

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD RCM
PARA EL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN CAMPO DE
PRODUCCIÓN NARE OPERADO POR LA EMPRESA MANSAROVAR**

**MIKE ALEXANDER TRIANA RIVERA
GERSON FABIÁN OVIEDO GALVIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD RCM
PARA EL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN CAMPO DE
PRODUCCIÓN NARE OPERADO POR LA EMPRESA MANSAROVAR**

**MIKE ALEXANDER TRIANA RIVERA
GERSON FABIÁN OVIEDO GALVIS**

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

**Director:
ÁLVARO LOBELO DÍAZ
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, por brindarme la sabiduría necesaria para alcanzar ésta meta y acompañarme en mi diario vivir.

A mis padres y a mi hija, por su amor, dedicación y comprensión.

A mi compañero de monografía de grado por su amistad y compromiso por lograr nuestro título

Mike Alexander Triana Rivera

A mis padres por todos los logros y éxitos alcanzados en mi vida.

A mis hermanas por apoyarme y respaldarme siempre.

A mi novia por el amor y la compañía que me fortalece.

A mi compañero de monografía de grado por su amistad y compromiso por lograr nuestro título.

Gerson Fabián Oviedo Galvis

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	19
1.1 MARCO CONTEXTUAL	19
1.1.1 Mansarovar Energy	19
1.1.2 Massy Energy Colombia	21
1.1.3 Mantenimiento Massy Energy Colombia	22
1.1.4 Circuito eléctrico Campo Nare	23
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.3 OBJETIVOS	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
1.4 JUSTIFICACIÓN	26
2. MARCO TEÓRICO	27
2.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	27
2.2 DEFINICIÓN DEL RCM	30
2.3 LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS EN RCM	31
2.3.1 Funciones, parámetros de funcionamiento y contexto operacional	31
2.3.2 Fallas funcionales	31
2.3.3 Efectos de fallas	32
2.3.4 Consecuencia de las fallas	32
2.3.5 Modelos de falla	33
3. TAXONOMÍA	37
3.1 ÁRBOL DE EQUIPOS ACTUAL “CIRCUITO NARE LINEA 13,2 KVAC”	37
3.2 NORMA ISO14224	39
3.2.1 Clasificación taxonómica	39

3.2.2 Taxonomía ECOPELROL	41
3.3 PROPUESTA ÁRBOL DE EQUIPOS “CIRCUITO NARE LINEA 13,2 KVAC”	43
4. FUNCIONES Y EQUIPOS	48
4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL “CIRCUITO NARE LINEA 13,2 KVAC”	48
4.1.1 Estructuras	48
4.1.2 Equipos	51
4.2 CONDICIONES OPERACIONALES	53
4.3 CONDICIONES AMBIENTALES	53
4.4 FRONTERAS DEL “CIRCUITO NARE LINEA 13,2 KVAC”	53
4.4.1 Entradas y salidas	55
4.5 FUNCIONES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS	59
5. MODOS DE FALLA	61
6. MATRIZ DE RIESGOS	63
7. HOJAS DE DECISIÓN	65
8. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN DE CAMPO NARE	72
9. RECOMENDACIONES PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN DE CAMPO NARE	74
9.1 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	76
9.2 CONEXIÓN RADIAL	76
9.3 AGREGAR RECONECTADORES	76
10. CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Accionistas de Mansarovar Energy Colombia Ltd	20
Figura 2. Lugares en donde desarrolla operaciones Mansarovar Energy Ltd	21
Figura 3. Perspectiva tradicional de las fallas en los equipos	27
Figura 4. Generaciones del RCM	29
Figura 5. Clasificación del RCM	30
Figura 6. Curva de la batea	33
Figura 7. Desgaste	34
Figura 8. Fatiga	34
Figura 9. Seguridad Infantil	35
Figura 10. Aleatorio	35
Figura 11. Mortalidad Infantil	36
Figura 12. Sistema de información SAP PM - Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Parte 1	37
Figura 13. Sistema de información SAP PM - Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Parte 2	38
Figura 14. Sistema de información SAP PM - Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Parte 3	39
Figura 15. Principios fundamentales para taxonomía	40
Figura 16. Jerarquía de equipos y componentes estación de producción ECOPETROL S.A.	41
Figura 17. Jerarquía de equipos y componentes pozo de extracción ECOPETROL S.A.	42
Figura 18. Jerarquía de equipos y componentes refinación ECOPETROL S.A.	43
Figura 19. Estructura en concreto de un poste	48
Figura 20. Estructura en concreto de dos postes	49
Figura 21. Estructura en concreto de cuatro postes	50

Figura 22. Seccionador monopolar tipo cortacircuito	51
Figura 23. Seccionador tripolar	51
Figura 24. Reconectador	52
Figura 25. Banco de condensadores	52
Figura 26. Fronteras circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Parte 1	54
Figura 27. Fronteras circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Parte 2	54
Figura 28. Fronteras circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Parte 3	55
Figura 29. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare - Localización entrada	55
Figura 30. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Entrada	56
Figura 31. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 1	56
Figura 32. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 2	57
Figura 33. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 3	57
Figura 34. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 4	58
Figura 35. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 5	58
Figura 36. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 6	59
Figura 37. Jerarquía, funciones y componentes de una red eléctrica	59
Figura 38. Diagrama de decisión RCM II - Parte 1	66
Figura 39. Diagrama de decisión RCM II - Parte 2	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Massy en cifras	22
Tabla 2. Árbol de equipos actualizado para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 1	44
Tabla 3. Árbol de equipos actualizado para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 2	45
Tabla 4. Taxonomía y árbol de equipos propuesto para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 1	46
Tabla 5. Taxonomía y árbol de equipos propuesto para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 2	47
Tabla 6. Hoja de trabajo RCM – Análisis de modos de falla circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 1	61
Tabla 7. Hoja de trabajo RCM – Análisis de modos de falla circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 2	62
Tabla 8. Hoja de trabajo RCM – Análisis de modos de falla circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 3	62
Tabla 9. Matriz de valoración de riesgos – Modelo hoja de trabajo RCM	63
Tabla 10. Matriz de valoración de riesgos para los modos de falla en el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Modelo hoja de trabajo RCM - Parte 1	63
Tabla 11. Matriz de valoración de riesgos para los modos de falla en el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Modelo hoja de trabajo RCM - Parte 2	64
Tabla 12. Hoja de decisión RCM II	65
Tabla 13. Hoja de decisión - Circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 1	69

Tabla 14. Hoja de decisión - Circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 2	70
Tabla 15. Hoja de decisión - Circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 3	71
Tabla 16. Tareas a condición (monitoreo) cada 6 meses realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare	72
Tabla 17. Tareas a condición (monitoreo) cada 6 meses realizadas por ingenieros – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare	73
Tabla 18. Tareas a condición (monitoreo) cada 3 meses realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare	74
Tabla 19. Tareas a condición (monitoreo) cada semana realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare	74
Tabla 20. Tareas de reacondicionamiento cada 6 meses realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare	74
Tabla 21. Tareas correctivas realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Diagrama unifilar del circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.	82
Anexo B. Datasheet	83

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD RCM PARA EL CIRCUITO ELECTRICO DE MEDIA TENSION CAMPO DE PRODUCCION NARE OPERADO POR LA EMPRESA MANSAROVAR.*

AUTORES: MIKE ALEXANDER TRIANA RIVERA
GERSON FABIAN OVIEDO GALVIS**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, confiabilidad, RCM, circuito eléctrico, media tensión, función, fallas y tareas.

DESCRIPCIÓN:

En la vida de operación de toda compañía del sector de hidrocarburos surgen proyectos de ampliación y/o modificación de las facilidades existentes, ya sea por disminución o aumento de la producción.

