

**ACTUALIZAR LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS Y
COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE
OPERACIONES CASTILLA CHICHIMENE A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE
CONFIABILIDAD**

**JOSE LEONARDO PEREZ
CARLOS ALBERTO GIRALDO DUARTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

**ACTUALIZAR LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS Y
COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE
OPERACIONES CASTILLA CHICHIMENE A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE
CONFIABILIDAD**

**JOSE LEONARDO PEREZ
CARLOS ALBERTO GIRALDO DUARTE**

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**Director: Javier García
Coordinador de Ingeniería y Confiabilidad de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La empresa ECOPETROL S.A., por el apoyo y el tiempo brindado para la ejecución de la Especialización.

Al Ingeniero Javier García por el compromiso y dirección de esta monografía.

Al Ing. Holger Velandia Jagua por su disposición como coordinador del programa de Especialización y diligencia en la respuesta de solicitudes académicas.

Al cuerpo docente de la Universidad Industrial de Santander por el conocimiento compartido.

A todos los compañeros de la especialización.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. TECNICAS DE CONFIABILIDAD PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO..	15
1.1 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ - ACR	15
1.1.1 Tipos de falla o problema.....	15
1.1.2 Frecuencia de la falla.....	15
1.1.3 Consideraciones generales de un ACR	15
1.1.4. Conceptos fundamentales para realizar un Análisis de Causa Raíz – ACR –	16
1.1.5 Justificación para realizar un ACR	16
1.1.6 Etapas para implementar un ACR	16
1.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD - RCM.....	20
1.2.1 Historia del RCM.....	20
1.2.2 Utilidad del RCM.....	21
1.2.3 Siete preguntas basicas del proceso RCM según la norma SAE JA1011	21
1.2.4. Distintos tipos de mantenimiento	24
1.3 DESCRIPCION DE ORGANIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO MULTIDISCIPLINARIOS PARA REALIZAR TALLERES DE RCM - ACR.....	29
2. HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO	30
2.1 ADMINISTRACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN – SISTEMA COMPUTARIZADO DE MANEJO DEL MANTENIMIENTO -CMMS-.....	30
2.1.1 Las ordenes de trabajo	30
2.1.2 Gestión de activos	30
2.1.3 El control de inventarios.....	31
2.1.4. Seguridad	31
2.2. CBM	31
2.2.1. Pruebas estandar a los transformadores	33
2.2.2. Termografía.....	33
2.2.3. Análisis de aislamiento e indice de polarizacion a motores con equipo megger ó MCEmax.....	34
3. FILOSOFÍA DE SISTEMAS Y GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	36
4. DESARROLLO DE LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	37
4.1 ACTUALIZACIÓN DEL ARBOL DE EQUIPOS	37
4.2 RCM DE EQUIPOS Y COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES CASTILLA CHICHIMENE	37
4.2.1 Redes y subestaciones.....	37

4.2.2 Disposal	41
4.2.3 Estación Castilla 2	43
4.2.4 Estación Acacias 1.....	55
4.2.5 Estación Chichimene	58
4.3 BALANCE DE RECURSOS POR ÁREA	61
4.3.1 Área Redes.....	61
4.3.2 Área Eléctrica	61
4.3.3 Área CBM Eléctrico.....	61
4.4 ESTANDAR JOBS Y MST's.....	61
4.4.1 Área Redes.....	62
4.4.2 Área Eléctrica	62
4.4.3 Área CBM Eléctrico.....	64
CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de los sistemas de Redes y Subestaciones	38
Tabla 2. Análisis de los sistemas de DISPOSAL	42
Tabla 3. Análisis de los sistemas de Estación Castilla 2.....	43
Tabla 4. Análisis de los sistemas de Estación Acacias 1	55
Tabla 5. Análisis de los sistemas de Estación Chichimene	59

GLOSARIO

ACR: Análisis de Causa Raíz, es la metodología usada para identificar factores causales de las fallas, relacionados con gente, procesos y tecnología, con el objeto de erradicar sus causas raíces, eliminando en forma definitiva su recurrencia

Backlog: Son todas las órdenes de trabajo que se encuentran abiertas y que no han sido tratadas por ejecución.

Causas de falla: Factor que originó una falla o avería.

CBM: Mantenimiento Basado en la Condición (CBM), o monitorización del estado, es una estrategia de mantenimiento consistente en medir una variedad de parámetros de las máquinas con carácter periódico, tales como vibración, temperatura, presión, caudal, etc, para determinar su condición.

Componentes: Materiales o repuestos necesarios en una operación de mantenimiento.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que los equipos o procesos funcionen sin fallar, cuando son operados correctamente, por un intervalo dado de tiempo, bajo unas condiciones establecidas.

Disponibilidad: Indicador de mantenimiento, que corresponde al porcentaje del tiempo que un equipo o ubicación técnica está disponible para operación.

ECOPETROL S.A.: Empresa Colombiana de Petroleos S.A.

EFFECTOS DE FALLA: es un breve descripción de "qué pasa cuando la falla ocurre". Deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse.

Equipo: Medio físico utilizado para prestar un servicio a la materia prima y/o un requerimiento.

Estrategia de Mantenimiento: define las normas para la secuencia de trabajo de mantenimiento planificado en el componente de aplicación Mantenimiento (PM). Contiene paquetes de mantenimiento en los cuales se determina la información de la frecuencia con la cual debería realizarse el trabajo individual y otros datos que influyan la programación

Índice de Backlog: Indicador de mantenimiento que corresponde al número de semanas necesarias para que con el recurso de mano de obra actual se realicen las ordenes de trabajos pendientes.

Inspección: Examinar, verificar y / o establecer condiciones y estados de un equipo.

Instrucciones de mantenimiento: Instrucciones detalladas de cómo ejecutar una operación de mantenimiento. (En el software recibe el nombre de texto explicativo).

MODOS DE FALLA: Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla.

MTBF: Media Time Between to Failure. Tiempor Promedio Entre Fallas.

MTTR: Media Time to Repair. Tiempo Promedio para Reparar.

Orden de trabajo: Documento que se emite para ordenar la ejecución de un trabajo y en el que se consignan los recursos, repuestos, costos planeados y causados, las operaciones de mantenimiento y su fecha de ejecución.

Prioridad: Es el código por medio del cual se informa la urgencia que tiene el equipo para que se realice el trabajo.

Procedimiento: Una manera especificada de efectuar una actividad.

Proceso: Un conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforma entradas en salidas.

RCM: Reliability-Centred Maintenance por sus siglas en inglés , ó Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) . Es la filosofía de gestión del mantenimiento que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, en función de que tan crítico son los activos

Registro: Un documento que suministra evidencia objetiva de las actividades efectuadas o de los resultados alcanzados, y que se puede escribir o almacenar en cualquier medio de soporte de datos.

Reuniones de Grupo: Son las que se realizan periódicamente y en las que se tratan temas escogidos y preparados previamente y referidos a Seguridad, Higiene, Salud, Ambiente y Calidad.

Riesgo: Combinación de la probabilidad y la(s) consecuencia(s) de que ocurra un evento peligroso específico.

SCC: Superintendencia de Operaciones Castilla Chichimene, tiene jurisdicción en Castilla la Nueva, Guamal y Acacias, campo productor de crudo de operación directa de Ecopetrol S.A.

Sistema: División Funcional de una Fase o Subfase, la cual agrupa un conjunto de equipos que prestan un servicio específico para la transformación y/o servicio de la materia prima o un requerimiento.

Tarea: Conjunto de actividades que se necesitan ejecutar dentro de un determinado Procedimiento de Operación.

Tarea Crítica: Es una sección de trabajo, una asignación específica de trabajo, un conjunto de acciones que se necesitan para completar un objetivo específico de trabajo, el cual si no hace de forma apropiada representa peligro para las personas.

Técnico (Mantenedor): Personal de mantenimiento encargado de realizar los trabajos de reparación, inspección y evaluación de los equipos.

RESUMEN

TITULO: ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES CASTILLA CHICHIMENE A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD.ⁱ

AUTORES: JOSE LEONARDO PEREZ, CARLOS ALBERTO GIRALDO DUARTE.ⁱⁱ

PALABRAS CLAVES: SISTEMAS, GESTIÓN, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, PREDICTIVO, PROACTIVO, CAUSA RAÍZ.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: Esta monografía desarrolla un modelo sistemático de gestión de mantenimiento proactivo basado en la técnica de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM – y así realizar la estrategia de mantenimiento para los equipos y componentes eléctricos de la Superintendencia de Operaciones Castilla Chichimene –SCC –, logrando dar cumplimiento a los objetivos de producción planeados y poder garantizar una alta confiabilidad operacional cumpliendo las políticas corporativas de Ecopetrol S.A.

Con la estrategia de mantenimiento propuesta será posible mejorar los indicadores del lifting cost del barril a través de la ejecución y seguimiento anual de la estrategia de mantenimiento y de los otros tipos de mantenimiento (mejorativos, correctivos y por oportunidad) que sean ejecutados durante ese periodo de tiempo, optimizando el gasto y el tiempo por la no ejecución de actividades correctivas; mejorando así los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de equipos.

Con la implementación de la estrategia se espera generar un impacto positivo en los costos de mantenimiento, reducir el factor de riesgo en la operación, minimizar las pérdidas de tiempo, optimizar el talento humano, elevar el nivel de apreciación por los activos y registrar información relevante en el CMMS.

Se podrá evaluar los impactos positivos de la estrategia de mantenimiento a través del seguimiento semanal de indicadores de cumplimiento de estrategia, workload, backlog, mantenimiento proactivo vs mantenimiento reactivo.

ⁱ Proyecto de grado

ⁱⁱ Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Javier García.

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE STRATEGY FOR ELECTRICAL EQUIPMENT AND OPERATIONS SUPERINTENDENT OF CASTILLA CHICHIMENE THROUGH RELIABILITY TOOLSⁱⁱⁱ

AUTHORS: JOSE LEONARDO PEREZ, CARLOS ALBERTO GIRALDO DUARTE.^{iv}

KEYWORDS: SYSTEMS, MANAGEMENT, MAINTENANCE, RELIABILITY, MAINTAINABILITY, PREDICTIVE, PROACTIVE ROOT CAUSE.

SUBJECT OR DESCRIPTION: This paper develops a systematic model of proactive maintenance management technique based on Reliability Centered Maintenance - RCM - and perform the maintenance strategy for equipment and electrical components of the Superintendent of Operations Castilla Chichimene - SCC -, achieving comply to planned production targets and to ensure high operational reliability in compliance with corporate policies Ecopetrol SA

With the proposed maintenance strategy will be improved indicators barrel lifting cost through implementation and annual monitoring of the maintenance strategy and other types of maintenance (optimization, corrective and opportunity) to be executed during that period time, optimizing the cost and time by not implementing corrective activities, improving the indicators of reliability and availability of equipment.

With the implementation of the strategy is expected to generate a positive impact on maintenance costs, reduce risk factor in the operation, while minimizing losses, optimizing human talent, raise the level of appreciation for the assets and record relevant information in the CMMS.

It may assess the positive impacts of the maintenance strategy by tracking weekly strategy performance indicators, workload, backlog, proactive vs. reactive maintenance maintenance.

¹ Monograph

¹ Physical Mechanical Engineering Faculty. School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Javier García.

INTRODUCCIÓN

El departamento de mantenimiento de la Superintendencia de Operaciones Castilla Chichimene – SCC - tiene implementada una estrategia de mantenimiento de equipos y componentes para cada una de sus áreas (eléctrica, mecánica, de instrumentación y control, y de redes y subestaciones eléctricas); buscando mantener una alta confiabilidad operacional y la mayor disponibilidad de los mismos.

Dicha estrategia fue desarrollada mediante la aplicación del método Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM- desde hace 3 años con una población de equipos inferior a la actual y que está creciendo en grandes proporciones gracias al desarrollo del campo en búsqueda de incrementos de producción. El reto es cada día mayor dado que para aquella época se tenía una producción de 45.000 barriles y hoy vamos en 165.000 barriles ante una meta para 2015 de 210.000 barriles producción día.

Hasta el momento no se ha realizado una actualización de la estrategia implementada en el área eléctrica y sus consecuencias se ven reflejadas en las fallas continuas de los equipos sin estrategia, la baja disponibilidad de los procesos que incrementan la diferida de producción de crudo.

La energía eléctrica es entonces factor indispensable para los procesos de producción y tratamiento de crudo. En la SCC existen líneas de transmisión, redes de distribución y usuarios finales que día a día están creciendo y deben soportar el incremento de la carga de manera segura y confiable.

Con esta monografía se quiere actualizar y optimizar la estrategia de mantenimiento para los equipos y componentes eléctricos de la SCC con la utilización de herramientas de gestión de mantenimiento y técnicas de confiabilidad para dar cumplimiento a los objetivos de producción planeados y poder garantizar una alta confiabilidad operacional cumpliendo las políticas corporativas de Ecopetrol S.A

1. TECNICAS DE CONFIABILIDAD PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO

1.1 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ - ACR

La definición de ACR ó Análisis de Causa Raíz, es la metodología usada para identificar factores causales de las fallas, relacionados con gente, procesos y tecnología, con el objeto de erradicar sus causas raíces, eliminando en forma definitiva su recurrencia. Esta herramienta es usada para ayudar a determinar qué pasó durante un evento no deseado (falla, problema o incidente en particular), cómo pasó y entender por qué pasó.

