caida de presión en sistema hidráulico de la HPU	FF 11.0	Tubería rota por corrosión.	B2.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se baja subitamente la presión del sistema hidráulico. Evidenciado en el manómetro de presión del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la operación de apx. USD 4000; Tubería; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente el tubo afectado por una manguera que resista la misma presión que el tubo, solicitar el tubo afectado e instalarlo en una movilización, el tiempo estimado de corrección temporal es de 2.0 h y tiempo estimado de corrección en movilización 1 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, tubo, llave inglesa, herramienta de mano y teflón, costo apx. de la corrección USD 155.
Suministrar Presión Hidráulica auxiliar para funciones robóticas. (Aux Pumb & Tank)	B3	Presión en sistema hidráulico auxiliar por debajo de 1000 psi.	FF 12.0	Mangueras de conexión del sistema hidráulico auxiliar con fuga por pérdida de integridad.	B3.1.2	El perforador acciona cualquiera de las funciones robóticas y nota que esta se da de manera lenta. Hace llamado a la mesa.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Transmitir señales de comunicación y control a Driller's Panel. (Sist De Refrigeracion & Main Panel HPU)	B7	Se presenta intermitencia esporádica en señales de comunicación y control.	FF 13.0	Conexión macho - hembra de 37 pines fundida por corto circuito.	B7.1.6	El perforador se encuentra accionando cualquiera de las funciones robóticas y esta se bloque repentinamente por un lapso de tiempo no mayor a 10 s.; No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Conector macho y hembra de 37 pines.; Esperar la operación de Rig Down, cortar el cable en ambos extremos y en operación de movilización instalar la nueva pareja de conexión, el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener conector macho y hembra de 37 pines, ponchadora, costo apx. de la corrección USD 16000.
Reducir voltaje de 460VAC a 220 VAC Trifásico/120VAC Monofásico a 60Hz. (Transformador)	B9	El transformador esta entregando voltaje por debajo de 200 VAC Trifásico.	FF 14.0	Transformador eléctrico de 15 KVA descalibrado por selector de voltaje en mal estado.	B9.1.2	No es detectable por el operador en condiciones normales ni por sus propios medios.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 5000; Kit de selector de voltaje del transformador y como pieza contigua Motopot board (tarjeta de regulación electrónica de velocidad del motor del top drive en modo conexión).; Se requiere parar el equipo y cambiar la tarjeta motopot board, luego solicitar con prioridad kit de selector de voltaje del transformador y una vez llegue realizar cambio inmediato, el tiempo estimado de corrección es de 6.5 h, se requiere tener motopot board, Kit de selector de voltaje del transformador, multímetro, herramienta de mano, consumibles eléctricos, medidor de resistencia de aislamiento a tierra, costo apx. de la corrección USD 12580.
Producir energía hidráulica para impulsar motor de Top Drive. (Pump Drive)	B10	El sistema de bombas principales entrega una presión a la salida por debajo de 2200 psi.	FF 15.0	Rodete de bomba principal de 90 GPM desgastado por pérdida de integridad.	B10.1.4	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y cuando le exige mas velocidad al equipo siente que este no se la brinda. Evidenciado en el manómetro de presión hidráulica de las bombas principales.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 18000; 1 bomba principal; Se requiere parar el equipo, desconectar la bomba del sist. hid e instalar la bomba de respaldo, el tiempo estimado de corrección es de 9 h, se requiere tener 1 bomba hidráulica de 90 gpm completa, herramienta de mano, extractores de rodamiento, costo apx. de la corrección USD 25200.

Permitir Recirculación de Hidráulico por medio de serpentín de refrigeración. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B12	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.	FF 16.0	Mangueras y/o conexiones del sistema de refrigeración (3/8", 1", 1 1/4", 1 1/2" y 2") rotas por sobrepresión.	B12.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Suministrar y distribuir combustible al motor de combustion CAT C-15. (Sist De Combustible)	B13	Tanque de combustible no permite flujo de diesel al motor.	FF 17.0	Soporte estructural (sillín) roto por corrosión.	B13.1.9	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 6000; Soporte estructural del tanque (sillín) y tanque de combustible.; Se requiere parar el equipo, reparar el soporte estructural del tanque y el tanque, el tiempo estimado de corrección es de 3.0 h, se requiere tener soldadura, perfilería estructural, hta. de mano, equipo de soldadura, equipo de corte, pintura, costo apx. de la corrección USD 400.
Filtrar aceite hidráulico del acople mecánico de las bombas principales. (sist Filtrado de Hyd De HPU)	B14	El filtro no permite flujo de aceite hidráulico al acople mecánico.	FF 18.0	Filtro de aceite hidráulico del depósito tapado por suciedad.	B14.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 108000; Filtro de aceite del acople, Acople mecánico motor CAT C-15 - bombas.; Se requiere parar el equipo, cambiar el filtro, cambiar el acople mecánico motor CAT C-15 - bombas, el tiempo estimado de corrección es de 54 h, se requiere tener filtro de aceite del acople, acople mecánico motor CAT C-15 - bombas, hta. de mano, grasa, costo apx. de la corrección USD 8500.
Filtrar aceite hidráulico de la HPU. (Sist filtrado línea de Carga & succión Pump Drive)	B16	El filtro no permite flujo de aceite hidráulico a las bombas principales.	FF 19.0	Filtro de aceite hidráulico de succión de la HPU tapado por suciedad.	B16.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 2000; Filtro de aceite de succión de las bombas.; Se requiere parar el equipo, cambiar el filtro, el tiempo estimado de corrección es de 1 h, se requiere tener filtro de aceite de succión de las bombas, llave de torquar filtros, costo apx. de la corrección USD 75.
Brindar interconexión de hidráulico con unidades de filtrado y bombas al sistema. (Hoses Pump Drive)	B18	Presión en sistema hidráulico principal por debajo de 2500 psi.	FF 20.0	Mangueras y/o conexiones de bombas principales (pump drive) de acople roscado (1/4", 3/8", 1/2", 3/4" y/o 3/8") con fuga por pérdida de integridad.	B18.1.2	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y percibe que el equipo comienza a perder fuerza, evidenciando en el manómetro una caída de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Brindar interconexión de suministro eléctrico AC. (Plugs HPU)	B19	Main panel desenergizado.	FF 21.0	Cable de alimentación aislado por ruptura.	B19.1.6	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y percibe que el driller's panel queda desenergizado.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 2000; Cable eléctrico de suministro de energía.; Se requiere parar el equipo y cambiar Cable eléctrico de suministro de energía, el tiempo estimado de corrección es de 1.0 h, se requiere tener Cable eléctrico de suministro de energía, terminales, cintas, hta. De mano, multímetro, tuboencogible, costo apx. de la corrección USD 250.