Por tal motivo se ha diseñado un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el circuito eléctrico de media tensión 13.2 kV de campo Nare, el cual tiene como finalidad establecer una estrategia de mantenimiento que permita cumplir con los indicadores establecidos por la compañía de disponibilidad, calidad y confiabilidad del servicio eléctrico suministrado a los equipos de extracción y módulos de proceso y así minimizar posibles paradas y pérdidas significativas de crudo por fallas eléctricas en el circuito..

Esta monografía surge como respuesta a la necesidad manifestada anteriormente y contiene un modelo para desarrollar un plan de gestión de mantenimiento al equipo crítico como lo son las redes eléctricas de cualquier campo petrolero, basado en la metodología RCM, para este caso el circuito eléctrico de media tensión 13.2 kV de campo Nare

Así mismo el lector encontrara un resumen detallado sobre los diferentes conceptos manejados en el desarrollo de la metodología RCM, adicionalmente se describe el paso a paso que se debe seguir rigurosamente para el diseño de la estrategia de mantenimiento.

También se muestra el plan de mantenimiento propuesto, el cual resulta de aplicar la metodología RCM, adicionalmente se plantean las conclusiones del modelo desarrollado y las recomendaciones de enfoque tecnológico para implementar a futuro.

*Monografía de grado

**Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Ing. Álvaro Lobelo Díaz

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF THE MAINTENANCE PLAN BASED ON RELIABILITY RCM FOR THE ELECTRICAL CIRCUIT OF HALF TENSION NARE PRODUCTION CAMP OPERATED BY THE COMPANY MANSAROVAR.*

AUTHORS: MIKE ALEXANDER TRIANA RIVERA
GERSON FABIAN OVIEDO GALVIS**

KEYWORDS: maintenance, reliability, RCM, electric circuit, medium voltage, function, failures and homeworks.

DESCRIPTION:

In the operational life of the whole company of the hydrocarbons sector arise ampliation and/ or modification projects of the existing facibilities, either by decrease or increase of the production.

For this reason has been designed a maintenance plan focused on reliability for the electric circuit of médium voltage 13.2 kv of the Nare camp, which has at its porpuse establish an maintenance strategy which allows fulfill with the established indicators by the company of disponibility, quality and reliability of the electric service supplied to the extraction equipment and process modules and thus minimize possible stops and significant losses of oil due to electrical faults in the circuit.

This monograph arise in response to the manifested need previously and contains a model to develop a maintenance management plan to the critical team as are the electric networks of any oil field, based on the RCM methodology, for this case the medium voltage electric circuit 13.2 kV Nare camp.

likewise the reader will find a detailed resume about the diferent concepts handled in the development of the methodology RCM, additionally step by step is described.

Also shows the maintenance plan proposed, which results from applying the RCM methodology, additionally, the conclusions of the developed model are presented and the recomendations of technological focus to implement in the future.

*Monograph

**Physical Mechanical Engineering Faculty. School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Engineering Álvaro Lobelo Díaz

INTRODUCCIÓN

Las redes eléctricas son fundamentales dentro de cualquier sistema de distribución por ello se requiere una atención especial para evitar las consecuencias que se presenten por fallas.

Las redes eléctricas se deben cuidar y mantener desde el primer día de su instalación y necesitan tener un plan de mantenimiento que se adecue a medida que se conoce su comportamiento, esto con miras a extender su vida útil y evitar al máximo la presencia de fallas.

Los objetivos trazados de la gerencia son el punto de apoyo para que la empresa tome decisiones enfocadas hacia la producción, disponibilidad de equipos y preservación de los activos. Es por eso que el mantenimiento debe ser uno de los aspectos más importantes dentro del núcleo de negocio utilizando las tecnologías más recientes y llevando consigo la estrategia de la administración moderna.

Teniendo en cuenta que el circuito eléctrico de media tensión de campo Nare es crítico, por tratarse de un sistema lineal y con alta producción de barriles de crudo asociadas, es necesario dedicar una buena parte de la gestión a su mantenibilidad. Adicionalmente este campo es uno de los mayores activos que la compañía tiene para el sostenimiento de la extracción de crudo en los próximos 4 años.

La estrategia de cómo atender y controlar las fallas en el circuito eléctrico de campo Nare hace parte de las tareas más importantes de la gerencia de mantenimiento; las fallas que se presentan en el sistema se ven reflejadas inmediatamente en el indicador de producción diaria, por ello es necesario plantear un tipo de

mantenimiento que evite las paradas innecesarias y que permita programar tareas preventivas y generar tareas correctivas.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 MARCO CONTEXTUAL

1.1.1 Mansarovar Energy. Mansarovar Energy Colombia Ltd., es una sucursal de Sociedad extranjera, debidamente constituida en Colombia cuya matriz se encuentra en Bermuda y pertenece a dos actores mundiales del petróleo, ONGC Videsh Limited y SINOPEC Corp. Su objeto social principal es la exploración, explotación y transporte de hidrocarburos. Mansarovar Energy Colombia Ltd. entró al mercado colombiano en el año 2006, mediante la adquisición de las acciones de Omimex de Colombia Ltd.

Es uno de los mayores productores de hidrocarburos en Colombia, centrando la operación en la producción de crudo pesado, prestando los servicios de perforación, equipo pesado, transporte y almacenamiento de crudo.

Actualmente Mansarovar Energy Colombia Ltd. desarrolla negocios con Ecopetrol denominados Asociación Nare operando los campos: Nare Sur, Jazmín, Girasol, Under River, Moriche, Abarco, Chicalá, además de manejar las operaciones privadas en Campo Velásquez.

Figura 1. Accionistas de Mansarovar Energy Colombia Ltd.



Fuente: <http://www.mansarovar.co/casas-matrices.html>

Figura 2. Lugares en donde desarrolla operaciones Mansarovar Energy Ltd.



Fuente: <http://www.mansarovar.co/mapa.html>

1.1.2 Massy Energy Colombia. El grupo Massy es un conglomerado conformado en el año de 1923. Es el conglomerado más grande que cotiza en la bolsa de valores en el caribe y tiene operaciones en 15 países como Barbados, Guyana, Jamaica, Trinidad & Tobago y Estados Unidos, entre otros. El grupo está conformado por más de 60 compañías que funcionan dentro de ocho divisiones, conformadas por profesionales locales e internacionales que mediante sus experiencias y trayectorias permiten la optimización de la oferta de servicios, garantizando así una alta calidad en la prestación de sus servicios a los clientes. La división de Energía funciona en todos los niveles del sector energético y la compañía está en la búsqueda permanente por mantener los altos estándares establecidos por QHSE, así como por mantener una consultoría dirigida hacia un ejercicio profesional ético, haciendo de la compañía una de las mejores en el mundo.

La historia en Colombia se remonta al año 1997, brindando soporte en operación y mantenimiento a British Petroleum Company (hoy en día Equión) en las instalaciones de Cusiana y Cupiagua en Casanare. Años más tarde, bajo el nombre Wood Group Colombia, y frente a la oportunidad de incursionar en nuevas

industrias, la compañía se especializa en la prestación de servicios de ingeniería y diseño.

Con el paso de los años se vio un enorme crecimiento en el portafolio de clientes y servicios, generando, a su vez, verdaderas soluciones integrales a los requerimientos de cada aliado corporativo y exportando valioso y experimentado talento colombiano al resto del mundo.

El año 2013 fue uno de grandes cambios y comenzó también una etapa de grandes logros. Es así como en 2014 la compañía evolucionó para convertirse en Massy Energy Colombia, una compañía que hace parte del conglomerado de empresas Massy con base en Trinidad & Tobago. La compañía llegó a Colombia con una consigna clara, “Massy cree en el Talento Colombiano” y con base en esa declaración le apostó al crecimiento integral.