El ACR es una metodología de tipo deductivo y centra su atención en las llamadas fallas crónicas o recurrentes, llamados también “problemas”. La solución a dichos problemas redundará en disminución inmediata del riesgo de ocurrencia de “eventos catastróficos o mayores “, ya que estos tienen SIEMPRE su origen en causa comunes a los problemas crónicos.

1.1.1 Tipos de falla o problema

- Fallas en componentes , equipos o sistemas
- Desviaciones operacionales, pérdidas de eficiencia
- Problemas administrativos, médicos u otros
- Efectos en la seguridad, higiene y ambiente

1.1.2 Frecuencia de la falla

Las fallas se pueden evidenciar por:

- Fallas o eventos aislados de alto impacto y por ende se tiende a poner mayor atención
- Fallas crónicas o recurrentes y es donde normalmente se destruye más valor

1.1.3 Consideraciones generales de un ACR

- Debe ser un proceso que permita ser soportado en evidencias y hechos
- Las causas y soluciones a problemas complejos rara vez son obvios
- Si hay un proceso documentado y estructurado se aseguran las soluciones directamente ligadas a la causa raíz.
- No hay que delimitarse solamente a las causas técnicas
- No se debe buscar a quien culpar, sino cuál es la Causa para enfocarse en la búsqueda de soluciones efectivas

1.1.4. Conceptos fundamentales para realizar un Análisis de Causa Raíz – ACR –

A continuación se relacionan un par de conceptos fundamentales para adentrarnos en la realización de un Análisis de Causa Raíz – ACR

- **FALLA:** Según la norma ISO 14224 es la terminación de la capacidad de un ítem para desempeñar una función requerida
- **FALLA FUNCIONAL:** según la norma SAE-JA1012, es un estado en que un activo físico o sistema se encuentra indisponible para ejercer una función específica a un nivel de operatividad deseado
- **MODO DE FALLA (EVIDENCIA):** según la norma ISO 14224 se define como un efecto por el cual una falla es observada en un ítem fallado. La norma SAE-JA1012 define el modo de falla como un evento único que causa una falla funcional. Un ejemplo de modo de falla es bomba trabada, altas vibraciones, fuga por sellos mecánicos, alta temperatura de rodamientos, etc.
- **CAUSA DE FALLA (CAUSA RAIZ):** según la norma ISO 14224 son las circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, usos y mantenimiento, las cuales hayan conducido a una falla.
- **FALLA CRONICA:** son aquellas que ocurren una o otra vez, a veces se aceptan como normales , llevando poco tiempo para ser corregidas
- **FALLAS ESPORADICAS:** son aquellas fallas que ocurren esporádicamente , crean caos cuando aparecen ya que tiene alto impacto en el negocio, seguridad o medio ambiente, ocurren con poca frecuencia, cuestan mucho dinero, son altamente visibles y consumen mucho tiempo para volver a su estado normal.
- **CONFIABILIDAD:** es la probabilidad de que los equipos o procesos funcionen sin fallar, cuando son operados correctamente , por un intervalo dado de tiempo, bajo unas condiciones establecidas.

1.1.5 Justificación para realizar un ACR

Luego de ocurrida una falla la cual impacta de manera significativa a la empresa, se utilizar la herramienta del ACR para disminuir los “malos actores”, los cuales son los incidentes y fallas en equipos individuales costosos que son repetitivos.

1.1.6 Etapas para implementar un ACR

Para optimizar una implementación de un ACR hay siete etapas que se enuncian a continuación:

1.1.6.1 Etapa 1: Recopilación y tratamiento de datos y jerarquización del problema

Se debe recopilar una información requerida en la cual se debe tener en cuenta la descripción del problema según los eventos que se van presentando en la líneas del tiempo. Para recolectar la información requerida se debe tener en cuenta:

- Instalación o equipo
- Descripción de la falla
- Fecha en que ocurrió la falla
- Antecedentes de fallas similares
- Acciones correctivas de la falla
- Costos de reparación
- Tiempo fuera de operación
- Producción diferida
- Impacto en seguridad y ambiente

El dato o información es muy importante ya que nos ayuda en la toma de decisiones, por ello se debe analizar : qué datos se requieren, en qué forma se requieren, en qué momento serán requeridos y como debe ser generada la información. Por ello es tan importante disponer siempre de una información estadística confiable y actualizada del dato; que tenga siempre un suministro, este correctamente recolectada, ordenada y preservada para cuando se requiera. Luego de obtener los datos se podrá jerarquizar los problemas evidenciados según su impacto en Seguridad, población, ambiente y finalmente por producción y daños a las instalaciones, ya que su impacto económico es cuantificable.

Para realizar la jerarquización de los problemas se requiere de la siguiente información:

- Producción diferida asociada a eventos
- Datos de frecuencia de fallas
- Impacto en seguridad y ambiente
- Costos de mantenimiento correctivo

Luego de analizar y comparar matemáticamente, se determinará el impacto a la producción, el impacto a la instalación y el costo de mantenimiento . Posteriormente se calculará el riesgo asociado a cada falla y se determina cual es de mayor riesgo y así se jerarquizan las fallas o problemas

1.1.6.2 Conformación del equipo de trabajo:

El equipo de trabajo debe estar conformado por trabajadores con ámbito o competencia sobre los problemas y debe ser multidisciplinario, con la facilidad de

dar su concepto en el momento que le sea solicitado según su especialidad y debe estar compuesto por:

- Un facilitador o asesor de la metodología
- Un líder del ACR
- Unos analistas o especialistas de mantenimiento –operaciones-planeación ó Ingeniero de procesos
- Unos integrantes especiales en áreas específicas- o fabricantes

1.1.6.3 Desarrollo de ACR

La aplicación de metodología del ACR inicia por los equipos de alta criticidad y media criticidad, si se presentan equipos donde solo hay baja criticidad se realizará ACR a aquellos que presenten fallas recurrentes , iniciando por los que presentan mayor cantidad de fallas o mayor impacto. Para desarrollar el ACR Lo primero que hay que hacer es el Planteamiento del Problema o definición del problema:

1.1.6.4 Planteamiento del problema: plantear correctamente el problema o realizar el enunciado del problema , en sí el problema es lo que causa la pérdida, es el dolor y no debe hacerse referencia a la posible causa. Un problema bien planteado es un problema mitad resuelto.

Ejemplos de planteamientos del problema:

- “Fallas recurrentes bombas AP7201A” y no “ Problemas de cavitación bombas AP7201A”
- “Fallas de separación en tambor “ y no “ Formación de espuma en Tambor”

Para realizar adecuado planteamiento del problema se debe analizar: cuál es el problema; cual es la historia del problema; dónde ocurrió el problema; El impacto estimado.

Ejemplo de definición del problema:

- Cuál es el problema: Fallas recurrentes bombas de lodo AP7201A/B
- Cuál es la historia del problema: Inician operación en 1998, sin problemas.

En año 2002 falla la AP7201A, se repara el taller y las fallas se vuelven recurrentes, A partir del 2002 falla la AP7201A y desde el 2003 falla la AP7201Bluego de repararlas en taller.

- Dónde : ocurrió el problema: Solo en este tipo de bombas, no ocurre en el resto de las bombas en servicio similares
- El impacto estimado:

Seguridad: existe potencialidad de fugas por fallas recurrentes en las bombas

Ambiente: Si, fugas continuas de gases tóxicos por falla en sellos mecánicos

Producción: riesgo: 50.000 USD/año

Costos de mantenimiento: 180.000 USD/año

Frecuencia: 12 fallas /año entre las dos bombas

1.1.6.5 Análisis causa efecto y ponderación de posibles causas

Se realiza un diagrama de análisis de causa efecto la cual es una herramienta de la metodología de ACR para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial, desde el evento o problema y a través de los diferentes modos de falla, encontrando las causas raíces del evento o problema.

Para construir el diagrama de causa- efecto , se debe enunciar el problema o evento claramente, luego se designan los posibles modos de falla con su respectiva jerarquización , luego se realizan los desarrollos de las posibles causas o hipótesis de cada modo de falla realizando un desglose hacia abajo realizando la pregunta de porqué para llegar a la hipótesis última ; luego se valida cada hipótesis con distintas técnicas según sea el caso: pruebas de campo, verificación de tendencias, análisis de laboratorio, análisis de falla por expertos. Así se llega a las causas raíces físicas, causas raíces humanas y causas raíces latentes ; estas últimas son de acción particular y de acción organizacional y es a donde se debe llegar a las causas raíces latentes.

En resumen el árbol de los por qué se realiza para:

- Presentar en forma gráfica, estructurada y sistemática la lógica de lo ocurrido.
- Identificar el evento y las evidencias de lo ocurrido.
- Identificar las hipótesis y verificarlas para descartarlas o convertirlas en causas.
- Identificar los niveles de las fallas de los elementos y/o componentes también llamados causas directas.
- Identificar los niveles de fallas humanas o causas intermedias también llamadas causas humanas.
- Identificar los niveles de la causa raíz que representan las deficiencias del sistema - organización.

Unas sugerencias valiosas al realizar un ACR es no centrarse únicamente en las causas técnicas, delimitar hasta donde se quiere llegar con el análisis y no buscar culpables, se debe enfocar en búsqueda de soluciones efectivas.

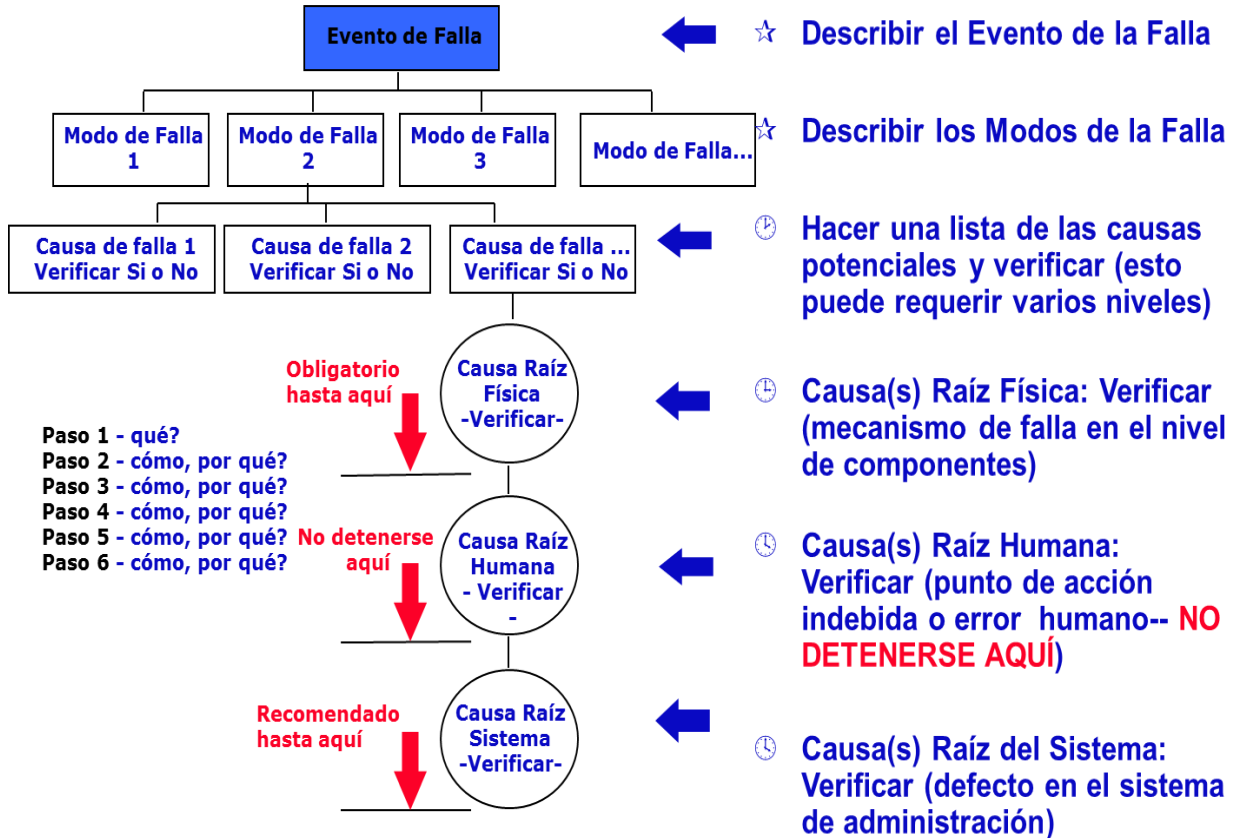


Diagrama 1. Análisis de la Falla y Verificación de la Causa Raíz

Fuente: Memorias de Curso ACR de Ecopetrol

1.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD - RCM

Un ejemplo la definición de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability-Centred Maintenance (RCM) es el dado por el especialista Antony Smith es: "Filosofía de gestión del mantenimiento, que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, en función de que tan crítico son los activos ". El RCM es una metodología probada para desarrollar estrategias de mantenimiento efectivas.

1.2.1 Historia del RCM

El RCM se desarrolló en los años 60 en la industria comercial de la aviación, fue adoptado en los años 70's por la defensa de EUA; en 1984 fue identificado por EPRI como un candidato para el uso en plantas eléctricas nucleares; en los años 90's se aplicaron en gran escala a plantas eléctricas de carbón y actualmente está siendo aplicado por muchas plantas petroquímicas, industrias manufactureras y papeleras.

1.2.2 Utilidad del RCM

La filosofía del RCM organiza y documenta usando el sentido común para determinar las actividades del mantenimiento Proactivo, se basa en un sistema de mantenimiento funcional, identifica la importancia de los equipos para su función en el sistema y desarrolla mantenimiento Proactivo/Predictivo (Basado en condición); adicionalmente acepta "Run to failure" o funcionamiento hasta la falla.