Suministrar caudal hidráulico a sistema de funciones robóticas del Top drive. (Aux Pump)	B20	Presión en sistema hidráulico auxiliar por debajo de 1000 psi.	FF 12.0	Sellos mecánicos de bomba auxiliar de 7.5 GPM con fuga por deterioro.	B20.1.7	El perforador acciona cualquiera de las funciones robóticas y nota que esta se da de manera lenta. Hace llamado a la mesa.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 2000; Kit de sellos mecánicos de la bomba auxiliar.; Se requiere parar el equipo y cambiar el Kit de sellos mecánicos de la bomba auxiliar, el tiempo estimado de corrección es de 1.0 h, se requiere tener Kit de sellos mecánicos de la bomba auxiliar, hta. de mano, grasa, costo apx. de la corrección USD 153.
Suministrar caudal hidráulico al Top drive.(service Loop Hyd)	B21	Presión en sistema hidráulico principal por debajo de 2500 psi.	FF 20.0	Mangueras y/o conexiones de carrete hidráulico (service loop) (3/4", 1", 1 1/4" y 1 1/2") con fuga por pérdida de integridad.	B21.1.2	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y percibe que el equipo comienza a perder fuerza, evidenciando en el manómetro una caída de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Brindar control de movimiento al Reel del Service Loop. (Mandos Carrete)	B22	El carrete del service loop no gira.	FF 22.0	Palanca de válvula bidireccional de accionamiento de 600 psi a 3600 psi y 10GPM rota por manipulación mecánica inapropiada.	B22.1.4	El mecánico se dispone a accionar el mando del service loop durante Rip Up/Down y evidencia que la palanca de accionamiento se encuentra dañada.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 600; Palanca de accionamiento de válvula bidireccional.; Se requiere parar el equipo y reparar provisionalmente la palanca dañada luego se solicita la palanca nueva y una semana despues se instala, el tiempo estimado de corrección es de 1 h, se requiere tener Palanca de accionamiento de válvula bidireccional, hta. de mano, costo apx. de la corrección USD 365.
Regular y controlar flujo de hidráulico al Top Drive. (Proportional Valve)	B23	El Top Drive gira lentamente sin accionar mando de rotación en el driller's panel.	FF 23.0	Válvula proporcional sin regulación por pérdida de integridad.	B23.1.7	El perforador observa que el top drive gira solo sin oprimir ningún accionamiento.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 3000; Válvula proporcional.; Se requiere parar el equipo y cambiar la válvula proporcional, el tiempo estimado de corrección es de 1.5 h, se requiere tener válvula proporcional, hta. de mano, multimetro, costo apx. de la corrección USD 5245.
Generar potencia requerida para las HPU's. (C-15)	B1	El motor gira pero no enciende	FF 23.0	Baterías sulfatadas por corrosión.	B1.1.14	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidráulico en el Top Drive, valida presión de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 3000; Baerías; Se debe validar nivel de voltaje de Baterías y cambiar de ser necesario .El tiempo estimado de correccion es de .30h, y. Multimetro, Scanner, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 250
Generar potencia requerida para las HPU's. (C-15)	B1	El motor tiene alta temperatura	FF 24.0	Filtro de aire tapado por suciedad.	B1.1.8	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidráulico en el Top Drive, valida presión de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 3002; Filtros de Aire; Se debe cambiar el filtro de aire.El tiempo estimado de correccion es de .30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 45

Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor tiene baja temperatura	FF 25.0	Bomba de combustible aislada por inyección de aire.	B1.1.5	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3003; Bomba de combustible; Se debe cambiar LA Bomba de combustible. El tiempo estimado de correccion es de .1.5h, Bomba de combustytible, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 1460
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no tiene combustible	FF 26.0	Bomba de combustible desgatada por pérdida de integridad.	B1.1.4	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3004; Bomba de combustible; Se debe cambiar LA Bomba de combustible. El tiempo estimado de correccion es de .1.5h, Bomba de combustytible, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 1461
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	el motor no enciende	FF 27.0	Filtros de aceite tapados por acumulación de suciedad.	B1.1.6	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 1045; Filtros de Aceite; Se debe cambiar el filtro de aceite. El tiempo estimado de correccion es de .30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 45
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no enciende	FF 27.0	Alternador sin regulación por selector de voltaje en mal estado.	B1.1.12	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 6006; Alternador; Se debe cambiar el Alternador. El tiempo estimado de correccion es de 2.30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 446
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no enciende	FF 27.0	Alternador abierto por corto circuito.	B1.1.13	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 6007; Alternador; Se debe cambiar el Alternador. El tiempo estimado de correccion es de 2.30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 446

Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor enciende pero se apaga al cabo de 2 minutos	FF 28	Filtro de aire tapado por suciedad.	B1.1.8	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 1000; Filtro de aire; Se debe cambiar el filtro de aire.El tiempo estimado de correccion es de .30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 45
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no enciende	FF 27.0	Filtros de aceite tapados por acumulación de suciedad.	B1.1.6	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3009; Filtro de aceite; Se debe cambiar el filtro de aceite. El tiempo estimado de correccion es de .30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 45
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no gira a bajas revoluciones	FF 29.0	HMI (Interfaz hombre máquina) desconfigurado por error de programación.	B1.1.21	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3010; HMI; Se debe cambiar el HMI. El tiempo estimado de correccion es de .3h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 6046
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor gira a altas revoluciones	FF 30.0	HMI (Interfaz hombre máquina) desconfigurado por error de programación.	B1.1.21	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3010; HMI; Se debe cambiar el HMI. El tiempo estimado de correccion es de .3h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 6047
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor presenta vibraciones	FF 31.0	Pistón recostado por recalentamiento.	B1.1.26	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 14000; Piston; Se debe cambiar el Piston. El tiempo estimado de correccion es de .7h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 15800

Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor presenta vibraciones	FF 31.0	Cigüeñal cizallado por sobrecarga.	B1.1.28	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 14000; Cigüeñal; Se debe cambiar el cigüeñal. El tiempo estimado de correccion es de .7h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 115800
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor presentavibraciones	FF 31.0	Biela cizallada por sobrecarga.	B1.1.27	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 14000; Biela; Se debe cambiar LA Biela. El tiempo estimado de correccion es de .5h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 15800
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor salta las protecciones	FF 32.0	HMI (Interfaz hombre máquina) desconfigurado por error de programación.	B1.1.21	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3010; HMI; Se debe cambiar el HMI. El tiempo estimado de correccion es de .3h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 6047
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor salta las protecciones	FF 32.0	ARNES aislados por cristalización.	B1.1.24	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 8000; ARNES; Se debe cambiar el ARNES. El tiempo estimado de correccion es de .4h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 9750
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor gira pero no enciende	FF 23.0	Motor de arranque aislado por dientes de engranajes partidos/desgastados.	B1.1.11	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 5000; Motor de Arranque; Se debe cambiar el motor de arranque. El tiempo estimado de correccion es de 2.30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 446

Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor gira pero no enciende	FF 23.0	Motor de arranque frenado por engranajes trocados.	B1.1.10	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 5000; Motor De arranque; Se debe cambiar el motor de arranque. El tiempo estimado de correccion es de 2.30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 4447
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor gira a altas revoluciones	FF 30.0	ECU (Unidad electrónica de control) bloqueado por pérdida de comunicación.	B1.1.23	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3000; ECU; Se debe cambiar el ECU. El tiempo estimado de correccion es de .1.30h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 63800
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no enciende	FF 27.0	Intercambiador de calor roto por pérdida de integridad.	B1.1.1	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 300; Intercambiador de Calor; Se debe cambiar el intercambiador de Calor. El tiempo estimado de correccion es de .1.30h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 2446
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor presenta humo excesivo	FF 33.0	Filtro de aire tapado por suciedad.	B1.1.8	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 1000; Filtro de aire; Se debe cambiar el filtro de aire. El tiempo estimado de correccion es de .30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 45
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor presenta humo excesivo	FF 33.0	Filtro de combustible tapado por acumulación de suciedad.	B1.1.3	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 1000; Filtro de Combustible; Se debe cambiar el filtro de combustible. El tiempo estimado de correccion es de .30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 45

Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no enciende su panel	FF 34.0	Baterías descargadas por pérdida de integridad.	B1.1.15	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 1000; Baterias; Se debe validar nivel de voltaje de Baterias y cambiar de ser necesario .El tiempo estimado de correccion es de .30h, y. Multimetro, Scanner, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 250
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor no tiene comunicación	FF 34.0	ECU (Unidad electrónica de control) bloqueado por pérdida de comunicación.	B1.1.23	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operación de apx USD 3024; ECU; Se debe cambiar el ECU. El tiempo estimado de correccion es de .1.30h, multimetro, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 63800
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor se apaga al cabo de poco tiempo	FF 35.0	Alternador sin regulaci3n por selector de voltaje en mal estado.	B1.1.12	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operaci3n de apx USD 6000; Alternador; Se debe cambiar el Alternador. El tiempo estimado de correccion es de 2.30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 446
Generar potencia requerida para las HPUs. (C-15)	B1	El motor se apaga al cabo de poco tiempo	FF 35.0	Alternador abierto por corto circuito.	B1.1.13	El perforador acciona velocidad en modo Drill- Alta y evidencia que el Top drive no incrementa la velocidad por encima de 100RPM, repite procedimiento de accionamiento de modo Drill- Alta y no percibe cambio alguno, verifica que no se presentan derrames de hidraulico en el Top Drive, valida presion de torque en manometro y observa que el torque esta al rededor de 1800 PSI cuando deberian ser 2300 PSI. Realiza llamado a la mesa; No afecta medio ambiente ni personas; Perdida en la Operaci3n de apx USD 6001; Alternador; Se debe cambiar el Alternador. El tiempo estimado de correccion es de 2.30h, herramienta de mano y consumibles. Costo apx de la correccion USD 446
Sujetar la tubería según parametros de torque y altura definidos para el cabezal del tubo. (1850 PSI - 2850 PSI @ 20s - 30s) (Grabber)	A1	El grabber no gradua la altura de sujeccion	FF 1.1	Resorte vencido por pérdida de Elasticidad.	A1.1.2	El perforador acciona el mando de cerrar grabber y observa que las mordazas de subeci3n no salen.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operaci3n de apx. USD 4000; Daño en cilindro hidráulico; Se requiere parar el equipo, desinstalar cilindro hid. averiado e instalar cilindro hid. en buen estado, tiempo estimado de correcci3n 2 h, herramienta de mano, costo apx. de la correcci3n USD 535. Ver procedimiento de cambio de cilindro del grabber en Documento 03 Maintenance Guide; Pag 56

Permitir comunicación entre Driller's Panel y Top Drive.(Jbox)	A4	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Electroválvula pegada en posicion open/Close/fwd/rev por suciedad.	A3.1.2	El perforador acciona las funciones roboticas en el Driller's panel y estan no responden.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloader yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.
Controlar las presiones de las funciones roboticas del Top Drive. (Manifold Hyd TD)	A5	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Bloque del múltiple desgastado por pérdida de integridad.	A5.1.1	El perforador y/o cuñero observan caída de presión ó derrame de aceite; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Perdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Regular el flujo hidraulico del sistema conforme a presiones requeridas. (Manifold Hyd TD)	A6	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Válvula reguladora de presión pegada por suciedad.	A6.1.1	El perforador y/o cuñero observan caída de presión ó derrame de aceite; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Perdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir comunicación entre Driller's Panel y Top Drive.(Jbox)	A4	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Cable de alimentación del solenoideaislado por cristalización.	A4.1.1	El perforador acciona las funciones roboticas en el Driller's panel y estan no responden.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloader yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.
Permitir comunicación entre Driller's Panel y Top Drive.(Jbox)	A4	Ninguna funcion robotica opera.	FF 3.0	Cable de alimentación del solenoideaislado por ruptura.	A4.1.2	El perforador acciona las funciones roboticas en el Driller's panel y estan no responden.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloader yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.
Transformar movimiento rotativo del motor hidraulico generando el torque y velocidad deseados. (Gearbox)	A8	Swivel Del Top Drive no rota	FF 4.0	Engranaje de caja reductora roto por erosión o fatiga mecánica.	A8.1.2	Durante la operación de rig Up, realizando el montaje del Torque Bushing, el supervisor observa el riel doblado.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 6000; Estructura del Torque Bushing del Top Drive; Se requiere reparar mediante actividades de soldadura el torque bushing, tiempo estimado de corrección 5 h, equipo de soldadura, equipo de corte, soldadura, perfileria estructural, costo apx. de la corrección USD 650.

Entregar aceite hidraulico para cada una de las nueva funciones roboticas.(TD Plumbing)	A10	El Top drive no brinda el Max Torque.	FF 5.0	Mangueras y/o conexiones de la compuerta de flujo rotas por sobrepresión.	A9.1.1	EL perforador oprime push botton de Max Torque, evidenciado que el manometro de presion no eleva su nivel; Detiene la operación y observa una manguera de la parte superior del Top drive rota.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir el acoplamiento mecánico de la tubería de perforación. (Swivel)	A11	El Swivel Rota, pero la tubería no	FF 6.0	Actuador roto por enroscado inapropiado(mala operación)	A11.1.1	El perforador activa el modo drill-Alta, inicia aceleración del motor por medio de las bombas hidraulicas, observa que el Swivel rota pero la tubería no gira a la velocidad del Swivel.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en La Operación de apx USD 1000; Quill; Se requiere parar el equipo y revisar que la rosca del Quill se encuentre en buen estado; De ser así, ajustar el Quill apropiadamente; Si la rosca esta dañada, reemplazar el quill por el que se encuentre de backup. El tiempo estimado de corrección es de 0.5 h, se requiere tener Quill y llaves de Potencia costo apx. de la corrección USD 362.
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	Las Alamelas (Link Tilt) extendidas hacia atras no mantienen su posición.	FF 9.1	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder y su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	La Valvula ahorradora (MSV) no abre.	FF 9.2	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder y su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	La Valvula ahorradora (MSV) no cierra.	FF 9.3	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder y su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Sujetador (Grabber) No cierra	FF 9.4	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder y su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO

Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Sujetador (Grabber) No abre	FF 9.5	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	LA Extend no sale	FF 9.6	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	LA Extend no entra	FF 9.7	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Elevador no abre	FF 9.8	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Elevador no cierra	FF 9.9	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Top drive no rota hacia delante	FF 9.10	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Top Drive no rota en reversa	FF 9.11	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tener electrovalvulas y herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO

Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Top Drive no relaja las alamelas (Link Tilt)	FF 9.12	Relay de 16 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.1	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvulas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Top Drive no brinda Breake torque	FF 9.13	Relay de 16 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.1	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvulas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	El Top drive no brinda Max Torque	FF 9.14	Relay de 16 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.1	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvulas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	Mas de una Funcion robotica no Opera cuando se accionan los Mandos	FF 9.15	Relay de 16 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.1	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvulas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	Mas de una Funcion robotica no Opera cuando se accionan los Mandos	FF 9.15	Relay de 8 pines quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.2	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvulas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Permitir acceso a todo lo requerido, Interruptor, indicador, montajes, manómetros y conectores del top Drive. (Drillers Panel)	A17	Mas de una Funcion robotica no Opera cuando se accionan los Mandos	FF 9.15	Diodo 4001 quemado por pérdida de aislamiento.	A18.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la operación de apx. USD 5000; Bobinas Y electrovalvulas del Top Drive; Se requiere cambiar inmediatamente la bobina de unloder yo su electrovalvula, el tiempo estimado de corrección es de 2.5 h, se requiere parar el equipo y liberar fluido del sistema hidraulico, se requiere tner electrovalvulas y herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 435. Ver Documento 02 Troubleshooting Cap 5.; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No Funciona el indicador de Voltaje de (24VDC pilot)	FF 9.16	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 35.; NO

Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No Funciona el indicador de Link Tilt	FF 9.17	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el Indicador de Float	FF 9.18	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de MSV	FF 9.19	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Grabber	FF 9.20	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Extend	FF 9.21	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicado de elevador	FF 9.22	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Speed	FF 9.23	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Toruqe	FF 9.24	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Pumps	FF 9.25	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operacion lo permita El Pull y la bombilla piloto de la funcion indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medicion electrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO

Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Drill	FF 9.26	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operación lo permita El Pull y la bombilla piloto de la función indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No Funciona el indicador de Conexión	FF 9.27	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operación lo permita El Pull y la bombilla piloto de la función indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Alta	FF 9.28	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operación lo permita El Pull y la bombilla piloto de la función indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Indicar cualquier estado de alerta por condiciones inadecuadas o mala operación. (Drillers Panel)	A16	No funciona el indicador de Baja	FF 9.29	Pull abierto por pérdida de rango de impedancia.	A17.1.3	No afecta medio ambiente ni personas; No hay pérdida de la operación.; Pulls y Bombillas Piloto; Se requiere cambiar tan pronto como la operación lo permita El Pull y la bombilla piloto de la función indicada. Timepo estimado de corrección es de 0.25 h, se requiere parar el equipo se requiere herramientas de medición eléctrica, costo apx. de la corrección USD 35. ; NO
Brindar suministro e interconexión de sistema hidráulico de la HPU. (Plumbing Service Loop HPU)	B2	Caida de presión en sistema hidráulico de la HPU	FF 11.0	Acople roscado con fuga por rosca desgastada	B2.1.2	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se baja subitamente la presión del sistema hidráulico. Evidenciado en el manómetro de presión del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la operación de apx. USD 4000; Tubería; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente el tubo afectado por una manguera que resista la misma presión que el tubo, solicitar el tubo afectado e instalarlo en una movilización, el tiempo estimado de corrección temporal es de 2.0 h y tiempo estimado de corrección en movilización 1 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y pochadora, tubo, llave inglesa, herramienta de mano y teflón, costo apx. de la corrección USD 155.
Almacenar hidráulico en repositorio requerido para el sistema. (Aux Pumb & Tank)	B4	No hay fluido hidráulico	FF 12.1	Tanque de aceite hidráulico con fuga por corrosión.	B4.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se baja subitamente la presión del sistema hidráulico. Evidenciado en el manómetro de presión del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la operación de apx. USD 4000; Hidráulico, Tanque; Se requiere parar el tanque y cambiar inmediatamente el hidráulico afectado por la fuga de aceite del mismo, solicitar reparar el tanque y realizar carga de hidráulico a nivel apropiado, el tiempo estimado de corrección temporal es de 2.0 h, se requiere tener soldadura, hidráulico, Oxícorte, Equipo de soldadura herramienta de mano, costo apx. de la corrección USD 155.

Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B11	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.		Mangueras y/o conexiones de bombas principales a tanque hid. principal de 1" con fuga por pérdida de integridad.	B11.1.6	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B11	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.		Mangueras y/o conexiones de bombas principales a tanque hid. principal de 1" rotas por sobrepresión.	B11.1.5	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B11	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.		Mangueras y/o conexiones de bombas principales a manómetros de 3/8" con fuga por pérdida de integridad.	B11.1.4	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B11	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.		Mangueras y/o conexiones de bombas principales a manómetros de 3/8" rotas por sobrepresión.	B11.1.3	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B11	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.		Mangueras y/o conexiones de bombas principales a filtro de 1" y/o 1 1/4" con fuga por pérdida de integridad.	B11.1.2	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.
Permitir Paso de hidraulico del tanque de almacenamiento. (Hoses Sist de Refrig De Hyd)	B11	El fluido hidráulico no fluye al sistema de refrigeración.		Mangueras y/o conexiones de bombas principales a filtro de 1" y/o 1 1/4" rotas por sobrepresión.	B11.1.1	El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo, evidenciando en el manómetro una caída súbita de presión hidráulica del sistema.; Si afecta el medio ambiente contaminado la zona del derrame mientras se controla la fuga, no afecta a las personas; Pérdida en la Operación de apx USD 4000; Mangueras y/o conexiones; Se requiere parar el equipo y cambiar inmediatamente la(s) manguera(s) y/o conexión(es), el tiempo estimado de corrección es de 2.0 h, se requiere tener mangueras y/o conexiones, acoples y ponchadora, costo apx. de la corrección USD 1000.

Indicar nivel de caudal de hidraulico del acople mecánico de las bombas principales. (sist Filtrado de Hyd De HPU)	B15	Los medidores de flujo no indican nivel	FF 18.1	Medidor de flujo pegado por suciedad.	B15.1.1 El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 8000; medidores de flujo; Se requiere parar el equipo, cambiar los flowmeter, el tiempo estimado de corrección es de 4 h, se requiere tener flowmeters costo apx. de la corrección USD 8500.
Succionar hidráulico para dar circulación a sistema hidráulico de HPU.(Sist filtrado linea de Carga & succion Pump Drive)	B17	El filtro no permite flujo de aceite hidráulico a las bombas principales.	FF 19.0	Filtro de aceite hidráulico de succión de la HPU tapado por suciedad.	B16.1.1 El perforador se encuentra operando el Top Drive en condiciones normales y de repente se le apaga el equipo.; No afecta medio ambiente ni personas; Pérdida en la Operación de apx USD 2000; Filtro de aceite de succión de las bombas.; Se requiere parar el equipo, cambiar el filtro, el tiempo estimado de corrección es de 1 h, se requiere tener filtro de aceite de succión de las bombas, llave de torquar filtros, costo apx. de la corrección USD 75.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 MATRIZ DE RIESGOS

Por medio de la matriz de riesgos de la empresa Xplore Energy se determinó el riesgo de las fallas funcionales potenciales conforme a sus modos y efectos de falla.

Figura 10. Matrix de riesgos de la empresa Xplore Energy.