Tabla 1. Massy en cifras

Empleados	Cuenta con más de 10.000 empleados en sus diferentes unidades de negocio.
Ventas anuales	\$US 1,5 billones en ventas anuales.
Países	Trinidad y Tobago, Barbados, Guyana, Jamaica, Costa Rica, Panamá, Guatemala, Honduras, El Salvador, Republica Dominicana, Grenada, St Lucia, St Vincent, Bahamas, Estados Unidos de América y Colombia.

Fuente: <http://www.massyenergy.co/>

1.1.3 Mantenimiento Massy Energy Colombia. La empresa Massy Energy ha diseñado 7 líneas de servicio que ofrecen soluciones adaptadas a las necesidades de los clientes. Cuenta con más de 17 años de experiencia en el mercado

colombiano y con experimentados equipos de trabajo enfocados en atender los requerimientos de forma personalizada.

1.1.4 Circuito eléctrico Campo Nare. El circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare está ubicado en el municipio de Puerto Triunfo en el departamento de Antioquia; se energiza en la subestación eléctrica TECA (operada por ECOPETROL) con un nivel de tensión de 13,2 kV y tiene una longitud de 7,35 km aproximadamente. La función principal del circuito es energizar 28 subestaciones eléctricas encargadas finalmente de alimentar los equipos instalados en alrededor de 100 pozos, casetas, generadores de vapor, módulos, zonas industriales, porterías, entre otros.

El circuito eléctrico de Campo Nare está conformado por los siguientes tipos de elementos:

- Estructuras de cuatro postes.
- Estructuras de dos postes.
- Estructuras de un poste.
- Seccionadores con cañuelas.
- Seccionadores tripolares.
- Bancos de condensadores.
- Reconectores.
- Aisladores.
- Templetes.
- Cable.

En el Anexo A se muestra el diagrama unifilar del circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El campo de producción Nare se encuentra localizado en el suroriente del departamento de Antioquia, sobre el valle medio del río Magdalena, entre los municipios de Puerto Triunfo y Puerto Berrío. De acuerdo a un contrato en asociación con Ecopetrol la empresa Mansarovar Energy hoy en día se encarga de operar el campo Nare y afirma que se viene presentando un alto porcentaje equivalente al 1,5% en pérdidas de producción debido a las fallas eléctricas producto de una baja confiabilidad en la red de media tensión, específicamente a un número de 45 disparos eléctricos ocurridos en el 2014; esto ha incrementado en un 14% las actividades de mantenimiento de tipo correctivo, generando sobrecostos y desvíos en la programación y afectando los indicadores P&S de desempeño.

El campo Nare no cuenta con un plan de mantenimiento para la red de media tensión que se pueda aplicar a los equipos que la conforman, estructuras, cable, templetos, aisladores, puestas a tierra, etc.; como resultado la red no es confiable y falla continuamente, provocando tiempos de parada demasiado largos debido a que todas las intervenciones son de tipo correctivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Diseñar un plan de mantenimiento basado en la técnica RCM y las normas SAE-JA-1012 2002-01 y SAE-JA-1011 1999-08 para aplicar al circuito eléctrico de media tensión de campo Nare operado por la empresa Mansarovar Energy.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los elementos más críticos del circuito eléctrico de media tensión de campo Nare mediante la recopilación de información y actualización del árbol de equipos.

- Definir las funciones, fallas funcionales, modos de fallas, y las consecuencias asociadas a cada uno de los equipos que conforman el circuito eléctrico de media tensión de campo Nare.
- Realizar el plan de tareas de mantenimiento encaminado a minimizar los impactos de los modos de falla del circuito eléctrico de media tensión de campo Nare.
- Definir las acciones que posibiliten los cambios en cuanto a tecnología de diseño o sustitución de equipos asociados al circuito eléctrico de media tensión de campo Nare.
- Estructurar las tareas de mantenimiento que conlleven al incremento de los niveles de confiabilidad y disponibilidad del circuito eléctrico de media tensión de campo Nare.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La importancia de realizar este plan de mantenimiento consiste en garantizar que el circuito eléctrico de media tensión de campo Nare sea más confiable y además evitar las pérdidas constantes en la producción. La empresa cuenta con ERP de mantenimiento llamado SAP PM, el cual se debe alimentar con la información recopilada para que el sistema automáticamente dispense las órdenes de trabajo con su respectiva rutina, materiales, horas hombre y procedimientos; estas condiciones hoy en día no se están presentando, lo cual genera un impacto negativo en la ejecución del mantenimiento al ser ineficiente, y aumenta los tiempos muertos del personal y la baja proactividad en las ordenes de trabajo realizadas.

El sistema eléctrico es uno de los sistemas más críticos en todas las empresas petroleras encaminadas a la extracción de crudo, debido a que las unidades de bombeo utilizan como fuente de energía la electricidad y la cantidad de fallas que se puedan presentar pueden ocasionar pérdidas de producción considerables.

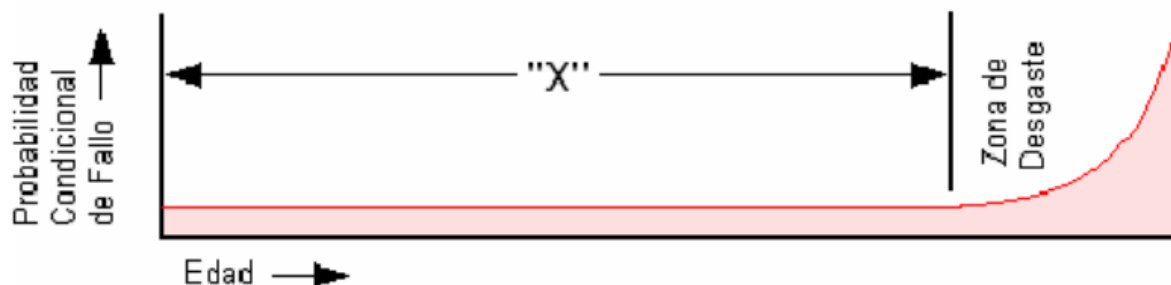
Es importante la elaboración de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad el cual sea óptimo y logre hacer más rentable el proceso de extracción de crudo e incremente la producción y a la vez haga más confiable el circuito eléctrico de media tensión de campo Nare.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

En 1974, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos le asignó a la empresa United Airlines preparar un informe sobre los procesos usados por la industria de la aviación civil para elaborar programas de mantenimiento para los aviones, este informe fue realizado por F. Stanley Nowlan Director de Análisis de Mantenimiento de United Airlines y Howard F. Heap, Gerente de Planeación del Programa de Mantenimiento de United Airlines, el documento fue publicado en 1978 y fue titulado Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés Reliability-Centered Maintenance¹.

Figura 3. Perspectiva tradicional de las fallas en los equipos.