Con el RCM se realiza una gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas del mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de falla de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

El RCM se utiliza generalmente para lograr mejoras en campos tales como el establecimiento de niveles mínimos de seguridad de mantenimiento, cambios en los procedimientos operativos y las estrategias y el establecimiento de regímenes de mantenimiento de capital y planes. La implementación exitosa del RCM dará lugar a una mayor eficacia de costos, el tiempo de funcionamiento de la máquina, y una mayor comprensión del nivel de riesgo que la organización está actualmente administrando.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es un proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico, para ello se utiliza la norma SAE JA1011, (Criterios de Evaluación de Procesos de RCM); en la cual especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM.

1.2.3 Siete preguntas basicas del proceso RCM según la norma SAE JA1011

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

Para entrar en contexto operacional y 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. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción y 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, etc.), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

1.2.3.1 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 en un análisis de RCM, todas las funciones deseadas deben ser listadas.

1.2.3.2 Fallas funcionales o estados de falla

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 un problema trivial.

1.2.3.3 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 en 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 podría hacerse para manejarla adecuadamente: lubricación, análisis de vibraciones, etc. En algunos casos, sí puede ser adecuado listar el modo de falla como: "falla en rodamiento", según el contexto en el que trabaje el activo, es importante conocer bien el contexto operacional.

1.2.3.4 Los efectos de falla

Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El "efecto de falla" es un 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 "pérdidas de ventas".

Los efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse.

1.2.3.5 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, 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.

1.2.3.6 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.

1.2.3.7 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.).

1.2.3.8 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).

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 está para aliviar. Este tipo de fallas se denominan fallas ocultas, dado que requieren de otra falla para volverse evidentes.

1.2.4. Distintos tipos de mantenimiento

Existen cuatro tipos de mantenimiento distintos:

- _Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- _Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- _Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la falla.
- _Mantenimiento detectivo o "búsqueda de fallas".

1.2.4.1 Mantenimiento predictivo o a condición

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por

ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones, monitoreos (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. Es decir, debe haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

1.2.4.2 El mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico)

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o retrabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente.

Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una turbina, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

1.2.4.3 El mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura

Si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparará la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento conviene cuando el costo de la falla (directos indirectos) es menor que el costo de la prevención, o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo. Esta opción solo es válida en caso que la falla no tenga consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente. Caso contrario, es obligatorio hacer algo para reducir o eliminar las consecuencias de la falla.

1.2.4.4 El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean

necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas. Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo.

1.2.4.5 Selección del tipo de mantenimiento adecuado

En el RCM, la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de consecuencias a la que pertenece la falla.

- A. Para fallas con consecuencias ocultas, la tarea óptima es aquella que consigue la disponibilidad requerida del dispositivo de protección.
- B. Para fallas con consecuencias de seguridad o medio ambiente, la tarea óptima es aquella que consigue reducir la probabilidad de la falla hasta un nivel tolerable.
- C. Para fallas con consecuencias económicas (operacionales y no operacionales), la tarea óptima es aquella que minimiza los costos totales para la organización.

En promedio, al realizar un análisis RCM se ve que las políticas de mantenimiento se distribuyen de la siguiente forma:

30% de las fallas manejadas por mantenimiento predictivo (a condición), otro 30% por mantenimiento detectivo, alrededor de 5% mediante mantenimiento preventivo, 5% de rediseños, y aproximadamente 30% mantenimiento correctivo. Esto muestra efectivamente que una de las máximas del TPM (Total Productive Maintenance) que dice que: "todas las fallas son malas y todas deben ser prevenidas", es de hecho equivocada: solo deben ser prevenidas aquellas que convenga prevenir, en base a un cuidadoso análisis costo-beneficio.

1.2.4.6 Frecuencia de tareas a condición (mantenimiento predictivo)

Para que una tarea a condición sea posible, debe existir alguna condición física identificable que anticipe la ocurrencia de la falla. Por ejemplo, una inspección visual de un elemento solo tiene sentido si existe algún síntoma de falla que pueda detectarse visualmente. Además de existir un claro síntoma de falla, el tiempo desde el síntoma hasta la falla funcional debe ser suficientemente largo para ser de utilidad. La frecuencia de una tarea a condición se determina entonces en función del tiempo que pasa entre el síntoma y la falla. Por ejemplo, si se está evaluando la conveniencia de chequear ruido en los rodamientos de un motor, entonces la frecuencia va a estar determinada por el tiempo entre que el ruido es

detectable, y que se produce la falla del rodamiento. Si este tiempo es de, por ejemplo, dos semanas, entonces la tarea debe hacerse a una frecuencia menor, para asegurarse de esta forma que la falla no ocurra en el tiempo entre chequeos sucesivos. El mismo razonamiento debe seguirse para cualquier tarea predictiva.

1.2.4.7 Frecuencia de tareas de sustitución cíclica (mantenimiento preventivo)

Una tarea de sustitución cíclica solo es válida si existe un patrón de desgaste. Es decir, si existe "una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de la falla". La frecuencia de la tarea de sustitución depende de esta edad, llamada vida útil. Por ejemplo, si la vida útil de un neumático es de 40.000 km, entonces la tarea de sustitución cíclica (cambio preventivo del neumático) deberá realizarse cada menos de 40.000 km, para de esta forma evitar entrar en la zona de alta probabilidad de falla.

1.2.4.8 Frecuencia de tareas detectivas (búsqueda de fallas)

El intervalo con el que se realiza la tarea de búsqueda de fallas (mantenimiento detectivo) se denomina FFI (Failure Finding Interval). Existe una relación entre este intervalo y la disponibilidad del dispositivo de protección. Pueden utilizarse herramientas matemáticas para calcular esta relación, y fijar el FFI que logre la disponibilidad objetivo.

1.2.4.9 El lugar del rediseño en el mantenimiento

En la mayoría de las empresas las sugerencias de cambios de diseño suelen sobrepasar la capacidad de la empresa de llevar adelante estos cambios. Por lo tanto, debe existir un filtro que permita distinguir aquellos casos donde el rediseño es justificado y recomendable de aquellos casos donde no lo es. Es por esto que para aquellos cambios de diseño cuyo objetivo es evitar fallas, suele ser más conveniente evaluar previamente si existe alguna otra forma de manejar las fallas sin necesidad de recurrir al cambio de diseño. Se debe también tenerse en cuenta que los cambios de diseño suelen llevar tiempo y ser costosos, y que no siempre se sabe con certeza si los mismos serán eficaces en aliviar las consecuencias de las fallas. A su vez, en muchos casos los rediseños introducen otras fallas cuyas consecuencias también deben ser evaluadas. Es por todo esto que generalmente el rediseño debe ser seleccionado como última opción.

1.2.4.10 Patrones de falla en función del tiempo

¿Cuál es la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo? Tradicionalmente se pensaba que la relación era bien simple: a medida que el equipo es más viejo, es más probable que falle. Sin embargo, estudios realizados en distintas industrias muestran que la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo u horas de operación es mucho más compleja. No existen uno o dos patrones de falla, sino

que existen 6 patrones de falla distintos, como se muestra en el informe original de Nowlan & Heap (Figura 1).

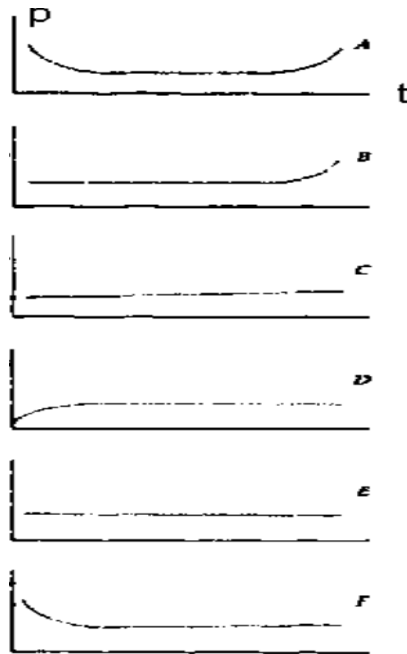


Figura 1 . Los 6 patrones de falla

Fuente: Memorias curso ACR de Ecopetrol

La figura 1. muestra los 6 patrones de falla. Cada patrón representa la probabilidad de falla en función del tiempo.

- Patrón A, donde la falla tiene alta probabilidad de ocurrir al poco tiempo de su puesta en servicio (mortalidad infantil), y al superar una vida útil identificable.
- Patrón B, o "curva de desgaste".
- Patrón C, donde se ve un continuo incremento en la probabilidad condicional de la falla.
- Patrón D, donde superada una etapa inicial de aumento de la probabilidad de falla el elemento entra en una zona de probabilidad condicional de falla constante.
- Patrón E, o patrón de falla aleatorio.
- Patrón F, con una alta probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo seguido de una probabilidad condicional de falla constante y aleatoria.

1.2.4.11 Beneficios del RCM

La implementación del RCM debe llevar a equipos más seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. El RCM también está asociado a beneficios humanos, como mejora en la relación entre distintas áreas de la empresa, fundamentalmente un mejor entendimiento entre mantenimiento y operaciones.

1.3 DESCRIPCIÓN DE ORGANIZACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO MULTIDISCIPLINARIOS PARA REALIZAR TALLERES DE RCM - ACR

Al realizar talleres de RCM y RCA, el uso de herramientas de software no es un factor limitante dentro del desarrollo de dichos talleres pero si optimiza los tiempos en el desarrollo de estos talleres, la herramientas que usamos en la SCC para las técnicas son las siguientes:

- RCM: RCM++ Reliasoft
- Análisis de datos de vida: Weibull Reliasoft
- RCA: Reline RCA (software de Ecopetrol) para ACR (análisis de causa raíz)

El grupo de trabajo para los talleres de RCM, ACR se compone de:

Un facilitador, un digitador, un personal de la operación puede ser un operador con experiencia o un supervisor, un personal de mantenimiento compuesto por un especialista de cada área según se requiera (eléctrico, mecánico e instrumentista y de control) y un profesional de proceso.

Dicho grupo está previamente autorizado por la gerencia para dedicarse exclusivamente a dicho taller y debe tener un tiempo límite de entrega y cierre del taller.

En caso del facilitador, su rol principal es como orientador o instructor en una actividad. En el trabajo en equipo, el facilitador es quien dirige el flujo de las discusiones y quien se encarga de propiciar el diálogo respetuoso. Por eso, su tarea es remover los obstáculos, resumir los distintos puntos de vista y fomentar el espíritu positivo y productivo. Cabe destacar que el facilitador, no en todas las circunstancias es el líder o el jefe del grupo, sino que es el responsable de dirigir el proceso para que todos los participantes se focalicen en los objetivos. Es importante que el facilitador permanezca neutral en las discusiones. Los demás participantes cada uno aporta sus conocimientos cuando sea adecuado y de forma ordenada.

2. HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

2.1 ADMINISTRACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN – SISTEMA COMPUTARIZADO DE MANEJO DEL MANTENIMIENTO -CMMS-

En Ecopetrol se tienen un sistema informatizado de gestión de mantenimiento (CMMS) Computerized Maintenance Management System, por sus siglas en inglés, el cual es llamado ELLIPSE.

Ellipse es un paquete de software el cual mantiene una base de datos de información sobre las operaciones de mantenimiento de la organización; dicha información ayuda a los trabajadores de mantenimiento realizar su trabajo con mayor eficacia (por ejemplo, puede determinar que máquinas requieren mantenimiento y que almacenes contienen las piezas de repuesto que necesitan) y para ayudar a la gerencia a tomar decisiones informadas (por ejemplo, el cálculo del costo de la reparación de la máquina desglose frente al mantenimiento preventivo para cada máquina, que puede dar lugar a una mejor asignación de los recursos).

Ellipse es utilizado para realizar el mantenimiento de equipos, bienes y propiedades y da la posibilidad de generar informes de estado y documentos que ofrezcan información o resúmenes de las actividades de mantenimiento.

El siguiente es el contenido global del sistema Ellipse

- 1 Las órdenes de trabajo
- 2 Gestión de activos
- 3 Control de inventario
- 4 Seguridad

2.1.1 Las ordenes de trabajo

Con Ellipse se realiza la programación de trabajos, la asignación de personal, la reserva de materiales, registro de costos y seguimiento de la información relevante, como la causa del problema (si lo hay), el tiempo de inactividad que se trate (si lo hay), y las recomendaciones para la acción futura.

Ellipse también hace un seguimiento de los trabajos de mantenimiento preventivo, incluyendo las instrucciones paso a paso o listas de verificación, listas de materiales necesarios y otros detalles pertinentes, se puede verificar los detalles sobre las reparaciones efectuadas y las reparaciones realizadas.

2.1.2 Gestión de activos

Con el software Ellipse se pueden verificar los registros de datos sobre equipos y bienes, incluyendo las actividades de mantenimiento, especificaciones, fecha de compra, vida útil prevista, información de garantía, contratos de servicio, historial de servicio, piezas de repuesto y cualquier otra cosa que pueda ser de ayuda para los trabajadores de administración o mantenimiento.

2.1.3 El control de inventarios

Con Ellipse se realiza gestión de piezas de repuesto, herramientas y otros materiales, incluyendo la reserva de materiales para determinados puestos de trabajo, la grabación donde se almacenan materiales, determinando cuándo más materiales se deben comprar, el seguimiento de los recibos de envío, y hacer un inventario.