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	1	2	3	4	5	6
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Una fatalidad	Efectos irreversibles	> 60.000 USD	Internacional	Catastrofico	5 A5=5	B5=10	C5=15	D5=20	E5=25	F5=30
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 30.000 USD - 60.000 USD	Nacional	Critico	4 A4=4	B4=8	C4=12	D4=16	E4=20	F4=24
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6	ENTRE 10.000 USD - 30.000 USD	Regional	Marginal	3 A3=3	B3=6	C3=9	D3=12	E3=15	F3=18
Lesiones	Efectos que pueden ser controlados	ENTRE 1.000 USD - 10.000 USD	Local	Insignificante	2 A2=2	B2=4	C2=6	D2=8	E2=10	F2=12
Nunguna	No afecta el medio ambiente	< 1.000 USD	Ninguno	Ninguno	1 A1=1	B1=2	C1=3	D1=4	E1=5	F1=6
					P > 120	60 < P ≤ 120	24 < P ≤ 60	6 < P ≤ 24	1 < P ≤ 6	P ≤ 1
					A	B	C	D	E	F

Fuente: Empresa Xplore Energy

Una vez valorado el riesgo de acuerdo a las variables de la matriz como lo son Consecuencias (Humanas, Ambientales, Costos e Imagen) vs Probabilidad de ocurrencia (Imposible, Improbable, Remoto, Ocasional, Moderado y Frecuente) y teniendo en cuenta los límites de riesgo admisibles fijado por la empresa para cada una de las probabilidades, se definieron los tipos de tareas para cada una de las fallas funcionales potenciales teniendo en cuenta el diagrama de toma de decisión del proceso de RCM (ver figura 2).

5.2 TIPIFICACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

Del análisis previo se obtuvieron 107 tipos de decisiones para la asignación de tareas de mantenimiento, los cuales se han organizado como se muestra en la siguiente tabla, según las variables de frecuencia (Horas de operación – H.O., Número de operaciones – N.O. y sin variable) y las frecuencias para cada una de estas variables:

Tabla 9. Tipos de decisiones de tareas según análisis RCM.

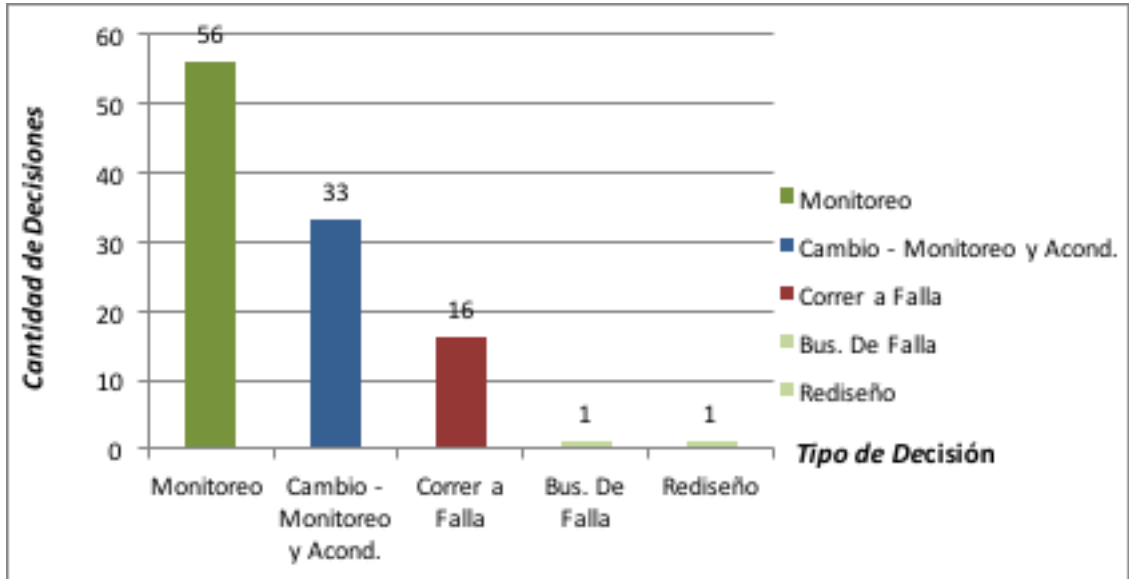
	Variable para Frecuencia			Frec. H.O.											Frec. N.O.	
	H.O.	N.O.	Sin Variable	12	125	150	250	300	500	750	1000	1500	2000	3000	1	
Tipo de Decisión	Monitoreo	46	10		1	32	2	1	5	2	3					10
	Cambio	28					11		3		8	2	1	3		
	Busq.de Falla	1					1									
	Rediseño			1												
	Monitoreo y Acond.	3	2		3											2
	Correr a Falla			16												
	TOTALES	78	12	17	3	1	32	14	1	8	2	11	2	1	3	12

Una vez analizados estos datos se agruparon los tipos de decisiones conforme al proceso RCM.

Tabla 10. Clasificación de tipos de decisión según análisis RCM.

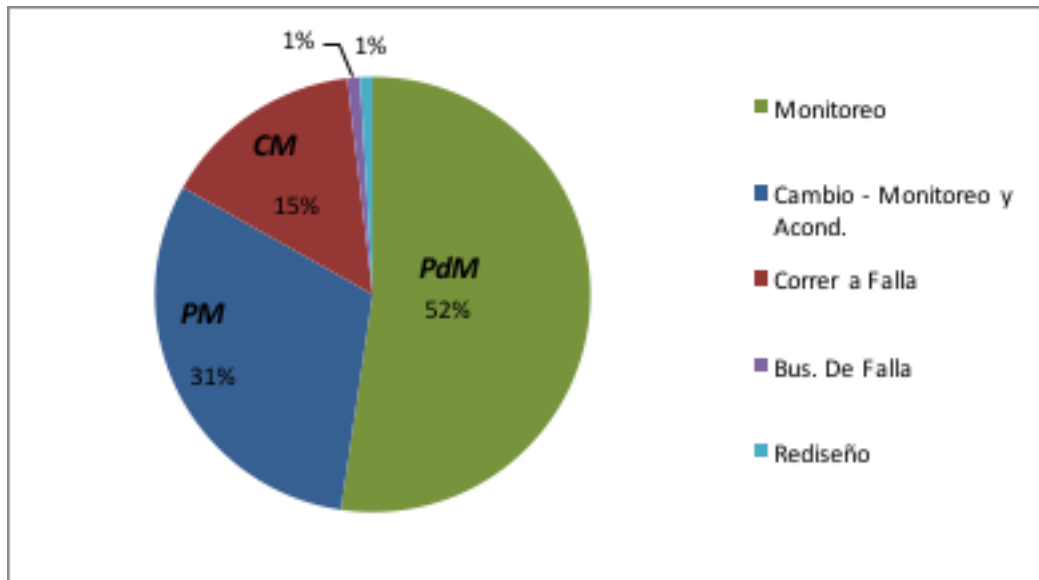
Tipo de Decisión	Monitoreo	56
	Cambio - Monitoreo y Acond.	33
	Correr a Falla	16
	Bus. De Falla	1
	Rediseño	1
	TOTALES	107

Gráfica 1. Clasificación de tipos de decisión según análisis RCM.



Agrupando según tipos de mantenimiento de RCM, se tiene:

Gráfica 2. Tendencias de mantenimiento según tipos de decisión con base en análisis RCM.



De un 100% de los tipos de decisiones (107 decisiones), se obtiene un 52% (56 decisiones) asociadas a Mantenimiento Predictivo – PdM, un 31% (33 decisiones) asociadas a Mantenimiento Preventivo – PM, un 15% (16 decisiones) asociadas a Mantenimiento Correctivo – CM, un 1% (1 decisión) asociada a Mantenimiento Detectivo y un 1% (1 decisión) asociada a Rediseño, lo cual respalda el diseño del plan de mantenimiento.