Fuente: Reliability-Centered Maintenance RCM II, Jhon Moubray 3 MOUBRAY. JHON. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc, 1997. P. 318

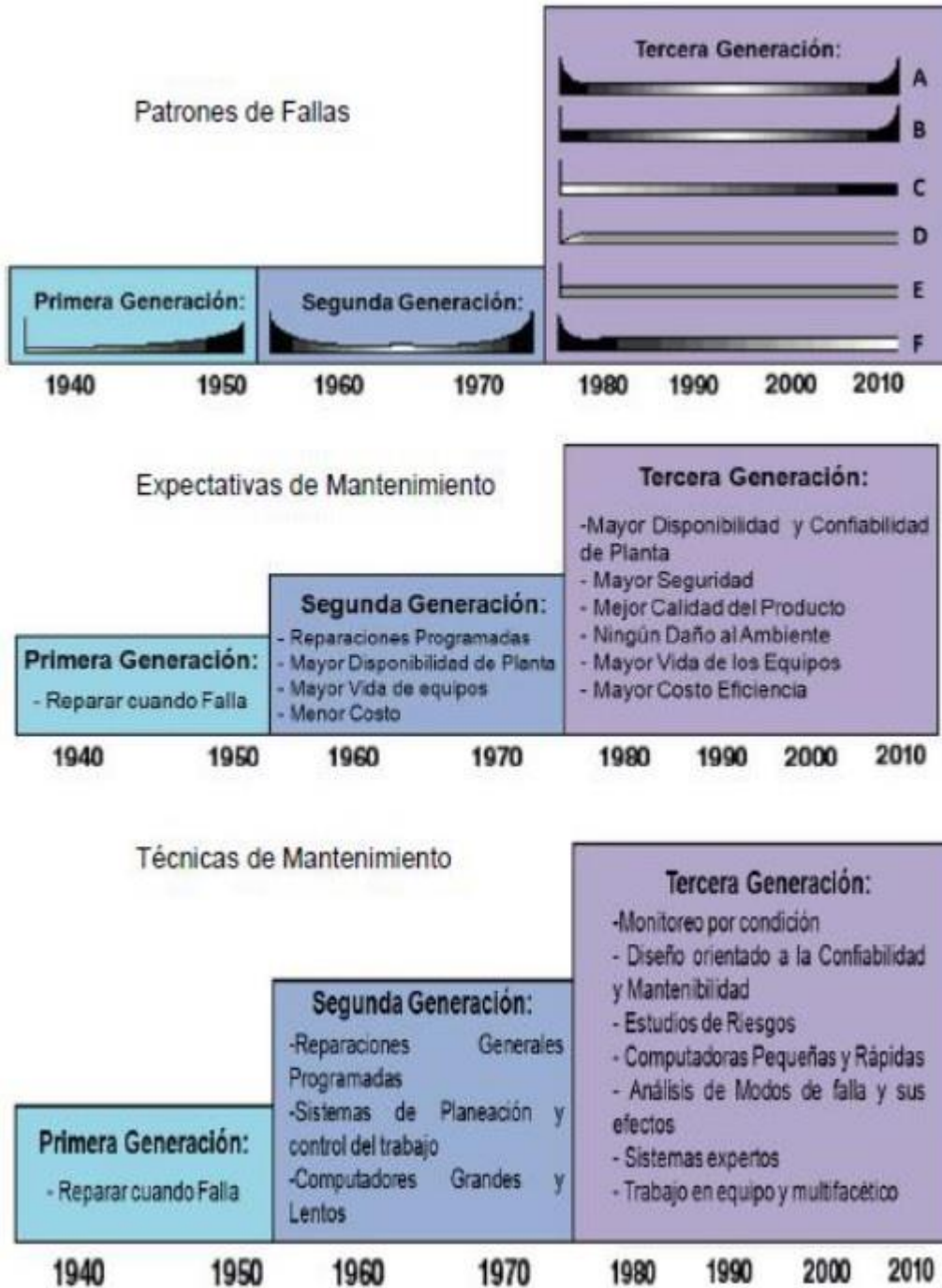
El RCM se desarrolló debido a que en las teorías de mantenimiento de la época siempre habían relaciones causa efecto entre el mantenimiento programado y la confiabilidad operacional, esta suposición estaba basada en la creencia intuitiva de que las partes mecánicas se desgastaban y que la confiabilidad de cualquier equipo

¹ ROMERO GÓMEZ, Angélica ; JOLIANIS NAVARRO, Liliana, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la superintendencia de operaciones de mares, UIS, Trabajo de grado, 2011.

estaba directamente relacionada con la edad operacional (ver figura 3), el único problema que había era determinar la edad límite de las partes para reemplazarlas y asegurar una operación confiable. Las teorías de la primera y segunda generación del mantenimiento utilizaban como modelos los patrones de falla tradicionales como el patrón A o “Curva de la bañera” que comienza con una gran incidencia de fallas (mortalidad infantil) seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla y por último una zona de desgaste o el patrón B (ver figura 4) que muestra una probabilidad condicional de falla constante o que crece lentamente y que termina también en una zona de desgaste, sin embargo a través de los años se descubrió que muchos tipos de fallas no podían ser prevenidas de forma efectiva sin importar cuán intensas fueran las actividades de mantenimiento preventivo que se realizaran debido a que las fallas no seguían los patrones tradicionales A o B, pero gracias a las investigaciones realizadas en la industria de la aviación se logró determinar que habían en realidad seis patrones de falla distintos que afectaban la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos, con estos cambios de paradigmas se inició la tercera generación del mantenimiento en el cual las exigencias y expectativas de mantenimiento son mucho mayores lo que obligó a realizar también cambios radicales en las técnicas y teorías del mantenimiento (ver figura 4)².

² ROMERO GÓMEZ, Angélica ; JOLIANIS NAVARRO, Liliana, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la superintendencia de operaciones de mares, UIS, Trabajo de grado, 2011.

Figura 4. Generaciones del RCM



Fuente: Reliability-Centered Maintenance RCM II, Jhon Moubray.

2.2 DEFINICIÓN DEL RCM.

La Norma SAE JA1011 define el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de la siguiente manera: “RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser implementadas para administrar los modos de falla que pueden causar fallas funcionales en cualquier activo físico en su contexto operacional”; en el libro de RCM II de Jhon Moubray el autor plantea la siguiente definición: “RCM es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. El RCM es el proceso usado para determinar el enfoque más efectivo del mantenimiento, esto implica identificar acciones que cuando se toman reducen la probabilidad de falla de la forma más costo-efectiva buscando una mezcla óptima de acciones basadas por condición, acciones basadas en ciclos o en tiempo o el enfoque de operar hasta que falle”. En conclusión el RCM es un proceso que permite determinar las tareas mínimas de mantenimiento (Correctivo, Preventivo y Predictivo) necesarias para que los activos cumplan con su función en su contexto operacional³.

Figura 5. Clasificación del RCM.



Fuente: NASA Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment.

³ ROMERO GÓMEZ, Angélica ; JOLIANIS NAVARRO, Liliana, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la superintendencia de operaciones de mares, UIS, Trabajo de grado, 2011.

2.3 LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS EN RCM.

El RCM plantea siete preguntas básicas acerca del activo o sistema que se quiere revisar:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.3.1 Funciones, parámetros de funcionamiento y contexto operacional. El primer paso en el proceso del RCM es definir las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, o sea, determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo, las funciones se dividen en dos categorías:

- Funciones primarias: éstas son la razón de ser del activo o para lo que se adquirió el activo.
- Funciones secundarias: son las funciones adicionales que cumple el activo, éstas están relacionadas con confort, seguridad, apariencia, protección, regulaciones ambientales, etc.

2.3.2 Fallas funcionales. Después de identificar las fallas funcionales hay que identificar los hechos posibles que puedan haber causado cada estado de falla, se responde la pregunta ¿cuál es la causa de cada falla funcional?, dentro de estos modos de fallas se incluyen las causadas por deterioro o desgaste, por errores humanos (operadores y personal de mantenimiento) y por errores de diseño. Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado; las cinco causas de la pérdida de la capacidad son deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme y errores humanos.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial, esto se presenta cuando hay sobrecarga deliberada sobre el activo de forma constante y sobrecarga no intencional constante o repentina.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se requiere.