2.1.4. Seguridad

Ellipse permite la gestión de permisos y demás documentación necesaria para la tramitación de los requisitos de seguridad. Estos requisitos de seguridad pueden incluir bloqueo-etiquetado , espacio confinado , la exclusión material extraño (FME), seguridad eléctrica , entre otros.

2.2. CBM

El mantenimiento basado en la condición (CBM), o monitorización del estado, es una estrategia de mantenimiento consistente en medir una variedad de parámetros de las máquinas con carácter periódico, tales como vibración, temperatura, presión, caudal, etc, para determinar su condición. El objetivo es realizar un análisis de tendencia de los datos con el fin de identificar a tiempo las condiciones problemáticas y tomar las acciones necesarias para evitar averías que puedan provocar un tiempo de parada imprevisto y las correspondientes consecuencias.

CBM se realiza después de verificar “en qué condición está” el equipo, y sólo si dicha condición indica que la reparación es necesaria. En ambos casos, buscamos Restaurar o Cambiar el elemento que produce el modo de fallo, antes de que ese modo de fallo produzca el fallo funcional. Con esto evitamos las consecuencias que el fallo funcional traería consigo si lo dejamos ocurrir, es decir evitamos “esperar el fallo” para corregirlo sólo después de ocurrido”. Nótese que no evitaremos la reparación ni el costo que ocasionará dicha reparación. Pero Sí evitaremos las consecuencias que tendríamos si dejamos que el fallo ocurra (consecuencias que pueden afectar a la seguridad, al medio ambiente o a la economía operativa). Casi todos los fallos funcionales dan “algún aviso” de que están ocurriendo o por ocurrir: “el rodamiento hace ruido audible antes de fallar”; “la temperatura del radiador aumenta cuando pierde agua”. Esto nos permite evitar que la falla ocurra si encontramos la forma de “chequear” si esas “condiciones” están presentes, efectuando la reparación antes de que el fallo ocurra cuando la condición chequeada se presenta. No hacer nada, si la condición NO se presenta. Es decir: existe un fallo potencial que advierte que un fallo funcional ha comenzado a ocurrir. Si conozco ese fallo potencial, si es técnicamente factible

chequearlo y si merece la pena ser efectuado, encontré una tarea “predictiva” o “a condición” que me permite realizar el mantenimiento nuevamente, antes de que la falla funcional y sus consecuencias ocurran. Entonces, el Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).

Dentro del análisis para que una tarea de mantenimiento sea costo-eficaz debe cumplir: ser técnicamente factible (esto es: físicamente posible) y “Merecer la pena”. Es decir, que debe resolverse adecuadamente la consecuencia del fallo que se pretende evitar. Dentro del proceso de decisión, y en el marco de las estrategias de Mantenimiento Proactivo posibles, se prioriza el CBM por sobre el reacondicionamiento cíclico. Y a su vez, éste por sobre la sustitución cíclica. Ello se debe a que, en el caso del CBM, se trabaja bajo condiciones de “certeza” del fallo, buscándose avisos o señales físicas ciertas de que va a producirse la falla, mientras que las tareas preventivas se basan en datos estadísticos.

Es decir que con el CBM se saca el máximo rendimiento de cada elemento sin sacrificar confiabilidad, lo que redundará en la maximización del beneficio para la empresa. Una vez definida la posibilidad técnica de realizar una o más tareas “a condición”, será necesario verificar si “merecen la pena”. En el caso de consecuencias para la seguridad y medio ambiente la respuesta es obvia, ya que toda acción que evite accidentes laborales o ambientales merecerá la pena cuando reduzca la probabilidad de fallo a un nivel tolerable. Pero la respuesta no será tan fácil cuando no se tenga este tipo de impactos y se deba evaluar sobre consecuencias operacionales o no operacionales. En ese caso se tendrá más de una opción, donde se deberá comparar el costo de la tarea versus el costo de las consecuencias en un período de tiempo.

Una estrategia de Mantenimiento Basado en Condición CBM requiere de una matriz y de un balance de recursos. Una matriz que contenga los procesos o sistemas, listado de equipos críticos, rutas de inspección, la criticidad, la frecuencia de monitoreo y duración de las actividades, así como un balance de recursos que permita ejecutar la estrategia en un periodo determinado sin contratiempos.

Los pasos a seguir para la implementación de un CBM son:

- Identificación de unidades productoras
- Elaboración de estudio de criticidad (Norma ISO 14224)
- Realización de la matriz CBM

Dentro de las técnicas de mantenimiento predictivo eléctrico están: Termografía, Análisis de aceites dieléctricos, pruebas estándar de transformadores, Análisis de motores eléctricos, Análisis de la corriente en la frecuencia, Mediciones de resistividad y puestas a tierra, Análisis de la Calidad de energía, análisis de

tendencias de datos operacionales de equipos eléctricos, etc. En nuestro caso, este estudio se enfocará en éste tipo de técnicas.

Dentro de las técnicas de mantenimiento predictivo mecánico están: Análisis de Vibraciones en maquinas rotativas, Análisis de vibraciones en maquinas reciprocantes, análisis de aceite, acústica, ultrasonido, tintas penetrantes.

2.2.1. Pruebas estandar a los transformadores

Son pruebas primarias para puesta en servicio y mantenimiento predictivo de subestaciones, tienen como fin verificar las condiciones en que se encuentran los equipos y sirven para mantener la confiabilidad y/o continuidad en operación de los mismos.

Estas medidas se pueden agrupar en dos:

Pruebas que miden la calidad del aislamiento.

- Medición del factor de potencia del aislamiento.
- Medición del factor de potencia del aceite.
- Medición de resistencia del aislamiento.

Pruebas que verifican las características eléctricas.

- Medición de la corriente de excitación.
- Medición de la relación de transformación (TTR)
- Medición de la resistencia de los devanados.

2.2.2. Termografía

Esta técnica utiliza una imagen térmica con la cual se identifican puntos de concentración de calor dentro de un componente eléctrico

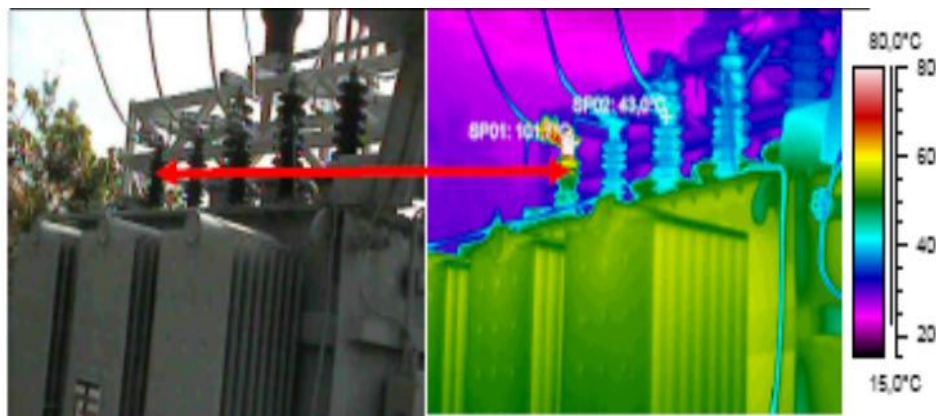


Figura 2. Toma de termografía a un transformador

Cortesía: ECOPETROL S.A.

2.2.3. Análisis de aislamiento e índice de polarización a motores con equipo megger ó MCEmax

Determina la relación de absorción dieléctrica y el aislamiento del equipo, así como el índice de polarización y el estado general del embobinado del motor, incluyendo su acometida eléctrica.

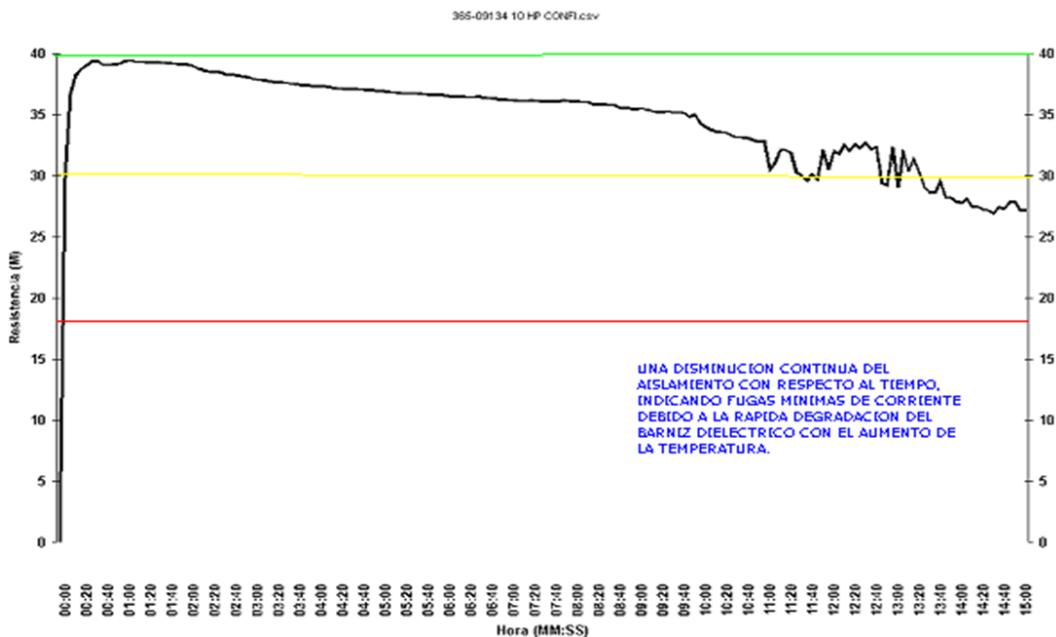


Figura 3. Resultado de prueba de aislamiento a bobinado de motor eléctrico

Cortesía: ECOPETROL S.A.

Beneficios:

- Ajuste de inspecciones periódicas de preventivo.
- Eliminación casi total de las fallas inesperadas.
- Ahorro y disminución del inventario de repuestos.
- Reducción del número de equipos en Stand-by.
- Ahorro apreciable en los consumos de energía de los equipos.
- Garantía del cumplimiento de las características de diseño.
- Aumento general de la seguridad de equipos e instalaciones.

3. FILOSOFÍA DE SISTEMAS Y GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y ejecución, la primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento. La gestión de mantenimiento debe enfocarse en dos direcciones: una de ellas es en la gestión que realiza mantenimiento con los demás departamentos enmarcado dentro de los objetivos de la empresa y la segunda es la gestión integral e interna propia del departamento.

El esquema moderno de mantenimiento implica la vinculación de herramientas propias de la gestión, el concepto integral se maneja desde la base de utilizar en forma eficaz y eficiente los factores productivos en forma individual y conjunta, para aplicarlos mediante una adecuada gestión de mantenimiento (correctiva, modificativa, preventiva, predictiva, proactiva o combinación de ellas), con la definición de metas concretas a lograr en cada una de las variables importantes de mantenimiento, al utilizar el concepto de servicio al cliente, para centrar la organización en el desarrollo de habilidades y competencias esenciales en el recurso humano motivado, para satisfacer los requerimientos del usuario de mantenimiento interno o externo.

Mantenimiento debe dejar de trabajar bajo el enfoque de manejar un presupuesto a tener que salir a buscar sus propios ingresos (gestión de activos), para lo cual debe desarrollar estrategias de mercadeo que le permitan alcanzar niveles altos de productividad y competitividad mediante el establecimiento de planes estratégicos de alta dirección como empresa independiente que tiende a convertirse en generadora de ingresos propios y adicionales a la empresa de su origen. La gestión de mantenimiento contempla la planeación, organización, coordinación, dirección, ejecución y control de todas las actividades inherentes a mantenimiento con el fin de cumplir su misión.

El modelo de la teoría de sistemas define a los departamentos de las empresas como módulos administrativos independientes (mantenimiento, producción, etc.), a los cuales los denomina unidades, y estos a su vez conforman un sistema, con metas propias individuales y comunes al sistema (empresa). Un sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas. Las unidades a su vez se pueden considerar como elementos de un sistema cuando se encuentran relacionados entre sí por alguna forma de interacción o interdependencia.

4. DESARROLLO DE LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La estrategia de mantenimiento vigente está implementada desde 2008 y fue desarrollada bajo la metodología RCM. Los equipos objeto de la estrategia fueron los existentes y operativos en esa fecha.

Hoy el crecimiento continuo y la entrada de nuevos proyectos ha llevado a modificar constantemente y cada vez más rápido el árbol de equipos y de acuerdo a las necesidades de la operación y el mantenimiento se hace necesario estructurar una nueva estrategia de mantenimiento.

4.1 ACTUALIZACIÓN DEL ARBOL DE EQUIPOS

El árbol de equipos de Ellipse es actualizado por cada uno de los líderes de estrategia orientado por las solicitudes de operación y mantenimiento. Los pasos que se realizan para solicitar cambios al árbol de equipos son:

- Validar con el equipo de caracterización la revisión de la ingeniería de detalle y la instalación en campo del equipo.
- Solicitar el ingreso del equipo a la herramienta Ellipse previa confirmación de que el equipo está caracterizado.
- Validar la creación del equipo en Ellipse.

Los equipos objeto de trabajo se encuentran en el anexo 4.

4.2 RCM DE EQUIPOS Y COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES CASTILLA CHICHIMENE

La estrategia de mantenimiento fue desarrollada teniendo como fundamento toda la información de mantenimiento que la superintendencia ha recolectado durante los últimos 3 años. Es ahora cuando se decide iniciar el proceso de actualización y por ello se considera pertinente aplicar una combinación de las diferentes herramientas y técnicas de confiabilidad. El desarrollo de la estrategia fue soportado en el software RCM++ de Reliasoft.