5.3 MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO BASADO EN PROCESO RCM

De acuerdo a de frecuencias y tolerancias propias de la operación para las actividades de mantenimiento se ajustan tareas de aisladas y se genera el plan de mantenimiento de acuerdo a horas de operación y números de operaciones.

Tabla 11. Ajuste de tipo de decisiones para las tareas de mantenimiento.

		Variable para Frecuencia			Frec. H.O.							Frec. N.O.
		H.O.	N.O.	Sin Variable	12	150	250	500	1000	2000	3000	1
Tipo de Decisión	Monitoreo	46	10			33	2	6	5			10
	Cambio	28					11	3	8	3	3	
	Busq.de Falla	1					1					
	Rediseño			1								
	Monitoreo y Acond.	3	2		3							2
	Correr a Falla			16								
	TOTALES	78	12	17	3	33	14	9	13	3	3	12

Tabla 12. Tareas de mantenimiento cada doce horas de operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
MONITOREO Y REACOND.	Inspeccionar que la presión de la bomba auxiliar por medio de manómetro de Driller's panel se encuentre dentro de los rangos operacionales(1200PSI- 1850PSI). Revisar que la válvula de control de presión de salida de la bomba auxiliar no se encuentre abierta a más de un 1/4 de giro. Validar presión con manómetro de salida en bomba auxiliar (1200PSI- 1850PSI). Si esta fuera de rangos ajustar presión con giro máximo a 1/4 de apertura de la válvula.	1 Perforador, 1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-TD-3.1	OPERANDO	0,25	Si el manómetro presenta condiciones irregulares de funcionamiento, reportar verbalmente a Mecánico.	Si la Válvula en 1/4 de apertura no mantiene presión dentro de rangos, reportar a Mecánico.
MONITOREO Y REACOND.	Inspeccionar que la presión de la bomba auxiliar por medio de manómetro de Driller's panel se encuentre dentro de los rangos operacionales(1200PSI- 1850PSI). Revisar que la válvula de control de presión de salida de la bomba auxiliar no se encuentre abierta a más de un 1/4 de giro. Validar presión con manómetro de salida en bomba auxiliar (1200PSI- 1850PSI). Si esta fuera de rangos ajustar presión con giro máximo a 1/4 de apertura de la válvula.	1 Perforador, 1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-TD-3.2	OPERANDO	0,25	Si el manómetro presenta condiciones irregulares de funcionamiento, reportar verbalmente a Mecánico.	Si la Válvula en 1/4 de apertura no mantiene presión dentro de rangos, reportar a Mecánico.
MONITOREO Y REACOND.	Inspeccionar que la presión de la bomba auxiliar por medio de manómetro de Driller's panel se encuentre dentro de los rangos operacionales(1200PSI- 1850PSI). Revisar que la válvula de control de presión de salida de la bomba auxiliar no se encuentre abierta a más de un 1/4 de giro. Validar presión con manómetro de salida en bomba auxiliar (1200PSI- 1850PSI). Si esta fuera de rangos ajustar presión con giro máximo a 1/4 de apertura de la válvula.	1 Perforador, 1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-TD-3.2	OPERANDO	0,25	Si el manómetro presenta condiciones irregulares de funcionamiento, reportar verbalmente a Mecánico.	Si la Válvula en 1/4 de apertura no mantiene presión dentro de rangos, reportar a Mecánico.

Tabla 13. . Tareas de mantenimiento cada 150 horas de operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-TD-5.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, informar a perforador de estas para deshabilitar la funcion Max torque hasta cuando el cambio se realice.	Reportar verbalmente al Mecanico para programar cambio de manguera.
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema hidráulico auxiliar de la HPU.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-2.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbalmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbalmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado estructural del soporte del tanque (sillin).	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna, galaga pico de loro.	T-HPU-7.0	OPERANDO	0,25	Si evidencia falla estructural en el soporte, Informar al mecánico para que se programe Tarea Correctiva.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de filtrado de la salida de las bombas principales.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-10.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbalmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	

MONITOREO	Inspeccionar estado del cableado y recubrimiento (chaqueta) de cableado eléctrico de la HPU.	1 Electricista; ; Linterna, multímetro.	T-HPU-11.0	OPERANDO	0,75	Si al momento de la inspeccion observa deterioro en el cableado, programar cambio de cableado lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema Del service loop.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-13.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbalmente al Mecanico para programar la reparación de la(s) manguera(s) lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque		T-TD-5.1	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, informar a perforador de estas para deshabilitar la funcion Max torque hasta cuando el cambio se realice.	Reportar verbalmente al Mecanico para programar cambio de manguera.
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-9.0				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-9.1				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-9.2				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-9.3				

MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque ▼	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.4				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.5				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.6				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.7				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.8				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.9				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.10				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.11				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.12				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.13				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.14				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-9.15				

MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas a la funcion de Max torque ▼	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multimetrol, Herramienta de mano	T-TD-9.16				
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.	

MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración. <input type="checkbox"/>	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.
MONITOREO	Inspeccionar estado de las mangueras y/ conexiones asociadas al sistema de refrigeración.	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-6.0	OPERANDO	0,25	Si al momento de la inspeccion observa fugas, Reportar verbarmente al Mecanico para programar cambio de manguera lo mas pronto posible de acuerdo a la operación.

Tabla 14. Tareas de mantenimiento cada 250 horas de operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
CAMBIO	Cambiar filtro de aceite del acople mecánico.	1 Auxiliar De Mantenimiento; Filtro de aceite.; Llave de torquar filtros.	T-HPU-8.0	PARADO	0,5	No olvide registrar la fecha y horómetro de cambio del filtro en la bitacora del	
CAMBIO	Cambiar filtro de aceite de succión de las bombas.	1 Auxiliar De Mantenimiento; Filtro de aceite.; Llave de torquar filtros.	T-HPU-9.0	PARADO	0,5	No olvide registrar la fecha y horómetro de cambio del filtro en la bitacora del	
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-15	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-16	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-19	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-22	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-23	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-35	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-36	PARADO	0,30		
CAMBIO	Cambiar Filtros	1 Auxiliar De Mantenimiento; filtros; Linterna, Llave de filtros	T-HPU-37	PARADO	0,30		

Tabla 15. Tareas de mantenimiento cada 500 horas de operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
CAMBIO	Cambiar kit de sellos mecánicos de la bomba auxiliar.	1 Mecánico y 1 Auxiliar de Mantenimiento; Kit de sellos mecánicos de la bomba auxiliar, grasa ; Herramienta	T-HPU-12.0	OPERANDO	1		
MONITOREO	Inspeccionar estado de Bomba de combustible	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-17	OPERANDO	1,5		
MONITOREO	Inspeccionar estado de Bomba de combustible	1 Auxiliar De Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-18	OPERANDO	1,5		
MONITOREO	Inspeccionar estado y voltajes HMI	1 Electricista; ; Multímetro, Herramienta de mano	T-HPU-24	OPERANDO	0,30		
MONITOREO	Inspeccionar estado y voltajes HMI	1 Electricista; ; Multímetro, Herramienta de mano	T-HPU-25	OPERANDO	0,30		
MONITOREO	Inspeccionar estado y voltajes HMI	1 Electricista; ; Multímetro, Herramienta de mano	T-HPU-29	OPERANDO	0,30		
CAMBIO	Cambiar motor de Arranque	1 Electricista; ; Multímetro, Herramienta de mano	T-HPU-31	PARADO	2,30		
CAMBIO	Cambiar motor de Arranque	1 Electricista; ; Multímetro, Herramienta de mano	T-HPU-32	PARADO	2,30		
MONITOREO	Inspeccionar Estado de Intercambiador de Calor	1 Mecánico y 1 Auxiliar de Mantenimiento; ; Linterna	T-HPU-34	OPERANDO	0,30		

Tabla 16. Tareas de mantenimiento cada 1000 horas de operación.