2.3.3 Efectos de fallas. En este paso se describe qué pasa cuando ocurre un modo de falla, un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla, el efecto de falla responde a la pregunta ¿qué sucede cuando ocurre cada falla? mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿qué importancia tiene? Al describir un efecto de falla se debe constatar lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla.
- La forma en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el ambiente.
- La forma en que afecta la producción o la operación.
- Los daños físicos causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

2.3.4 Consecuencia de las fallas. En este paso se responde a la pregunta ¿en qué sentido es importante cada falla? para determinar cuáles son las fallas que más afectan la organización y cuáles no. Debido a las consecuencias de las fallas, se pueden afectar las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente; las consecuencias se dividen en cuatro grupos: las consecuencias por fallas ocultas, consecuencias ambientales y para la seguridad, consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales.

2.3.5 Modelos de falla. Por estudios realizados se determinó que existen seis modelos de falla que aplican a equipos, componentes y/o partes en cuestión, que al momento de identificarlos ayudan a determinar la mejor estrategia para el mantenimiento. Los modelos son:

Curva de la Batea: muestra una “probabilidad” de falla cuando está nuevo (realmente en términos matemáticos esta no es una probabilidad, sino, una “densidad de falla $f(x)$ ”, pero para efectos prácticos podríamos asimilarlo a una probabilidad), es lo que se conoce comúnmente como mortalidad infantil. Luego la probabilidad de falla del equipo (componente o parte) disminuye hasta un punto donde se mantiene igual por un tiempo determinado, periodo donde las fallas que se producen son aleatorias, hasta llegar a otro punto donde nuevamente la probabilidad de falla comienza a aumentar.

Los equipos o piezas que presentan este modelo de falla son equipos que cuando nuevos requieren de algunos ajustes y que tienen piezas sometidas a desgaste.

Figura 6. Curva de la batea



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Análisis de fallas para determinar las fallas de causas infantiles.
- Monitoreo de la condición.
- Reemplazo o reparación basada en el tiempo.

Desgaste: esta curva nos representa un modelo aleatorio de falla desde nuevo hasta un punto donde aumenta la probabilidad de falla. Este modelo se presenta en piezas sometidas a desgaste. Cuando nuevas solo presentan fallas aleatorias, pero cuando pasan cierto límite de desgaste su probabilidad de falla aumenta exponencialmente.

Figura 7. Desgaste



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Reparación basada en el tiempo.
- Reemplazo basado en el tiempo.
- Análisis de fallas si el desgaste está ocurriendo antes de lo estimado o requerido

Fatiga: el equipo o pieza va incrementando su probabilidad de falla linealmente a medida que va envejeciendo. Se presenta en piezas sometidas a esfuerzos cíclicos o fatiga. También ocurre en elementos que se deterioran con el tiempo.

Figura 8. Fatiga



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Monitoreo de la condición.
- Análisis de fallas si la tasa de falla es muy elevada.

Seguridad Infantil: elementos que nuevos son extremadamente confiables, pero con el tiempo adquieren un modelo de falla aleatoria.

Figura 9. Seguridad Infantil



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Monitoreo de condición
- Operar hasta fallar.
- Análisis de fallas si la tasa de falla es más alta que la deseada o requerida.
- Provisión de repuestos.

Aleatorio: en este modelo el elemento tiene la misma probabilidad de falla en cualquier momento de su vida. La mayoría de los componentes electrónicos se rigen por este modelo.

Figura 10. Aleatorio



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategias recomendadas:

- Análisis de fallas para determinar las causas de las fallas infantiles.
- Provisión de repuestos.
- No se recomienda implementar estrategias de mantenimiento basadas en el tiempo.

Mortalidad Infantil: se presenta una mayor probabilidad de falla cuando el componente es nuevo. Si no falló al principio, la probabilidad de falla en el resto de su vida es aleatoria.

Figura 11. Mortalidad Infantil



Fuente: www.rcm2-soporte.com

Estrategia recomendada:

- Reemplazo basado en el tiempo o en función del costo o riesgo.
- Reparación basada en el tiempo o en función del costo o riesgo.

3. TAXONOMÍA

3.1 ÁRBOL DE EQUIPOS ACTUAL “CIRCUITO NARE LINEA 13,2 KVAC”.

Actualmente en el sistema de información SAP PM utilizado en Campo Nare se encuentra el siguiente árbol de equipos que representa el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare:

Figura 12. Sistema de información SAP PM - Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Parte 1.

The screenshot shows the SAP PM interface for 'Modificar aviso-MT: Lista de estructura'. The technical location is 'MA-CO-2000-NARE' and the date is '25.06.2016'. The structure is organized as follows:

- MA-CO-2000-NARE-05SGN-ELEC-DIST (SISTEMA DISTRIBUCION ELECTRICA)
 - 119206 (SUBESTACION MEDIA TENSION)
 - CIRCUITO NARE LINEA 13.2 KVAC** (circled in red)
 - 119207 (ESTR RETENSION ANGULO CTO NARE)
 - 119208 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR02)
 - 119209 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR03)
 - 119210 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR05)
 - 119211 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR05)
 - 119212 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR05)
 - 119213 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR05)
 - 119214 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR07)
 - 119215 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR08)
 - 119216 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR09)
 - 119217 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR10)
 - 119218 (ESTR RETENSION DOBLE EN ANGULO CTO NR11)
 - 119219 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR12)
 - 119220 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR13)
 - 119221 (ESTR RETENSION DOBLE EN H ALIM MOD NR13A)
 - 119222 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR14)
 - 119223 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR15)
 - 119224 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR17)
 - 119225 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR17)
 - 119226 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR18)
 - 119227 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19)
 - 119228 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19A)
 - 119229 (ESTR R4 CTO CON CORTAFUSIBLE NR19B)
 - 119230 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19B1)
 - 119231 (ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19B2)

Fuente: Mansarovar Energy Colombia Ltd.

Figura 13. Sistema de información SAP PM - Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Parte 2.

Modificar aviso-MT: Lista de estructura

Nivel hacia arriba Detalles completos

Ubicación: MA-CO-2000-NARE Válido de: 25.06.2016
 Denominación: GERENCIA DE NARE

•	119226	ESTRUCTURA R4 CTO NARE NR18
•	119227	ESTRUCTURA R4 CTO NARE NR19
•	119228	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19A
•	119229	ESTR R4 CTO CON CORTAFUSIBLE NR19B
•	119230	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19B1
•	119231	ESTRUCTURA R4 CTO NARE NR19B2
•	119232	ESTRUCTURA R4 CTO NARE NR19B3
•	119233	ESTR DE PASO SENCILLO NR19B3A
•	119234	ESTR DE PASO SENCILLO NR19B3B
•	119235	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19B4
•	119236	ESTR RETENSION DOBLE-CORTACIR NR19B5
•	119237	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19B6
•	119238	ESTR DE PASO SENCILLO NR19B7
•	119239	ESTR DE PASO SENCILLO NR19B8
•	119240	ESTR DE PASO EN H NR19C
•	119241	ESTR DE PASO EN H NR19D
•	119242	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19D1
•	119243	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19D2
•	119244	ESTR RETENSION DOBLE-CORTACIR NR19D3
•	119245	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19D4
•	119246	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19D5
•	119247	ESTR RETEN DOBLE EN ANGU CTO NR19E
•	119248	ESTR DE PASO EN H NR19F
•	119249	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR19G
•	119250	ESTR RETENSION EN H NR19H
•	119251	ESTR DE PASO SENCILLO NR20
•	119252	ESTR DE PASO SENCILLO NR21

Fuente: Mansarovar Energy Colombia Ltd.

Figura 14. Sistema de información SAP PM - Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Parte 3.

The screenshot shows the SAP PM interface for 'Modificar aviso-MT: Lista de estructura'. The header indicates the location 'MA-CO-2000-NARE' and the date '25.06.2016'. The main table lists various electrical structures with their IDs and descriptions.