4.2.1 Redes y subestaciones

Las redes y las subestaciones eléctricas para distribución de energía son el corazón de la alimentación que recibe cada equipo y componente eléctrico que hace posible extraer, tratar y transportar el crudo desde el yacimiento hasta los tanques de almacenamiento. Este sistema a pesar no de ser un proceso crítico, es fundamental para dar viabilidad a los demás procesos críticos.

Con base en la experiencia de la estrategia vigente y habiendo estructurado el árbol de equipos se pudo determinar facilmente los sistemas que se deben analizar; de la misma manera, a través de la experiencia y operación del sistema eléctrico es sencillo aplicar la metodología a cada sistema. De esta manera, se construye la tabla No. 1.

Tabla 1. Análisis de los sistemas de Redes y Subestaciones

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
Centros de maniobra (CMTN,CMTO,CMTS,CMD, Pórtico ECH, EA1, Disposal)	Seccionar y distribuir energía desde el centro de transformación hasta las cargas finales	No distribuir o transmitir la energía desde el centro de transformación hasta las cargas finales	Producción diferidas	Falla Cable ACSR	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Falla en Cable aislado de potencia	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Falla en equipos de corte y maniobra	MTTO PV Tablero/Caja de control	2 Tec Elc x 306 HH
					Prueba de inyección de corriente primaria	1 día de Especialista
					Prueba de Resistencia de Contactos	1 día de Especialista
					Ronda Operaciones	Operaciones Redes
					Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Falla en Equipos de medida, control y protección	MTTO PV Celdas de protección y Control	1 Pareja de Técnicos Electricistas x 170 HH
					Prueba de inyección de corriente secundaria	1 día de Especialista
				Falla en Sistema de puesta a tierra (SPT)	Medición del SPT	Contrato Especialista medición SPT
Perdida de aislamiento por contacto con vegetación, baja maniobrabilidad	Limpieza y rocería de las bahías energizadas de subestación.	4 Personas x 1 día				
	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora				
Facilidades Eléctricas de Superficie (pozos castilla y chichimene)	Transforma el nivel de tensión de 34.5 Kv al nivel de tensión específico del equipo de bombeo	No transformar al nivel de tensión requerido	Generación de diferidas, no disponibilidad de equipos	Falla en Cable aislado de potencia	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Falla en equipos de corte	Ronda Operaciones	(blank)
				Falla en Equipos de medida, control y protección	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
				Falla en Sistema de puesta a tierra (SPT)	Validar las recomendaciones que se tienen de la inspección del SPT de pozos del área de CBM con el fin de plantear su ejecución.	(blank)
					Establecer la estrategia para el análisis de la información recolectada de la pareja de variadores	Jose Leonardo Perez, Rafael Largo
				Falla en variador (electrónica, filtros de armónicos, interruptores, cableado)	Evaluar con producción el alcance de las tareas a desarrollar por parte de las parejas de borest y alkhorajef	Jose Leonardo Perez y Rosana Cuellar
					Rutina Trimestral monitoreo de Pozos	1 Pareja Variadores
					Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
					Termografía Semestral	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
					Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Fallas de los transformadores SUT y SDT (pérdida de aislamiento, falla mecánica, contaminación aceite)	Toma muestra de aceite dieléctrico	1 Pareja CBM Elec x 3 Hora
					MTTO EQUIPOS ELÉCTRICOS CASETA POZOS	2 Personas x 1 hora
				Pérdida de aislamiento por contacto con vegetación, baja maniobrabilidad	Poda locación en S/E de Clúster	1 Pareja x 32 H
					Inspección Semestral línea 34.5 kV	3 técnicos por 15 días
				Sistema de Distribución 34.5 kV	Transportar energía 34.5kV desde los centros de maniobra hasta los pozos y estaciones	Pérdida de suministro de energía
Prueba de inyección de corriente primaria	1 dia de Especialista					
Falla en equipos de corte y maniobra	Ronda Operaciones	(blank)				
	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora				

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
					Prueba de inyección de corriente secundaria	1 día de Especialista
				Perdida de aislamiento (Flora, Fauna), daño en componente de la línea	Inspección Semestral línea 34.5 Kv	3 Técnicos por 15 días
					Poda y Rocería línea 34.5 Kv	4 Técnicos x 140 días
					Inspección Semestral línea 34.5 Kv	3 Técnicos por 15 días
				Perdida de capacidad estructural	Inspección Anual Red 115 Kv	4 Técnicos x 50 días
Sistema de Transmisión 115 kV	Transportar energía 115KV desde los centros de generación hasta los centros de transformación 34,5 kV.	Perdida de suministro de energía	Producción diferida	Descargas Atmosféricas	Medición del SPT en línea de 115 Kv	Contrato Especialista medición SPT
					Inspección Semestral línea 115 Kv	3 Técnicos por 15 días
				Perdida de aislamiento (Flora, Fauna), daño en componente de la línea	Poda y Rocería línea 115 Kv	4 Técnicos x 140 días
					Inspección línea 115 Kv	3 técnicos por 15 días
				Perdida de capacidad estructural	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
Subestaciones de CCMs (EA1, ECH, EC2, EC1, CDC, CDO, CDM, OFICINAS)	Transforma el nivel de tensión de 34.5 kV a 480 V	No transformar al nivel de tensión requerido	Generación de diferidas, no disponibilidad de equipos	Falla en Cable aislado de potencia	Prueba de inyección de corriente secundaria	1 día de Especialista
				Falla en Equipos de medida, control y protección 34.5 kV	Ronda Operaciones	(blank)
					Medición del SPT	Contrato Especialista medición SPT
				Falla en Sistema de puesta a tierra (SPT)	Ronda Operaciones	(blank)
				Fallas del transformador (perdida de aislamiento, falla mecánica, contaminación aceite)	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
					Toma muestra de aceite dieléctrico	1 Pareja CBM Elec x 3 Hora
					Limpieza y rocería de las bahías energizadas de subestación.	4 Personas x 1 día
Perdida de aislamiento por contacto con vegetación, baja maniobrabilidad	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora				

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
Subestaciones de Potencia (CDC,CDO)	Transforma el nivel de tensión de 115 Kv a 34.5 Kv	No transformar al nivel de tensión requerido	Generación de diferidas	Falla Cable ACSR	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Falla en Cable aislado de potencia	MTTO PV Tablero/Caja de control	2 Tec Elc x 306 HH
				Falla en equipos de corte y maniobra	Prueba de inyección de corriente primaria	1 día de Especialista
					Prueba de Resistencia de Contactos	1 día de Especialista
					Ronda Operaciones	(blank)
					Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
					MTTO PV Celdas de protección y Control Ajuste de conexiones de control	1 Pareja de técnicos electricistas x 170 HH
					Falla en Equipos de medida, control y protección	Prueba de inyección de corriente secundaria
					MTTO a falla	(blank)
				Falla en seccionadores manuales	Medición del SPT	Contrato Especialista medición SPT
				Falla en Sistema de puesta a tierra (SPT)	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Fallas del transformador (pérdida de aislamiento, falla mecánica, contaminación aceite)	Toma muestra de aceite dieléctrico	1 Pareja CBM Elec x 3 Hora
				Perdida de aislamiento por contacto con vegetación, baja maniobrabilidad	Limpieza y rocería de las bahías energizadas de subestación	4 Personas x 1 día

4.2.2 Disposal

Disposal es un sistema para disponer el agua de producción a la formación. El sistema nace en el momento que el Ministerio de Medio Ambiente prohíbe el vertimiento del agua de producción a las cuencas hidrográficas y se busca una nueva alternativa para disponer del agua. El proceso de tratamiento de crudo tiene un talón de Aquiles en el agua de producción debido a que los pozos de la SCC tienen gran contenido de BSW. Por tanto, DISPOSAL se considera un proceso crítico para la extracción y tratamiento de crudo.

Con base en la experiencia de la estrategia vigente y habiendo estructurado el árbol de equipos se pudo determinar fácilmente los sistemas que se deben analizar; de la misma manera, a través de la experiencia y operación del sistema eléctrico es sencillo aplicar la metodología a cada sistema. De esta manera, se construye la tabla No. 2.

Tabla 2. Análisis de los sistemas de DISPOSAL

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
Moto Compresores de Tornillo	Comprimir aire en el drum de almacenamiento para el uso del sistema, a una rata 64 scfm a una presión de trabajo de 100 psi	No comprimir aire para el sistema	La estación se queda sin aire y las válvulas se van a falla abierta y se pierde el control de las mismas	Falla en componentes internos del motor de secado de aire, acometida, tablero	Monitoreo termografía anual al CCM	1 pareja CBM Elec x 2 hh
				Falla en componentes internos del motor principal, acometida, tablero	Monitoreo termografía anual al CCM	1 pareja CBM Elec x 2 hh
Motor eléctrico + acometida + contactor	Transmitir energía mecánica a la bomba a una revolución de 3600 rpm, con corriente nominal de 150 A.	Pérdida total de la función	Pérdida de bomba de inyección, diferida de 3000 bls crudo día	Daño en componentes internos del motor	Monitoreo MCEmax anual	1 pareja CBM Elec x 4 hh
				Daño en los contactos fijos y móviles del contactor	Termografía	1 pareja CBM Elec x 2 hh
				Pérdida de aislamiento de la acometida	Monitoreo MCEmax anual	1 pareja CBM Elec x 4 hh
				Pérdida de aislamiento en bobinas del motor	Monitoreo MCEmax anual	PAREJA CBM X 4 HH
				Falla Cable ACSR	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
SUBESTACION	Transforma el nivel de tensión de 34.5 kV a 36.3 kV	No transformar al nivel de tensión requerido	Generación de diferidas	Falla en Cable aislado de potencia	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Falla en equipos de corte y maniobra	Prueba de inyección de corriente primaria	1 día de Especialista
				Falla en equipos de corte y maniobra Falla en Equipos de medida, control y protección	Prueba de Resistencia de Contactos	1 día de Especialista
					Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora
				Prueba de inyección de corriente secundaria		1 día de Especialista
				Falla en Sistema de puesta a tierra (SPT)	Medición del SPT	Contrato Especialista medición SPT
				Fallas del transformador (pérdida de aislamiento, falla mecánica, contaminación aceite)	Termografía	1 Pareja CBM Elec x 2 Hora

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
				Fallas del transformador (pérdida de aislamiento, falla mecánica, contaminación aceite) fallo en los componentes de potencia del variador	Toma muestra de aceite dieléctrico	1 Pareja CBM Elec x 3 Hora
					Termografía	1 pareja CBM Elec x 2 hh

4.2.3 Estación Castilla 2

La Estación Castilla 2 – EC2 – es una estación para tratamiento de crudo de los pozos del sector centro y sur del campo Castilla. Es la estación que mayor tratamiento de agua realiza y por ende, el correcto funcionamiento de los equipos es importante para evitar producción diferida por paros no deseados.

Con base en la experiencia de la estrategia vigente y habiendo estructurado el árbol de equipos se pudo determinar fácilmente los sistemas que se deben analizar; de la misma manera, a través de la experiencia y operación del sistema eléctrico es sencillo aplicar la metodología a cada sistema. De esta manera, se construye la tabla No. 3.

Tabla 3. Análisis de los sistemas de Estación Castilla 2

SISTEMA	Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
ADA7254 CELDA 4 DE FLOTACION	AMOV7253 VALVULA MOTORIZADA HABILITACION SALIDA A TORRES DE ENFRIAMIENTO	Realizar el bypass del foso de filtración hacia piscinas de torres cuando el foso presenta alto nivel	No realizar apertura de la válvula para realizar el bypass del foso de filtración	Rebose del foso	Falla del motor eléctrico, acometida o cubículo	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP 1 Pareja Eléctricos x 4H
AGI7253 A,B,C,D AGITADORES DE CELDA	MOTORES, FUERZA Y CUBICULOS DE AGITADORES DE CELDA	Producir micro burbujas en el fondo de las celdas para acelerar el asenso de las ppm en suspensión	No generar as micro burbujas en la sección individual de cada uno de los agitadores.	Arrastre de solidos aguas abajo del proceso, perdida de la eficiencia de la celda	Daño de la acometida eléctrica	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP 1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP 1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs 1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP 1 Pareja Eléctricos x 4H
					MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST	1 Pareja Eléctricos x 3H