MONITOREO	Inspeccionar por medio de analisis de vibraciones <input type="checkbox"/>	1 Mecánico y 1 Electricista; ; Multimetro, analizador de Vibraciones,Herramie nta de mano	T-HPU-26	OPERANDO	7		
MONITOREO	Inspeccionar por medio de analisis de vibraciones	1 Mecánico y 1 Electricista; ; Multimetro, analizador de Vibraciones,Herramie nta de mano	T-HPU-27	OPERANDO	7		
MONITOREO	Inspeccionar por medio de analisis de vibraciones	1 Mecánico y 1 Electricista; ; Multimetro, analizador de Vibraciones,Herramie nta de mano	T-HPU-28	OPERANDO	0,30		
CAMBIO	Cambiar ARNES	1 Electricista; ; Multimetro, Herramienta de mano	T-HPU-30	PARADO	2		
CAMBIO	Cambiar alternador	1 Electricista; Alternador; Multimetro, Herramienta de mano	T-HPU-39	PARADO	2,30		
CAMBIO	Cambiar alternador	1 Electricista; Alternador; Multimetro, Herramienta de mano	T-HPU-40	PARADO	2,30		
MONITOREO	Inspeccionar grabber visualmente, verifique operación de open/close y revise si se presentan fugas en el Cilindro que acciona el movimiento de las mordazas.	1 Mecánico y 1 Auxiliar de Mantenimiento; ; Linterna	T-TD-1.1	OPERANDO	0,30		

Tabla 17. Tareas de mantenimiento cada 2000 horas de operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
CAMBIO	Cambiar los dos tubos de alta presión del sistema hidráulico de la HPU.	1 Mecánico y 1 Auxiliar de Mantenimiento; Dos tubos de 6000 PSI de 1 1/2", Teflón. ; Llave inglesa y herramienta de mano.	T-HPU-1.0	PARADO	1	Realizar solicitud de tubería 1 mes previo a la ejecución de la tarea de mantenimiento.	Realizar tarea en movilización o stockout
CAMBIO	Cambiar los dos tubos de alta presión del sistema hidráulico de la HPU.	1 Mecánico y 1 Auxiliar de Mantenimiento; Dos tubos de 6000 PSI de 1 1/2", Teflón. ; Llave inglesa y herramienta de mano.	T-HPU-1.1	PARADO	1	Realizar solicitud de tubería 1 mes previo a la ejecución de la tarea de mantenimiento.	Realizar tarea en movilización o stockout
CAMBIO	Cambiar flowmeters	1 Auxiliar De Mantenimiento; Flowmeter; Herramienta de mano.	T-HPU-8.1	PARADO	0,5	No olvidar registrar la fecha y horómetro de cambio del filtro en la bitacora del sistema	

Tabla 18. Tareas de mantenimiento cada 300 horas de operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
CAMBIO	Cambiar el eje y sellos mecanicos de la Gearbox. Ver procedimiento en Documento 03 Maintenance Guide; Pag 60y Pag 61.	1 Tecnico De Top Drive, 1 Mecanico, 1 Auxiliar De Mantenimiento; Eje de Gearbox, Sellos Mecanicos, aceite, retenedores, Silicona, Grasa; Herramienta de Mano, Torquimetro, diferencial, Extractor	T-TD-4.0	PARADO	24	Realizar tarea en movilización o stockout	
CAMBIO	Cambiar ECU	1 Electricista; ; Multimetro, Herramienta de mano	T-HPU-33	PARADO	1,30		
CAMBIO	Cambiar ECU	1 Electricista; ECU; Multimetro, Herramienta de mano	T-HPU-38	PARADO	1,30		

Tabla 19. Tareas de mantenimiento por cada operación.

TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	RECURSOS	Cod. Tarea	Estado Equipo para Ejecutar Tarea	Duración de la tarea (hr)	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
MONITOREO	Inspeccionar estado estructural de la silla, así como su correcto almacenamiento.	1 cuñero, 1 operador de cargador; ; flexometro, galga pico de loro	T-TD-2.0	OPERANDO	0,5	Si evidencia falla estructural en la silla, Informar a Supervisor para que se programe Tarea Correctiva.	
MONITOREO	Revisar en los momentos de Rig Down la J-Box del Top Drive, Hacer mediciones de continuidad e impedancia en el sistema de control de las funciones roboticas (Electrovalvulas, Conexiones, Cableado, diodas, etc) validar datos con rangos de impedancia de fabricante y tolerancias permitidas para ubicar los posibles componentes con tendencia a falla, cambiarlas y así mantener la disponibilidad.	1 Electricista; Electrovalvulas, Bobinas, Cintas, Diodos, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-3.0	PARADO	4	Realizar la actividad siempre y cuando no se presente lluvia y no exista manera de mitigar esta condición ambiental.	No olvidar diligenciar el formato de Reporte De Mantenimiento En Movilizaciones.
MONITOREO Y REACOND.	Revisar detalladamente el correcto ajuste y/o torque en el Quill del Swivel antes de hacer el prepull (Prearranque del equipo)	1 Supervisor, 1 Tool Pusher; ; Herramienta de mano, linterna, Llaves de Potencia, Compresor, malacate	T-TD-6.0	PARADO	0,75		
MONITOREO	Inspeccionar estado estructural del Torque Bushing, así como su correcto almacenamiento.	1 Supervisor, 1 Operador de cargador; ; flexometro, nivel	T-TD-8.0	PARADO	1	Si evidencia falla estructural en Torque Bushing, programar tarea correctiva con soldador.	
MONITOREO	Inspeccionar Consola de perforador y validar rango de impedancias de los Relays según fabricante, para ubicar los posibles componentes con tendencia a falla y cambiarlos para así mantener la disponibilidad.	1 Electricista; Relays, cinta, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-9.0	PARADO	4	Realizar la actividad siempre y cuando no se presente lluvia y no exista manera de mitigar esta condición ambiental.	No olvidar diligenciar el formato de Reporte De Mantenimiento En Movilizaciones.
MONITOREO	Inspeccionar durante la operación de RIG UP que la conexión macho hembra de 37 pines del cable de las señales de control del main panel al driller's panel quede apropiadamente conectado (todos los hilos de la rosca del conector macho queden enroscados en el conector hembra).	1 Electricista; ; Linterna	T-HPU-3.0	PARADO	0,25	No delegar esta tarea a personal ayudante.	Incluir en las observaciones del prepull (Prearranque del equipo) que esta conexión quedó hecha apropiadamente.
MONITOREO	Revisar en los momentos de Rig Down la J-Box del Top Drive, Hacer mediciones de continuidad e impedancia en el sistema de control de las funciones roboticas (Electrovalvulas, Conexiones, Cableado, diodas, etc) validar datos con rangos de impedancia de fabricante y tolerancias permitidas para ubicar los posibles componentes con tendencia a falla, cambiarlas y así mantener la disponibilidad.	1 Electricista; Electrovalvulas, Bobinas, Cintas, Diodos, Terminales; Multímetro, Herramienta de mano	T-TD-3.1	PARADO	4	Realizar la actividad siempre y cuando no se presente lluvia y no exista manera de mitigar esta condición ambiental.	No olvidar diligenciar el formato de Reporte De Mantenimiento En Movilizaciones.