Ubic.téc.	MA-CO-2000-NARE	Válido de	25.06.2016
Denominación	GERENCIA DE NARE		
	119252	ESTR DE PASO SENCILLO NR21	
	119253	ESTR DE PASO SENCILLO NR22	
	119254	ESTR DE PASO SENCILLO NR23	
	119255	ESTR DE PASO SENCILLO NR24	
	119256	ESTR DE PASO SENCILLO NR25	
	119257	ESTR DE PASO SENCILLO NR26	
	119258	ESTR DE PASO SENCILLO NR27	
	119259	ESTR DE PASO SENCILLO NR28	
	119260	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR29	
	119261	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR29A	
	119262	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR29B	
	119263	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR30	
	119264	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR31	
	119265	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR32	
	119266	ESTRUCTURA R4 CON CORTACIRCUITOS NR33	
	119267	ESTRUCTURA R4 CON CORTACIRCUITOS NR34	
	119268	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR34A	
	119269	ESTR RETENSION DOBLE EN H NR34B	
	119270	ESTR DE PASO SENCILLO NR35	
	119271	ESTR DE PASO SENCILLO NR36	
	119272	ESTR DE PASO SENCILLO NR36A	
	119273	ESTR DE PASO SENCILLO NR36B	
	119274	ESTR PASO SENCILLO-CORTACIRCUITO NR37	
	119275	ESTR DE PASO SENCILLO NR38	
	119276	ESTR RETENSION SENCILLA NR38A	
	119277	ESTR DE PASO SENCILLO NR39	
	119278	ESTR DE PASO SENCILLO NR40	

Fuente: Mansarovar Energy Colombia Ltd.

3.2 NORMA ISO 14224

3.2.1 Clasificación taxonómica. Antes de comenzar el análisis RCM, debemos dividir los equipos y especificar sus límites, con el objetivo de facilitar la realización del proceso.

La norma ISO 14224 considera que una descripción clara de los límites es un requisito necesario para recopilar, compartir y analizar datos de fiabilidad y mantenimiento de diferentes fuentes. Esto también facilita la comunicación entre operadores, personal de mantenimiento y fabricantes de maquinaria. De otro modo, la puesta en común y análisis de datos estaría basado en datos incompatibles.

Denominamos taxonomía a un sistema de clasificación de elementos en grupos genéricos basados en factores comunes a varios de ellos (como pueden ser localización, utilización, subdivisiones de equipos, etc.).

Figura 15. Principios fundamentales para taxonomía.



Fuente: <http://alterevoingenieros.blogspot.com.co/2014/04/rcm-taxonomia-y-principios-fundamentales.html>

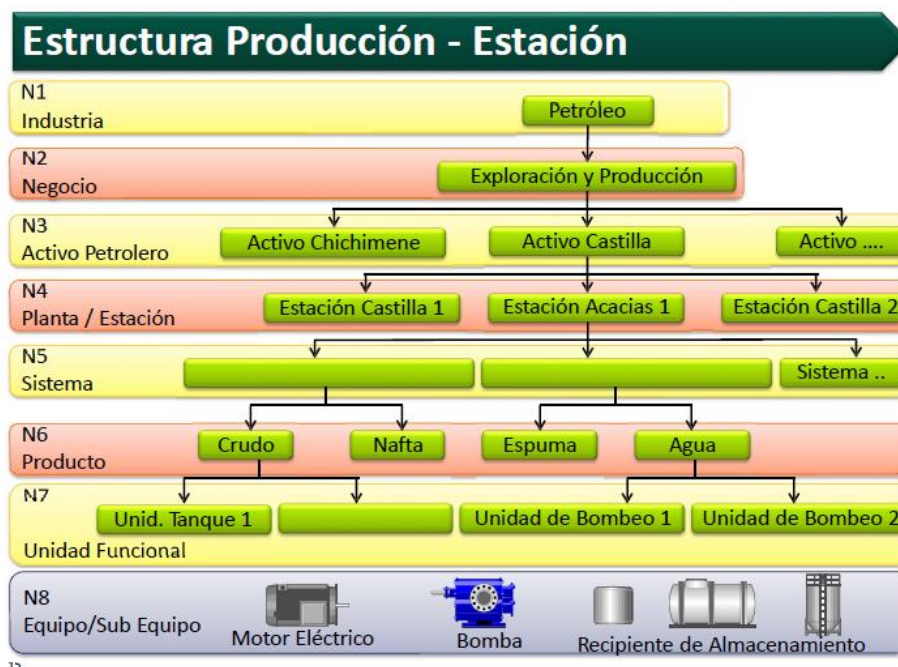
Los cinco primeros niveles de este sistema de taxonomía representan la categorización de alto nivel, que están relacionados con las instalaciones en las que los equipos están operando, esto es porque un mismo equipo puede ser utilizado en diferentes industrias, configuraciones y, algo a tener en cuenta en el análisis de fiabilidad, en diferentes contextos de utilización.

Los cuatro niveles siguientes están relacionados con los equipos con sus subdivisiones en niveles inferiores en una relación jerárquica. El número de subdivisiones para la recopilación de datos depende de la complejidad del equipo y de la utilización de los datos. Para un instrumento simple podría ser suficiente un solo nivel de jerarquización, mientras que para un equipo complejo, como un

compresor, se podrían necesitar varios niveles; el último nivel (elemento) sólo se utilizará en equipos muy complejos.

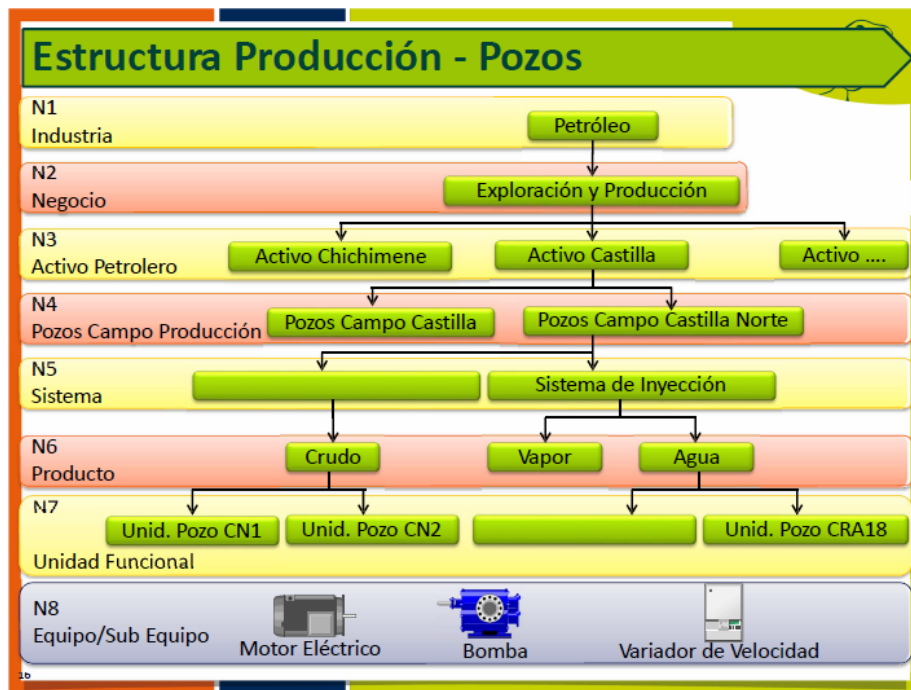
3.2.2 Taxonomía ECOPETROL. ECOPETROL S.A. con el afán de estandarizar sus procesos y en base a la norma ISO 14224 definió una jerarquía en la cual cada nivel es representado por siglas que permiten codificar un código para cada activo. A continuación se muestran ejemplos para los diferentes niveles:

Figura 16. Jerarquía de equipos y componentes estación de producción ECOPETROL S.A.