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	EMEI 15 A 60 HP	
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
AGI7254A,B,C,D AGITADORES DE CELDA	MOTORES, FUERZA Y CUBICULOS DE AGITADORES DE CELDA	Producir micro burbujas en el fondo de las celdas para acelerar el asenso de las ppm en suspensión	No generar as micro burbujas en la sección individual de cada uno de los agitadores.	Arrastre de solidos aguas abajo del proceso, perdida de la eficiencia de la celda	Daño de la acometida eléctrica	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	
Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H					
	MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H					
AP7240A,B,C,D,E,F BOMBAS SISTEMA DE RETROLAVADO O FILTROS	MOTORES ELECTRICOS, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS A,B,C,D,E,F	Recircular el fluido para retro lavar el lecho filtrante con un rata de flujo de 2600 gpm y a una 40 psi	No recircular el fluido para el retro lavado	Saturación del filtro, si sigue operando se presentaría arrastre de solidos y grasas a la inyección de agua	Daño de la acometida eléctrica	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6	1 Pareja Eléctricos x 3H
						Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
						MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	
						MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
AP7241A,B,C, D,E,F BOMBAS SUCCION A FILTROS	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A,B,C,D,E,F	Bombear agua de producción al sistema de filtración a una tasa de flujo de 1400 GPM con una presión de 50 PSI	No bombear agua de producción	Se disminuye la tasa de inyección hacia disposal. No tiene efectos en diferidas	Daño de la acometida eléctrica	MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
AP7242A,B,C BOMBAS SUCCION A FILTROS STAP 7	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A,B,C	Bombear agua de producción al sistema de filtración a una tasa de flujo de 1400 GPM con una presión de 50 PSI	No bombear agua de producción	Se disminuye la tasa de inyección hacia disposal. No tiene efectos en diferidas	Daño de la acometida eléctrica	MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)	
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H	
						Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
							MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
AP7243A,B BOMBAS BOOSTER ENVIO AGUA PRODUCCION	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGA S A Y B	Bombear agua hacia las unidades principales del pozo Disposal a una rata de 50.000Bls/día a una presión de 220PSI.	No bombear agua hacia las bombas principales del pozo disposal	Salida de las unidades principales y no inyección de agua.	Daño de la acometida eléctrica	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H	
						MPV Anual - AEME10 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 125 A 250 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME04 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 125 A 250 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido, arrancador suave)	MPd - Monitoreo Termografía CCMS	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H	
						MPV Anual - AEME10 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 125 A 250 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME04 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 125 A 250 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H	
						MPV Anual - AEME10 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 125 A 250 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME04 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 125 A 250 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
					AP72511E,F,G DESPACHO AGUA PRODUCCION HACIA ACACIAS 1 - EC7	MOTORES AP72511E,F,G	Bombear agua sin tratar hacia estación Acacias a una rata de flujo de 60000 Brls/día a una presión de 40 PSI	No bombear agua sin tratar en los parámetros requeridos
MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H							
MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H							
Daños en el cubículo del	MPd - Monitoreo	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H						

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)	
					motor (interruptor, contactor, relé de estado solido, arrancador suave)	Termografía CCMs		
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H	
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
AP7252A,B; AP7253A,B BOMBAS DE LODOS SEPARADOR	MOTORES, FUERZA, CUBICULOS BOMBAS DE LODOS	Desalojar lodos del CPI a una rata de flujo de 350 gpm y a una presión de XXX	No evacuar los lodos del CPI a una rata de 350 gpm	No se evacuan los lodos del retro lavado y comienza la saturación de las celdas	Daño de la acometida eléctrica	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
						Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
							MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
						Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
							MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
Daños internos motor (rodamientos,	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL	1 Pareja Eléctricos x 4H						
AP7255A,B BOMBAS DE SOBRENADANTES CELDA	MOTORES, FUERZA, CUBICULOS BOMBAS DE NATAS	Evacuar los sobrenadantes de la Celda al foso que alimenta el Ecoflot	No evacuar los sobrenadantes de la celda al foso	Arrastre aguas abajo de solidos y grasas, saturación de filtros.	Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H	
					Daños internos motor (rodamientos,	MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)					
					tapas, rotor, estator)	SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H					
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP						
AP7256A,B BOMBAS FOSO SUCCION TANQUE ECOFLOT EC7	MOTORES, FUERZA, CUBICULOS BOMBAS FOSO SUCCION TANQUE ECOFLOT EC2	Bombear los sobrenadantes de las celdas de flotación hacia el Ecoflot a una rata de flujo de 1200 GPM con una presión de 40 PSI	No bombear los sobrenadantes	Es necesario apagar las bombas de sobrenadantes de las celdas de flotación y habría arrastre de ppm en solidos y grasas, saturando filtración	Daño de la acometida eléctrica	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H					
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H					
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMS	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H					
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H					
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H					
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H					
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H					
					AP7257A,B - BOMBAS RECIRCULACION Y FORMACION DE BURBUJAS TANQUE ECOFLOT	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A Y B	Producir micro burbujeo dentro del tanque a 150 gpm a una presión de 35 PSI	No producir burbujas dentro del tanque	No flotarían las ppm de aceites y grasas en suspensión, generando arrastre de grasas y aceites hacia el sistema de enfriamiento.	Daño de la acometida eléctrica	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
											MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
										Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMS	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H											
MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H											
Daños internos motor	MPV Anual - AEME07 MTTO	1 Pareja Eléctricos x 4H										

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)	
					(rodamientos, tapas, rotor, estator)	PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP		
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
AP7258A,B BOMBAS FOSO DE AGUA REBOSE ESPESADORES	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A Y B	Evacuar el agua de rebose de los trompos espesadores hacia la caja distribuidora a una rata de flujo de 240 gpm con presión de 25 PSI	No evacuar el agua de rebose	Rebose del foso y posible contaminación al caño Grande, aledaño a la estación.	Daño de la acometida eléctrica	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H	
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H	
						MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H	
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H	
						Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
							MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						AP7259A,B BOMBAS FOSO	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A Y B	Bombear el agua clarificada del ecoflot hacia el sistema de enfriamiento 1200 gpm a una presión de 40 PSI
MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H							
MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H							
MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H							
Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H						

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
AP72610A,B,C BOMBAS SUMIDERO CPI's STAP 1 EC5	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A Y B	Evacuar los aceite recuperados de los CPIs del STAP 1 hacia el múltiple de troncales rata de flujo de 300 gpm con presión de 25 PSI	No evacuar los aceites recuperados de los CPIs	Rebose del foso y posible contaminación localizada	Daño de la acometida eléctrica	MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Semestral - AEME02 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPV anual - AEME08 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 60 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
AP72611A,B,C BOMBAS SUMIDERO CPI's STAP 2 EC7	MOTORES, FUERZA Y CUBICULO BOMBAS CENTRIFUGAS A Y B	Bombear los aceites recuperados de CPI hacia el múltiple de troncales a una rata de flujo de 12 gpm y a una presión de 40 PSI	No bombear los aceites recuperados de los CPIs hacia el múltiple de troncales	Rebose del sumidero y contaminación localizada	Daño de la acometida eléctrica	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPV anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
						HP	
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
ASK7253A,B SEPARADORES DE NATAS (SKIMMER) CELDA	MOTORES, FUERZA Y CUBICULOS DE SEPARADORES DE NATAS (SKIMMERS) CELDA	Desnatar los solidos y las grasas o sobrenadantes que ascendieron por el burbujeo.	No desnatar los sobrenadantes	Arrastre aguas abajo de solidos y grasas, saturación de filtros.	Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
ASK7254A,B SEPARADORES DE SOBRENADANTES (SKIMMER) CELDA	MOTORES, FUERZA Y CUBICULOS DE SEPARADORES DE NATAS (SKIMMERS) CELDA	Desnatar los solidos y las grasas o sobrenadantes que ascendieron por el burbujeo.	No desnatar los sobrenadantes	Arrastre aguas abajo de solidos y grasas, saturación de filtros.	Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME07 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 4H
						MPV Semestral - AEME01 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	1 Pareja Eléctricos x 3H

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
ATR7251,2 - TROMPOS ESPESADORES EC2	AMOV7254-1.7255-1 VALVULAS MOTORIZADAS ENTRADA RETRO LAVADOS	Abrir para el ingreso de los retro lavados provenientes de los CPIs	No realizar apertura de la válvula para permitir la entrada de los retro lavados de los CPIs	Daño en los sellos de las bombas AP7255, Alta presión en la descarga de las bombas de evacuación de retro lavado CPIs	Falla del actuador	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
					Falla de la válvula	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
					Falla del motor eléctrico, acometida o cubículo	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
					Falla del sistema de control	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
					Atascamiento de válvula	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
					Ausencia de Energía	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
					Falla en comunicaciones y control	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 2H
ATUBCDEVMC 2 CABEZAL DE ALIMENTACION FILTROS ESTACION CASTILLAS	24 VALVULAS AMOV7241-42-43-44-45-46-47(A,B,C)	Alinear los flujos del STAP 1 y 2 a filtros	No alinear los flujos del SAPT 1 y 2 a filtros, flujo de fosos 7241 y 7242 a filtros	Para filtros: la pérdida de una válvula amov de los filtros aumenta el nivel de los fosos,	Falla de la válvula	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 4H
					Falla del actuador	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 4H
					Falla del motor eléctrico, acometida o cubículo	MPv Anual Válvulas Motorizadas	1 Pareja Eléctricos x 4H
BOMBAS DE QUIMICO DISPOSAL	4 CONJUNTOS MOTOR-BOMBA	Inyectar secuestrante de oxígeno, inhibidor de incrustaciones	No realizar la adecuada inyección del químico	Inmediatamente no tiene efectos, a largo plazo puede dañar la formación.	Falla del motor eléctrico, acometida o cubículo	MPv Eléctrico Tablero Patín de Químico	1 Pareja Eléctricos x 4H
MOTOR BOMBA AP7204D,F BLACKMARE	MOTOR BOMBAS AP7204D,F	Transvase de crudo de compensación a lavado a una rata de 27000 Brls/día con una presión de 60 psi	No transvasar crudo entre compensación y lavado	Diferidas por incapacidad de tratamiento de crudo	Daño de la acometida eléctrica	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
					Daños en el cubículo del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido, arrancador suave)	MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60	1 Pareja Eléctricos x 8H						

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
						A 125 HP	
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
MOTOR BOMBA AP7204E,G PLENTY	MOBORES BOMBAS AP7204E,G	Transvase de crudo de compensación a lavado a una rata de 30000 Brls/día con una presión de 60 psi	No transvasar crudo entre compensación y lavado	Diferidas por incapacidad de tratamiento de crudo	Daño de la acometida eléctrica	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
						MPV Anual - AEME09 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME03 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 60 A 125 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
MOTOR- BOMBAS HORIZONTAL ES AP7268 E,F	MOTOR- BOMBAS HORIZONTAL ES AP7268 E,F	Bombear agua tratada de la estación Castilla 2 al Almenara a una rata de flujo de 28 KBls día	No Bombear agua tratada de la estación Castilla 2 al Almenara a una rata de flujo de 28 KBls día	Parada de pozos por evacuación de agua y generación de diferidas	Daño de la acometida eléctrica	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
						MPV Anual - AEME11 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME05 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
						MPd - Monitoreo Termografía CCMs	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
						MPV Anual - AEME11 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
						MPV Semestral - AEME05	1 Pareja Eléctricos x 6H
					Daños en la celda del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido, variador)		

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)	
					Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 250 A 600 HP		
						MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H	
						MPV Anual - AEME11 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME05 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
MOTOR-BOMBAS VERTICALES AP7268 A,B,C,D	MOTOR-BOMBAS VERTICALES AP7268 A,B,C,D	Bombear agua tratada de la estación Castilla 2 a la estación Acacias a una rata de flujo de 168 KBrts día	No Bombear agua tratada de la estación Castilla 2 a la estación Acacias a una rata de flujo de 168 KBrts día	Parada de pozos por evacuación de agua y generación de diferidas	Daño de la acometida eléctrica	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H	
						MPV Anual - AEME11 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H	
						MPV Semestral - AEME05 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H	
						Daños en la celda del motor (interruptor, contactor, relé de estado solido, variador)	MPd - Monitoreo Termografía CCMS	1 Pareja CBM Eléctrico x 1H
							MPV Anual - AEME11 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
							MPV Semestral - AEME05 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
						Daños internos motor (rodamientos, tapas, rotor, estator)	MCEmax	1 Pareja CBM Eléctrico x 3H
							MPV Anual - AEME11 MTTO PV ANUAL SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 8H
							MPV Semestral - AEME05 MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 250 A 600 HP	1 Pareja Eléctricos x 6H
PATIN DE QUIMICO MODULO B	17 CONJUNTOS MOTOR-BOMBA	Inyectar secuestrante de oxígeno, inhibidor de incrustaciones	No realizar la adecuada inyección del químico	Inmediatament e no tiene efectos, a largo plazo puede dañar la formación.	Falla del motor eléctrico, acometida o cubículo	MPV Eléctrico Tablero Patin de Químico	1 Pareja Eléctricos x 4H	
POLIMER FEEDER	AP7236A,B Y AP7236A,B,C, D CONJUNTOS MOTOR-BOMBA	Inyectar secuestrante de oxígeno, inhibidor de incrustaciones	No realizar la adecuada inyección del químico	Inmediatament e no tiene efectos, a largo plazo puede dañar la formación.	Falla del motor eléctrico, acometida o cubículo	MPV Eléctrico Tablero Patin de Químico	1 Pareja Eléctricos x 4H	

4.2.4 Estación Acacias 1

La Estación Acacias 1 – EA1 – es una estación para tratamiento de crudo de los pozos del sector norte del campo Castilla. Es la estación que está en crecimiento para tener mayor tratamiento de agua de producción y de ésta depende el vertimiento de agua; por ende, el correcto funcionamiento de los equipos es importante para evitar producción diferida por paros no deseados.

Con base en la experiencia de la estrategia vigente y habiendo estructurado el árbol de equipos se pudo determinar fácilmente los sistemas que se deben analizar; de la misma manera, a través de la experiencia y operación del sistema eléctrico es sencillo aplicar la metodología a cada sistema. De esta manera, se construye la tabla No. 4.