MONITOREO	Revisar en los momentos de Rig Down la J-Box del Top Drive, Hacer mediciones de continuidad e impedancia en el sistema de control de las funciones roboticas (Electrovalvulas, Conexiones, Cableado, dioderas, etc) validar datos con rangos de impedancia de fabricante y tolerancias permitidas para ubicar los posibles componentes con tendencia a falla, cambiarlas y asi mantener la disponibilidad.	1 Electricista; Electrovalvulas, Bobinas, Cintas, Diodos, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-3.2	OPERANDO	0,25	Si el manometro presenta condiciones irregulares de funcionamiento, reportar verbalmente a Mecanico.	Si la Valvula en 1/4 de apertura no mantien presion dentro de rangos, reportar a Mecanico.
MONITOREO	Revisar en los momentos de Rig Down la J-Box del Top Drive, Hacer mediciones de continuidad e impedancia en el sistema de control de las funciones roboticas (Electrovalvulas, Conexiones, Cableado, dioderas, etc) validar datos con rangos de impedancia de fabricante y tolerancias permitidas para ubicar los posibles componentes con tendencia a falla, cambiarlas y asi mantener la disponibilidad.	1 Electricista; Electrovalvulas, Bobinas, Cintas, Diodos, Terminales; Multimetro, Herramienta de mano	T-TD-3.3	OPERANDO	0,25	Si el manometro presenta condiciones irregulares de funcionamiento, reportar verbalmente a Mecanico.	Si la Valvula en 1/4 de apertura no mantien presion dentro de rangos, reportar a Mecanico.
MONITOREO	Inspeccionar estado estructural del Torque Bushing, asi como su correcto almacenamiento.	1 Supervisor, 1 Operador de cargador; ; flexometro, nivel	T-TD-8.1	PARADO	1	Si evidencia falla estructural en Torque Bushing, Iprogramar tarea correctiva con soldador.	
MONITOREO Y REACOND.	Revisar detalladamente el correcto ajuste y/o torque en el Quill del Swivel antes de hacer el prepull (Prearranque del equipo)	1 Supervisor, 1 Tool Pusher; ; Herramienta de mano, linterna, Llaves de Potencia, Compresor, malacate	T-TD-6.1	PARADO	0,75		
MONITOREO	Inspeccionar durante la operaci3n de RIG UP que la conexi3n macho hembra de 37 pines del cable de las se1ales de control del main panel al driller's panel quede apropiadamente conectado (todos los hilos de la rosca del conector macho queden enroscados en el conector hembra).	1 Electricista; ; Linterna	T-HPU-3.1	PARADO	0,25	No delegar esta tarea a personal ayudante.	Incluir en las observaciones del prepull (Prearranque del equipo) que esta conexi3n qued3 hecha apropiadamente.

6. CONCLUSIONES

La creación de este plan de mantenimiento basado en el proceso RCM, nos permite tipificar el tipo de mantenimientos que se deben realizar así como valorar el trabajo correctivo que se hace en algunas de ellas para las cuales la mejor decisión por el momento sigue siendo dejar correr a falla.

En cuanto a la metodología empleada para el diseño desarrollado por medio de la resolución de las 7(siete) preguntas planteadas se puede afirmar que es de vital importancia el uso correcto y apropiado del diagrama de decisión el cual se convierte en un pilar de la construcción del modelo de plan de mantenimiento. Esto acompañado de un personal especialista y conocedor del equipo siendo cuestionado correctamente por el facilitador logran un excelente resultado de toma de decisión que permiten generar la matriz de fallas funcionales Potenciales.

Después de ajustes operativos y análisis de datos se logra un plan de mantenimiento viable que mostrar las ventajas de costo-beneficio al realizar el símil con el plan que se está llevando a la fecha.

Para lograr el éxito de este plan es de vital importancia mantener su alimentación y análisis de fallas funcionales, modos y efectos de causa, logrando generar una data que permita llevar indicadores asociados a la operación y el mantenimiento.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante que de la mano de la implementación del plan de mantenimiento propuesto, se vayan tomando y registrando los parámetros de operación y mantenimiento del equipo como lo son: Tiempo útil de funcionamiento correcto del equipo (Up time), tiempo no operativo (Down time), tiempo hasta fallar (TTF), tiempo entre fallas (TBF), tiempo que demora la reparación del equipo (TTR), número de fallas (n), número de evento de tiempos útiles (m), MTTR y MTTF, tiempo de retrasos administrativos (ADT), retrasos logísticos (LDT'); Con el fin de llevar los indicadores propios para un análisis RAM (Reliability Availability Maintenance) o también conocido CMD (Confiabilidad Mantenibilidad Disponibilidad) el cual es el paso siguiente a nivel estratégico para el equipo de mantenimiento y así garantizar la mejora continua al plan.
- Así mismo se puede repotenciar esta herramienta del plan de mantenimiento integrando estas tareas con una correcta gestión e implementación del plan de mantenimiento a todos los equipos del Rig tomando este como piloto, observando su desarrollo y resultados determinando un plazo de estudio. Si este logra mostrar los resultados esperados se debe integrar al CMMS y gestionar para la implementación de un proceso RCM en todo el Rig

BIBLIOGRAFÍA

CARCEL, Francisco. La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial. Valencia: OmniaScience, 2014. ISBN: 978-84-941872-7-8.

DESHPANDE, V.S. y MODAK, J.P. Application of RCM to a medium scale industry. México: Elsevier, 2001.

GESTIOPOLIS. RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. [Sitio web]. [Fecha de consulta: noviembre 22 de 2016]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>

GONZÁLEZ, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: FC Editorial, 2005.

INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO. Plan de mantenimiento basado en RCM. [Sitio web]. [Fecha de consulta: noviembre 7 de 2016]. Disponible en: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>

MOLINA, Francisco. Instalación y mantenimiento de servicios de redes locales. México: Ra-Ma editorial, 2007. p. 137.

MOUBRAY John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. Asheville: Aladon Ltda., 2004.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Reliability centered maintenance guide for facilities and collateral equipment. [En línea]. [Fecha de

consulta: noviembre 20 de 2016]. Disponible en:
<https://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/RCMGuideMar2000.pdf>

ORTÍZ, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2016.

ANEXOS

Anexo A. Documentación referente al desarrollo y planteamiento de los diferentes formatos del presente trabajo.

El anexo corresponde a un archivo en formato Excel que deberá ser consultado en el CD del Departamento de Biblioteca de la Universidad Industrial de Santander.