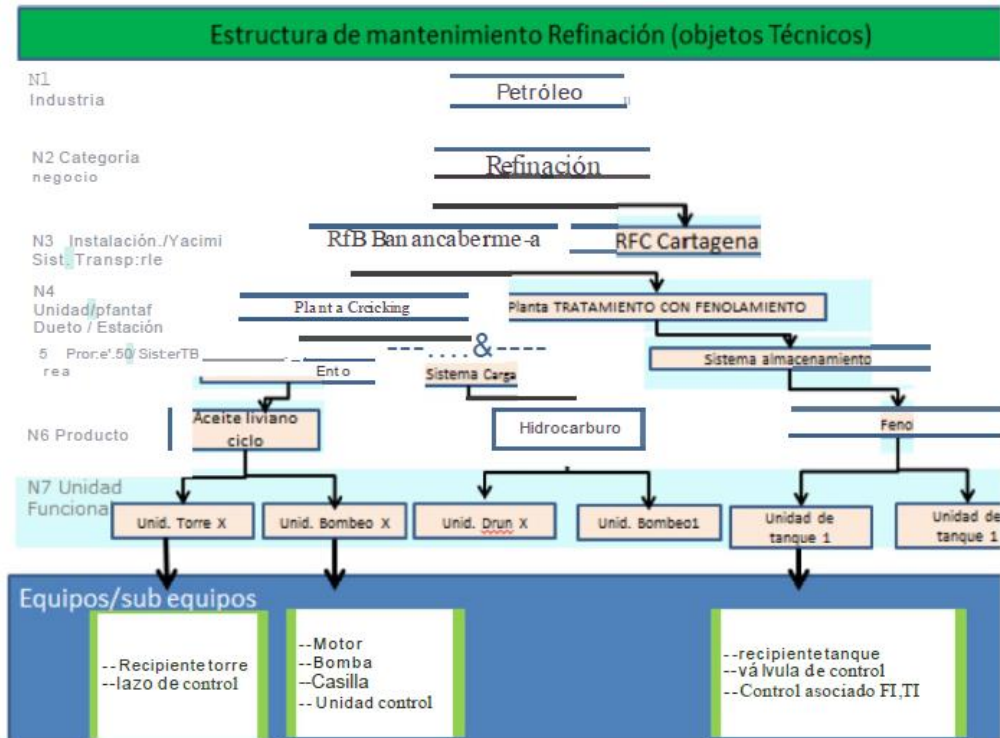
Fuente: Presentación Bureau Veritas Colombia Ltd._Taxonomia_Final_2015

Figura 17. Jerarquía de equipos y componentes pozo de extracción ECOPETROL S.A.



Fuente: Presentación Bureau Veritas Colombia Ltd._Taxonomia_Final_2015

Figura 18. Jerarquía de equipos y componentes refinación ECOPETROL S.A.



Fuente: Presentación Bureau Veritas Colombia Ltd._Taxonomia_Final_2015

3.3 PROPUESTA ÁRBOL DE EQUIPOS “CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN CAMPO DE PRODUCCIÓN NARE”.

Se realizó la inspección y registro de todos los equipos y componentes que conforman el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare y de acuerdo a esto se complementó el árbol de equipos existente:

Tabla 2. Árbol de equipos actualizado para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 1.

EQUIPOS	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
L 13.2KV		LINEAS DE DISTRIBUCIÓN 13,2 kV CTO NARE-UNDERRIVER
	N-01	ESTRUCTURA DE ARRANQUE CTO NARE UNDERRIVER
	SEC -01	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO URN (DESENERGIZA TODO EL CTO NARE)
	N-02	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-03	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-04	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE
	N-05	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-06	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	N-07	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-08	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-09	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-10	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-11	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-12	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	SEC -02	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE (DESENERGIZA TODO EL CTO NARE)
	RECONECTADOR-01	RECONECTADOR TRIPOLAR
	N-13	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE
	N-13A	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-13B	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	N-13C	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA CCM MODULO
	SEC -03	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE (DESENERGIZA TODO EL MODULO NARE)
	RECONECTADOR-02	RECONECTADOR TRIPOLAR ALIMENTA MODULO
	N-14	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	N-15	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA CCM TRATAMIENTO ANTIGUO TRAF0- 630 KVA
	N-16	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ALIMENTACION SUBESTACION N-11)
	N-17	ESTRUCTURA DE RETENCION CTO NARE
	SEC-04	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE
	N-18	ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO CTO NARE (P112) (DESHABILITADA-ALIMENTABA ANTIGUO POLIDERPORTIVO)
	N-19	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ALIMENTACION SUBESTACION BREA)
	N-20	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE
	N-20A	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H
	N-20B	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ALIMENTACION TRANSFORMADOR 225 KVA SUBESTACION N-20)
	N-20B1	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H
	N-20B1A	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	SEC-05	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR DESENERGIZA EL CLUSTER URS HZE CTO NARE
	N-20B1B	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	N-20B1C	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	N-20B1D	ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRASFORMADOR DE 400 KVA CLUSTER URS HZE CTO NARE
	N-20B2	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ANTIGUA SUBESTACION N-41 DESMANTELADA)
	N-20B3	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE
	N-20B3A	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	N-20B3B	ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRASFORMADOR DE 112,5 KVA CLUSTER URS-06 CTO NARE
	N-20B3C	ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 CTO NARE
	N-20B3D	ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRASFORMADOR DE 400 KVA CLUSTER URS-HZ-D CTO NARE
	N-20B4	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	N-20B5	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	SEC-06	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR DESENERGIZA EL CLUSTER URS-02, SUBESTACION N-51 Y EL CLUSTER URS-HZA CTO NARE

Tabla 3. Árbol de equipos actualizado para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 2.

N-20B6		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA TRANSFORMADOR 300 KVA SUBESTACION N-51
N-20B6A		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20B6B		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20B6C		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
N-20B6D		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRASFORMADOR DE 500 KVA CLUSTER URS-HZA CTO NARE
N-20B7		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
N-20B8		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRASFORMADOR DE 225 KVA CLUSTER URS-02 CTO NARE
N-20C		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20D		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRASFORMADOR DE 300 KVA SUBESTACION N-19 CTO NARE
N-20D1		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20D2		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRASFORMADOR DE 225 KVA SUBESTACION N-18 CTO NARE
N-20D3		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20D4		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20D5		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRASFORMADOR DE 225 KVA SUBESTACION N-14 CTO NARE
N-20E		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20F		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20G		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-20H		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRASFORMADOR DE 225 KVA SUBESTACION N-38 CTO NARE
N-21		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION PASO (XLP SUBTERRANEA)
N-22		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA CON RETENCION HACIA EL CLUSTER URSF
N-22A		ESTRUCTURA DE RETENCION CTO URN (R550) ALIMENTA TRAF0 300 KVA CLUSTER URSF
N-23		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA (R550) ALIMENTA TRAF0 DE 112,5 KVA CLUSTER URS-08
N-24		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA
N-25		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO BANDERA
N-26		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA TRANSFORMADOR 112,5 KVA CULSTER URS-11
N-27		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
	SEC-07	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE
N-28		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
N-29		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE
N-30		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-30A		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
	BANCO DE CONDESADORES 150 KVA	BANCO DE CONDESADORES 150 KVA
N-30B		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE (ALIMENTA TRAF0 ANTIGUO CCM GENERACION DE VAPOR)
N-31		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR 300 KVA SUBESTACION N-23
N-32		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-33		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-34		ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION ALIMENTA TRANSFORMADOR 225 KVA SEBESTACION N-24 CTO NARE
	CORTACIRCUITOS	CORTACIRCUITOS TRIPOLAR QUE PERMITE DESENERGIZAR ANTE UNA MANIOBRA LAS SUBESTACIONES N-28-URS-12-URS14 Y URS-15
N-35		ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION ALIMENTA TRANSFORMADOR 225 KVA SUBESTACION N-28 CTO NARE
N-35A		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-35B		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR 225 KVA SUBESTACION N-26
N-35B1		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-35B2		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE
N-35B3		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR 30 KVA CASETA BOMBEO UNDERRIVER (LA TRAMPA) CTO NARE
N-36		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA
N-37		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA CON RETENCION HACIA LA ESTRUCTURA 37A
N-37A		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA
N-37B		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 150 KVA UNDERRIVER SUR 12
N-38		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA
	CORTACIRCUITOS	CORTACIRCUITOS TRIPOLAR QUE PERMITE DESENERGIZAR ANTE UNA MANIOBRA LAS SUBESTACIONES (URS14 Y URS-15)
N-39		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO SEMIBANDERA CTO NARE
N-39A		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 75 KVA UNDERRIVER SUR 14 CTO NARE
N-40		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO BANDERA CTO NARE
N-41		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO BANDERA CTO NARE
N-42		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 150 KVA URS 15 CTO NARE