Tabla 4. Análisis de los sistemas de Estación Acacias 1

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
AP73522- 23-23R STAP 2 EA1	MOTOR ELECTRICO-CUBICULO DE CONTROL AP73522- 23-23R EA1	Entregar potencia 70HP @1780 RPM	No entregar potencia a la bomba.	No transmite movimiento a la bomba. No se generan las microburbujas y por consiguiente no se presentaría la separación del aceite. Esto implicaría afectación a la calidad del flujo hacia vertimiento.	Daño de los rodamientos.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Daño del rotor y estator.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Falla en dispositivos del arrancador suave: de maniobra (contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Ronda de termografía anual en los CCM's.	Una pareja CBM 20 minutos por cubiculo.
						Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Pérdida de aislamiento en la acometida del motor.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.						

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
AP7354-55-56-56R EA1	SISTEMA MOTOR ELECTRICO AP7354- 55-56 EA1	Entregar potencia 7,5HP @1760 RPM	No entregar potencia a la bomba.	No transmite movimiento a la bomba. Se presenta acumulación de los lodos en el CPI, se genera saturación presentando arrastre de estos solidos al siguiente proceso, afectando la calidad del tratamiento del agua. Lo cual puede ocasionar diferida de 16000 BPD.	Daño de los rodamientos.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Daño del rotor y estator.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Falla en dispositivos de maniobra (contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Ronda de termografía anual en los CCM's.	Una pareja CBM 20 minutos por cubiculo.
					Falla en dispositivos de maniobra (contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Pérdida de aislamiento en la acometida del motor.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
BOMBA CENTRIFUGA AP7342A-B-C-D-E-F	SISTEMA MOTOR ELECTRICO AP7342A-B-C-D-E-F EA1	Entregar potencia 60HP @1800 RPM	No entregar potencia a la bomba.	No transmite movimiento a la bomba. Se desvía 50000 barriles de agua hacia la siguiente etapa. Esto ocasiona saturación de la piscina de aspersión.	Daño de los rodamientos.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Daño del rotor y estator.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Falla en dispositivos de maniobra (contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Ronda de termografía anual en los CCM's.	Una pareja CBM 20 minutos por cubiculo.
						Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Pérdida de aislamiento en la acometida del motor.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
	Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.					

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
BOMBA CENTRIFUGA AP73519-20-20R	SISTEMA MOTOR ELECTRICO-CUBICULO AP7319- 20-20R EA1	Entregar potencia 20HP @3545 RPM	No entregar potencia a la bomba.	No transmite movimiento a la bomba. Arrastre de sobrenadantes hacia la siguiente etapa. Esto afecta la calidad del agua de vertimiento.	Daño de los rodamientos.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Daño del rotor y estator.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Falla en dispositivos de maniobra (contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Ronda de termografía anual en los CCM's.	Una pareja CBM 20 minutos por cubículo.
						Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Pérdida de aislamiento en la acometida del motor.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 15 a 60 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 15 a 60HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					BOMBA CENTRIFUGA AP73616A-B-C	SISTEMA MOTOR ELECTRICO AP73616A-B-C EA1	Entregar potencia 10HP @1800 RPM
Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15HP..	Pareja de electricistas por 3 horas.						
Daño del rotor y estator.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.					
	Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.					
Falla en dispositivos de maniobra (contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Ronda de termografía anual en los CCM's.	Una pareja CBM 20 minutos por cubículo.					
	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.					

SISTEMA		Función	Falla Funcional	Efecto	Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15HP..	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Pérdida de aislamiento en la acometida del motor.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15 HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 0 a 15HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
BOMBA CENTRIFUGA AP7365-66-67 A,B,C,D	SISTEMA MOTOR ELECTRICO AP7365-66-67 A,B,C,D	Entregar potencia 150HP @1800 RPM	No entregar potencia a la bomba.	No transmite movimiento a la bomba. No disminuye la temperatura del agua, posible rebose en el canal o el foso y producción diferida.	Daño de los rodamientos.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Daño del rotor y estator.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Falla en dispositivos de maniobra (arrancador suave, contactor e interruptor) y protección (SIMOCODE).	Ronda de termografía anual en los CCM's.	Una pareja CBM 20 minutos por cubículo.
						Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.
					Pérdida de aislamiento en la acometida del motor.	Rutina Anual de mantenimiento preventivo eléctrico Motores de 60 a 125 HP.	Pareja de electricistas por 4 horas.
						Rutina Semestral de mantenimiento preventivo eléctrico de 60 a 125HP.	Pareja de electricistas por 3 horas.

4.2.5 Estación Chichimene

La Estación Chichimene – ECH – es la estación para tratamiento de crudo extrapesado por las características del producto extraído de este campo. Dentro de los procesos que se realizan en la estación, entre otros, se encuentra la

dilución con Nafta que permite mejorar la viscosidad del crudo y así facilitar el transporte. Así mismo, en la estación Chichimene se han instalado nuevas tecnologías amigables con el ambiente para optimizar el proceso de tratamiento del crudo.

Con base en la experiencia de la estrategia vigente y habiendo estructurado el árbol de equipos se pudo determinar fácilmente los sistemas que se deben analizar; de la misma manera, a través de la experiencia y operación del sistema eléctrico es sencillo aplicar la metodología a cada sistema. De esta manera, se construye la tabla No. 5.

Tabla 5. Análisis de los sistemas de Estación Chichimene

SISTEMA		Modo de Falla	Descripción de la Tarea	Trabajo (Nombre del Equipo)
Bombas AP74A,B,C y D	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección Visual, Limpieza y Pintura	Pareja de Electricistas.
			Monitoreos MCE-Max	Pareja CBM Electricista.
Aeroenfriadores AE7451A/7451B	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
Bombas AP74A,B,C y D	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Calidad de Energía	Pareja CBM Electricista.
			Monitoreo de Termografía	Pareja CBM Electricista.
Bombas Booster (AP7402C,D,E y F)	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Calidad de Energía	Pareja CBM Electricista.
			Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección Visual, Limpieza y Pintura.	Pareja de Electricistas.
			Monitoreos MCE-Max.	Pareja CBM Electricista.
Bombas de descargadero de Nafta (AP7404A/7404B/7404C)	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
Bombas de descargadero de Nafta (AP7404A/7404B/7404C)- Sistema de Protección	Sistema de Puesta a Tierra	Falla en el sistema de control	Mantenimiento Preventivo Sistema de Puesta Tierra Bombas de Descargue de Nafta	Pareja de Electricistas.
Bombas de inyección de Nafta (AP7405A/7405B/7405C)	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección Visual, Limpieza y Pintura.	Pareja de Electricistas.
			Monitoreos MCE-Max.	Pareja CBM Electricista.
Bombas Principales (AP7401C,D,E y F).	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Calidad de Energía	Pareja CBM Electricista.
			Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
Daño interno del estator y		Inspección Visual, Limpieza y Pintura.	Pareja de	

		rotor.		Electricistas.
			Monitoreos MCE-Max.	Pareja CBM Electricista.
Compresores de Gas	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico del Compresor	Daño interno del estator y rotor.	Inspección Visual, Limpieza y Pintura.	Pareja de Electricistas.
Generador Eléctrico AG7492	Generador Eléctrico AG7492	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Monitoreos MCE-Max	Pareja CBM Electricista.
			Pruebas funcionales Generador.	Pareja de Electricistas.
Quemador-Controlador de Llamas	Bujía	Falla en el cable de alta	Inspección por Oportunidad	Pareja de Electricistas.
Quemador-Soplador	Cubículo de Control	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico Blower	Daño interno del estator y rotor.	Inspección Visual, Limpieza, Pintura y Verificación de Condiciones Operativas.	Pareja de Electricistas.
Separador Trifásico URV-Bombas de Agua AP7456A/7456B	Motor Eléctrico	Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
Sistema de aire comprimido	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
SISTEMA DE BOMBEO AP7454A/7454B/7454C	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
Sistema de Frecuencia Dual	Transformador	Falla en componentes internos (rectificadores, circuitos de potencia)	Rutina Termografía Transformadores	Pareja CBM Electricista.
			Toma de Muestras y Análisis de Aceite Dieléctrico	Pareja CBM Electricista.
		Falla en el breaker alimentador en el CCM	Rutina Termografía CCM	Pareja CBM Electricista.
		Perdida de aislamiento en la acometida	Medición de calidad de energía.	Pareja CBM Electricista.
Sistema de sumidero-Bombas de aguas aceitosas AP7461A/7461B/7461C	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
Sistema de sumidero-Bombas de sumidero AP7468A/7468B	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.
Tanque de almacenamiento ATK7403A/B-Sistema Agitador	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
TEA-Soplador	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.
	Motor Eléctrico Blower	Daño interno del estator y rotor.	Inspección Visual y Verificación de Condiciones Operativas.	Pareja de Electricistas.
			Monitoreo con MCEMAX.	Pareja CBM Electricista.
Variador de Velocidad	Daños internos en el sistema de control	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.	
Drum 7451-Bombas AP7453A/ AP7453B	Cubículo de Fuerza	Presencia de puntos calientes en las conexiones	Monitoreo de Termografía.	Pareja CBM Electricista.

	Motor Eléctrico	Daño en rodamientos	Lubricación y Revisión de Rodamientos.	Pareja de Electricistas.
		Daño interno del estator y rotor.	Inspección y Mantenimiento General Motores Eléctricos.	Pareja de Electricistas.

4.3 BALANCE DE RECURSOS POR ÁREA

El paso final para la determinación de la nueva estrategia es balancear en el tiempo para determinar el recurso necesario para atenderla.

4.3.1 Área Redes

La estrategia para el área redes de mantenimiento día a día tiene un total de 42137 HH de demanda (ver anexo 1) por lo cual se estima un recurso de 22 técnicos electricistas para cubrir la estrategia.

Adicional, se proyectan recursos para la operación del sistema de distribución de la superintendencia debido al elevado número de maniobras que se deben realizar en los pozos, subestaciones y redes de distribución.

4.3.2 Área Eléctrica

La estrategia para el área eléctrica de mantenimiento día a día tiene un total de 19389 HH de demanda (ver anexo 2) por lo cual se estima un recurso de 10 técnicos electricistas para cubrir la estrategia.

Adicional, se proyecta un recurso (técnico electricista) por estación para cubrir las tareas de aislamiento eléctrico en las estaciones Castilla 2, Acacias 1 y Chichimene; los cuales no están contemplados dentro de la estrategia más si permiten una mejor confiabilidad y aseguramiento en la operación.

4.3.3 Área CBM Eléctrico

La estrategia para el área CBM eléctrico tiene un total de 6666 HH de demanda (ver anexo 3) por lo cual se estima un recurso de 2 profesionales y 2 técnicos electricistas para cubrir la estrategia.

4.4 ESTANDAR JOBS Y MST's

El complemento de las actividades establecidas dentro de la estrategia de mantenimiento son los estandares de trabajo de cada actividad

preventiva/predictiva y las MST's para cargar la información a la herramienta CMMS Ellipse.

4.4.1 Área Redes

En el área de redes se crearon 30 Estándar Jobs. A continuación se listan los estandares creados para la nueva estrategia de mantenimiento.

SJ	Descripción SJ	Duración HH
CRE003	.MPV ANUAL DESCAPOTE LINEAS 115 KV	68
CRE004	.MPV ANUAL DESCAPOTE LINEAS 115 KV	170
CRE005	.MPV ANUAL DESCAPOTE LINEAS 115 KV	510
CRE006	.MPV ANUAL DESCAPOTE LINEAS 115 KV	680
CRE014	.MPV ANUAL DESCAPOTE LINEAS 115 KV	850
CRE016	.MPV ANUAL DESCAPOTE LINEAS 115 KV	1020
CRE019	.INSPECCIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN 115 KV	25,5
CRE025	.INSPECCIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN 115 KV	51
CRE026	.INSPECCIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN 115 KV	76,5
CRE027	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	106
CRE028	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	130
CRE031	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	132
CRE032	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	146
CRE033	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	180
CRE034	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	196
CRE035	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	254
CRE036	.INSPECCIÓN EN ALTURAS LÍNEA 115 KV	268
CRSE12	.MPV 4 MESES SUBESTA.ELECTRICA POZO	4
CRTD03	.MTTO 4 MESES EQUIPOS ELEC. CASETA POZOS	2
CRSE13	.MPV 4 MESES SUBESTA. ELECTRICA MT	4
CRSE14	.MPV 4 MESES SUBESTA. ELECTRICA MT	8
CRSE15	.MPV 4 MESES SUBESTACION POTENCIA	17
CRSE16	.MPV 4 MESES SUBESTACION POTENCIA	34
CRSE17	.MPV 4 MESES SUBESTACION POTENCIA	68
CRSE09	.PODA LOCACION EN S/E DE CLUSTER	32
CRSE10	.PODA LOCACION EN S/E DE CLUSTER	64
CRSE11	.PODA LOCACION EN S/E DE CLUSTER	96
CRSE18	.PODA LOCACION EN S/E DE CLUSTER	128
CRSE19	.PODA LOCACION EN S/E DE CLUSTER	160
CRSE20	.PODA LOCACION EN S/E DE CLUSTER	256

4.4.2 Área Eléctrica

En el área eléctrica se crearon 62 Estándar Jobs. A continuación se listan los estandares creados para la nueva estrategia de mantenimiento.

SJ	Descripción SJ	Duración HH
CEAA11	.LIMPIEZA GENERAL 2 MESES FILTROS AAC	17
CEAA12	.LIMPIEZA GENERAL 2 MESES FILTROS AAC	34
CEAA13	.MTTO 6 MESES AAC TIPO MINI SPLIT	9
CEAA14	.MTTO 6 MESES AAC TIPO SPLIT	17
CEAA15	.MTTO 6 MESES AAC TIPO VENTANA	9
CEAA16	.MTTO 6 MESES AAC TIPO CENTRALIZADO MINI	9
CEAA17	.MTTO 6 MESES AAC TIPO CENTRALIZADO	17
CEAL11	.INSP. 6 MESES ALUMBRADO INT. Y EXT.	9
CEAL12	.INSP. 6 MESES ALUMBRADO INT. Y EXT.	10
CEAL13	.INSP. 6 MESES ALUMBRADO INT. Y EXT.	17
CEAL14	.INSP. 6 MESES ALUMBRADO INT. Y EXT.	24
CEAL15	.MTTO. 6 MESES ALUMBRADO EXTERIOR	34
CEAL16	.MTTO. 6 MESES ALUMBRADO EXTERIOR	51
CEAL17	.MTTO. 6 MESES ALUMBRADO EXTERIOR	85
CEAL18	.MTTO. 6 MESES ALUMBRADO INTERIOR	17
CEAL19	.MTTO. 6 MESES ALUMBRADO INTERIOR	34
CEAL20	.MTTO. 6 MESES ALUMBRADO INTERIOR	85
CEAL21	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 1 CAS	76
CEAL22	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 2 CAS	184
CEAL23	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 3 CAS	252
CEAL24	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 4 CAS	156
CEAL27	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 5 CAS	112
CEAL28	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 6 CAS	136
CEAL29	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 7 CAS	176
CEAL30	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 8 CAS	268
CEAL31	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 1 CH	140
CEAL32	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 2 CH	152
CEAL33	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 3 CH	140
CEAL34	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 4 CH	108
CEAL35	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 5 CH	104
CEAL36	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 6 CH	92
CEAL37	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 7 CH	124
CEAL38	MTTO 6 MESES ALUMBRADO POZOS ZONA 8 CH	80
CEAL39	INSP 6 MESES ALUMBRADO CLUSTER CASTILLA	128
CEAL40	INSP 6MESES ALUMBRADO CLUSTER CHICHIMENE	94
CEGE03	.LUBRICACIÓN ANUAL RODAMIENTOS GENERADOR	3
CEGE08	.MTTO PV 6MESES GENERADOR ELEC.PORTATIL	12
CEME18	.LUBRICACION 3 MESES MOTOR ELE	24
CEME21	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 0 A 15 HP	4
CEME22	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 15 A 50 HP	5
CEME23	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 50 A 100 HP	6
CEME24	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 100 A 200 HP	6
CEME25	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI 200 A 400 HP	6
CEME27	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI 0 A 15 HP	4
CEME28	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI 15 A 50 HP	5

SJ	Descripción SJ	Duración HH
CEME29	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI 50 A 100 HP	6
CEME30	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI 100 A 200 HP	6
CEME31	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI 200 A 400 HP	6
CEME32	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI TORRES DE ENFR	5
CEME33	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI TORRES DE ENFRIA	5
CEME34	.MTTO 6 MESES BOMBAS ACHIQUE	17
CEME35	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI 100 A 200 HP	8
CEME36	.LUBRICACION 6 MESES MOTOR ELE	2
CEME37	.MTTO PV 6 MESES SIST EMEI > 400 HP	8
CEME38	.MTTO PV ANUAL SIST EMEI > 400 HP	12
CETP05	.MPV SEMANAL SISTEMA ELÉC.MOTORES DIESEL	9
CETP08	.MTTO SM SIS. ELE Y TOMA PAR. GEN. DIESE	9
CETP09	.TOMA PARAMETROS ELEC. TABLERO DISTRIB.	2
CEVA01	.MTTO PV ANUAL VARIADOR DE VELOCIDAD	8
CEVM04	.MTTO PV ANUAL VALVULAS MOTORIZADAS	6
CEVS02	.MTTO PV 6 MESES VARIADOR DE VELOCIDAD	6
CEVS03	.MTTO PV 6 MESES VARIADOR DE VELOCIDAD	4
CEVS04	.MTTO PV ANUAL VARIADORES DE VELOCIDAD	17

4.4.3 Área CBM Eléctrico

En el área CBM eléctrico fueron creados 88 Estándar Jobs. A continuación se listan los estandares creados para la nueva estrategia de mantenimiento.

SJ	Descripción SJ	HH
CECB00	Termografía a pozos y subestación	98
CECB01	Termografía a pozos y subestación	300
CECB02	Termografía a pozos y subestación	300
CECB03	Termografía a pozos y subestación	352
CECB04	Redes Castilla y Chichimene	243
CECB05	Redes Castilla y Chichimene	121
CECB06	Redes Castilla y Chichimene	106
CECB07	Redes Castilla y Chichimene	107
CECB08	Inspección termográfica CDC	137,6
CECB09	Termografía Centros de Distribución	70,2
CECB10	Termografía Centros de Distribución	75,26666667
CECB11	Termografía Centros de Distribución	37
CECB12	Termografía Centros de Distribución	72,46666667
CECB13	Termografía a variadores de pozos	50
CECB14	Termografía a variadores de pozos	160
CECB15	Termografía a variadores de pozos	145
CECB16	Termografía a variadores de pozos	204
CECB17	Termografía en CCMs	15,63333333
CECB18	Termografía en CCMs	42,33333333

SJ	Descripción SJ	HH
CECB19	Termografía en CCMs	74,16666667
CECB20	Termografía en CCMs	62,2
CECB21	Termografía en CCMs	18,43333333
CECB22	Termografía en CCMs	32,4
CECB23	Termografía en CCMs	41,33333333
CECB24	Termografía en CCMs	30,93333333
CECB25	Termografía en CCMs	41,7
CECB26	Termografía en CCMs	41,33333333
CECB27	Termografía en CCMs	29,1
CECB28	Termografía en CCMs Ch antiguo	33,2
CECB29	Termografía en CCMs Ch Nuevo	74,83333333
CECB30	Termografía transformadores de estaciones	120,8
CECB31	Monitoreo de MCEmax Sistema Traslase EC1	55,02
CECB32	Monitoreo de MCEmax Sistema Enfriamiento EC2	47
CECB33	Monitoreo de MCEmax Compresión de aire EC2	19
CECB34	Monitoreo de MCEmax Sistema Traslase EC2	38
CECB35	Monitoreo de MCEmax Sist. Recol. de Efluentes EC2	56
CECB36	Monitoreo de MCEmax Sistema Generación EC2	19
CECB37	Monitoreo de MCEmax Sist. Recol. de Efluentes EA1	76
CECB38	Monitoreo de MCEmax Sumidero EA1	19
CECB39	Monitoreo de MCEmax Sumidero EA1	19
CECB40	Monitoreo de MCEmax Sistema Despacho EA1	29
CECB41	Monitoreo de MCEmax Sistema Traslase EA1	29
CECB42	Monitoreo de MCEmax Sistema Contra incendios EA1	10
CECB43	Monitoreo de MCEmax Aire Instrumentos EA1	19
CECB44	Monitoreo de MCEmax Generación EA1	20
CECB45	Monitoreo de MCEmax Sist. Trat. de Efluentes ECH	20
CECB46	Monitoreo de MCEmax Sistema Despacho ECH	78
CECB47	Monitoreo de MCEmax Sistema Traslase ECH	68
CECB48	Monitoreo de MCEmax Generación ECH	20
CECB49	Monitoreo de MCEmax Planta reinyección de agua	48,75
CECB50	Análisis de Aceite Dieléctrico Pozos EC2	161
CECB51	Análisis de Aceite Dieléctrico Pozos EC2	261
CECB52	Análisis de Aceite Dieléctrico Subest. Pozos EC2	222
CECB53	Análisis de Aceite Dieléctrico Pozos ECH	280
CECB54	Análisis de Aceite Dieléctrico Subest. Pozos ECH	132
CECB55	Análisis de Aceite Dieléctrico Subest. Dist. Castilla	69,6
CECB56	Análisis de Aceite Dieléctrico Subest. CDC	6,96
CECB57	Análisis de Aceite Dieléctrico Subest. Disposal	5,22
CECB58	Calidad de Energía UPS EC1	11,32
CECB59	Calidad de Energía UPS EC1	11,32
CECB60	Calidad de Energía UPS CCM1	11,32
CECB61	Calidad de Energía UPS CCM2 EC2	12,52
CECB62	Calidad de Energía UPS CCM2 EC2	12,52
CECB63	Calidad de Energía UPS CCM3 EC2	12,52

SJ	Descripción SJ	HH
CECB64	Calidad de Energía UPS CCM4 EC2	12,52
CECB65	Calidad de Energía UPS CCM4 EC2	12,52
CECB66	Calidad de Energía UPS CDC	12,52
CECB67	Calidad de Energía UPS CDC	12,52
CECB68	Calidad de Energía UPS CCM EA1	15,52
CECB69	Calidad de Energía UPS CCM EA1	15,52
CECB70	Calidad de Energía UPS CCM EA1	15,52
CECB71	Calidad de Energía UPS CCM EA1	15,52
CECB72	Calidad de Energía UPS CCM ECH	18,52
CECB73	Calidad de Energía UPS CCM ECH	18,52
CECB74	Calidad de Energía UPS DISPOSAL	11,32
CECB75	Calidad de Energía UPS SUBESTACION DISPOSAL	11,32
CECB76	Calidad de Energía EC1	21,8
CECB77	Calidad de Energía EC2	144
CECB78	Calidad de Energía EC2	100
CECB79	Calidad de Energía EA1	168
CECB80	Calidad de Energía ECH	52
CECB81	Medición de tierras Subest. Pozos EC1	70
CECB82	Medición de tierras Subest. Pozos EC2	141
CECB83	Medición de tierras Subest. Pozos EA1	141
CECB84	Medición de tierras Subest. Pozos ECH	200
CECB85	Medición de tierras Subest. Pozos ECH	152
CECB86	Medición de tierras Subest. Dist. Castilla	100
CECB87	Medición de tierras CDC	34
CECB88	Medición de tierras Subest. Disposal	34

CONCLUSIONES

En el departamento de mantenimiento de la SCC existe la posibilidad de mejorar los indicadores del lifting cost del barril a través de la ejecución y seguimiento anual de la estrategia de mantenimiento y de los otros tipos de mantenimiento (mejorativos, correctivos y por oportunidad) que sean ejecutados durante ese periodo de tiempo.

Una vez se implemente la propuesta de la nueva estrategia de mantenimiento se optimizará el gasto y el tiempo por la NO ejecución de actividades correctivas; mejorando así los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de equipos.

Se evidencia que no es factible realizar actualizaciones después de varios años porque la SCC se encuentra en crecimiento y esperar este tiempo perjudica los indicadores de mantenimiento proactivo, reactivo, workload y backlog debido a que se ejecutan actividades no programadas como atención de fallas por mortalidad infantil de equipos que aún no se encuentran en el árbol de equipos ni en la estrategia de mantenimiento.

Durante la actualización de la estrategia de mantenimiento se mantiene un gran porcentaje de las tareas identificadas en la primera estrategia de mantenimiento implementada, sin embargo, debido al crecimiento acelerado de la SCC obtuvimos un aumento en los tiempos de ejecución y unas rutas diferentes para abordar la ejecución de la estrategia.

Algunas rutinas de mantenimiento preventivo fueron eliminadas y llevadas a falla o simplemente a ser atendidas por oportunidad. Un ejemplo de ellas fue las pruebas a los equipos y componentes de las protecciones eléctricas del sistema de potencia.

En los mantenimientos preventivos del área de servidumbre de las redes de distribución y transmisión se cambió la frecuencia de intervención e inspección de tal forma que la inspección fuese el soporte para la intervención en el momento de identificar sitios críticos para limpieza.

Se estructuraron rutas de acuerdo a ubicación geográfica de pozos y estaciones para atender tareas de alumbrado, predictivos y preventivos de pozos, limpieza de subestaciones y otros relacionados con los equipos objeto de análisis.

El ahorro económico no se puede evidenciar hasta tanto la SCC deje de crecer; no obstante, en una próxima revisión para 2013 se encontrará que las intervenciones por mantenimientos correctivos habrán bajado sustancialmente.

Es evidente el crecimiento del recurso humano necesario para la atención de la estrategia de mantenimiento planteada por lo que se recomienda hacer actualizaciones con frecuencia anual en donde se evalúe la frecuencia de ejecución de las actividades y los estándares de trabajo de las mismas.

Se recomienda buscar herramientas tecnológicas que favorezcan la centralización de la supervisión y control de los equipos y así realizar optimización de los gastos por personal de mantenimiento.

Se recomienda buscar la opción de un hand help para los técnicos e instalar un código de barras para los equipos que permitan cargar la información de mantenimiento una vez se esté desarrollando las tareas. De esta manera, tendremos mejor calidad de la información y posteriormente un análisis más efectivo de tiempos y movimientos y análisis de confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena, 2007.

BRITISH STANDARD INSTITUTE. Reliability of Systems, Equipments and Components. Part 5. Guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMEA and FMECA). BS 5760-5:1991. First Edition, 1991.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena, 2007.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de Especialización. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena, 2007.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario IV: Evaluación de la Investigación. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena, 2007.

ICONTEC. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1486. Cuarta actualización.

MARTÍNEZ, William. Termografía. Universidad Industrial de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena, 2007.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios: Enfoque Sistemático Kantiano. Editorial AMG. Envigado, 2007.

TROYER, Drew, FITCH, Jim. Oil Analysis Basics en Español. Noria Corporation. México. 2004.

.

ⁱ Proyecto de grado

ⁱⁱ Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Javier García.

ⁱⁱⁱ Monograph

^{iv} Physical Mechanical Engineering Faculty. School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Javier García.