En base a la norma ISO14224 y la metodología definida por ECOPETROL se propone el siguiente árbol de equipos definitivo:

Tabla 4. Taxonomía y árbol de equipos propuesto para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 1.

EQUIPOS	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-L13,2KV		LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN 13,2 KV CTO NARE-UNDERRIVER
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N01	ESTRUCTURA DE ARRANQUE CTO NARE UNDERRIVER N01
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON101	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO URN N01 (DESENERGIZA TODO EL CTO NARE)
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N02	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N02
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ERECON201	RECONECTADOR TRIPOLAR N02
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ETREN201	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/208-120 V N02
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ETGBN201	TABLERO MEDIDOR CONSUMO DE ENERGÍA N02
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N03	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N03
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N04	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE N04
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N05	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N05
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N06	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N06
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N07	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N07
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N08	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N08
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N09	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N09
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N10	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N10
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N11	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N11
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N12	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N12
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON1202	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE (DESENERGIZA TODO EL CTO NARE) N12
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ERECON1202	RECONECTADOR TRIPOLAR N12
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N13	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE N13
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON1303	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE (DESENERGIZA TODO EL MODULO NARE) N13
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N13A	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N13A
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N13B	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N13B
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N13C	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA COM MODULO N13C
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ERECON1303	RECONECTADOR TRIPOLAR ALIMENTA MODULO N13C
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N14	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N14
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N15	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA COM TRATAMIENTO ANTIGUO TRAF0-630 KVA N15
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N16	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ALIMENTACION SUBSTACION N-11) N16
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N17	ESTRUCTURA DE RETENCION CTO NARE N17
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON1704	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE N17
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N18	ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO CTO NARE (P112) (DESHABILITADA-ALIMENTABA ANTIGUO POLDERPORTIVO) N18
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N19	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ALIMENTACION SUBSTACION BREA) N19
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE N20
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20A	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H N20A
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ALIMENTACION TRANSFORMADOR 225 KVA SUBSTACION N-20) N20B
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B1	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H N20B1
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B1A	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N20B1A
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON20B1A05	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR DESENERGIZA EL CLUSTER URS HZE CTO NARE N20B1A05
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B1B	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N20B1B
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B1C	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N20B1C
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B1D	ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 400 KVA CLUSTER URS HZE CTO NARE N20B1D
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B2	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION (ANTIGUA SUBSTACION N-41 DESMANTELADA) N20B2
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B3	ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION CTO NARE N20B3
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-EBCN120B301	BANCO DE CONDESADORES 150 KVA N20B3
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B3A	ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N20B3A
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B3B	ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 112,5 KVA CLUSTER URS-06 CTO NARE N20B3B
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B3C	ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 CTO NARE N20B3C
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B3D	ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 400 KVA CLUSTER URS-HZ-D CTO NARE N20B3D
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B4	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20B4
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B5	ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20B5
	O-EYP-CNA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON20B506	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR DESENERGIZA EL CLUSTER URS-02, SUBSTACION N-51 Y EL CLUSTER URS-HZA CTO NARE N20B5

Tabla 5. Taxonomía y árbol de equipos propuesto para el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare – Parte 2.

O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B6		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA TRANSFORMADOR 300 KVA SUBESTACION N-51 N20B6
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B6A		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20B6A
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B6B		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20B6B
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B6C		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N20B6C
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B6D		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 500 KVA CLUSTER URS-HZ-A CTO NARE N20B6D
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B7		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N20B7
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20B8		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 225 KVA CLUSTER URS-02 CTO NARE N20B8
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20C		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20C
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20D		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 300 KVA SUBESTACION N-19 CTO NARE N20D
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20D1		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20D1
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20D2		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 225 KVA SUBESTACION N-18 CTO NARE N20D2
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20D3		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20D3
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20D4		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20D4
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20D5		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 225 KVA SUBESTACION N-14 CTO NARE N20D5
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20E		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20E
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20F		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20F
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20G		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N20G
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N20H		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 225 KVA SUBESTACION N-38 CTO NARE N20H
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N21		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION PASO (XLP SUBTERRANEA) N21
	O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON2107	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE N21
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N22		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA CON RETENCION HACIA EL CLUSTER URSF N22
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N22A		ESTRUCTURA DE RETENCION CTO URN (R550) ALIMENTA TRAF0 300 KVA CLUSTER URSF N22A
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N23		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA (R550) ALIMENTA TRAF0 DE 112,5 KVA CLUSTER URS-08 N23
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N24		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA N24
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N25		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO BANDERA N25
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N26		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE ALIMENTA TRANSFORMADOR 112,5 KVA CLUSTER URS-11 N26
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N27		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N27
	O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON2708	SECCIONADOR VERTICAL TRIPOLAR CTO NARE N27
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N28		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N28
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N29		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION CTO NARE N29
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N30		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N30
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N30A		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N30A
	O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-EBON30A02	BANCO DE CONDESADORES 150 KVA N30A
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N30B		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE (ALIMENTA TRAF0 ANTIGUO COM GENERACION DE VAPOR) N30B
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N31		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR 300 KVA SUBESTACION N31
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N32		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N32
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N33		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N33
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N34		ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION ALIMENTA TRANSFORMADOR 225 KVA SEBESTACION N-24 CTO NARE N34
	O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON3409	SECCIONADOR UNIPOLAR TIPO CORTACIRCUITO QUE PERMITE DESENERGIZAR ANTE UNA MANIOBRA LAS SUBESTACIONES N-28-URS-12-URS14 Y URS-15 N34
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N35		ESTRUCTURA R-4 DE RETENCION ALIMENTA TRANSFORMADOR 225 KVA SUBESTACION N-28 CTO NARE N35
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N35A		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N35A
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N35B		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H ALIMENTA TRANSFORMADOR 225 KVA SUBESTACION N-26 N35B
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N35B1		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N35B1
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N35B2		ESTRUCTURA DE RETENCION EN H CTO NARE N35B2
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N35B3		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR 30 KVA CASETA BOMBEO UNDERRIVER (LA TRAMPA) CTO NARE N35B3
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N36		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA N36
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N37		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA CON RETENCION HACIA LA
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N37A		ESTRUCTURA N37
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N37A		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA N37A
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N37B		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 150 KVA UNDERRIVER SUR 12 N37B
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N38		ESTRUCTURA SENCILLA DE PASO P-112 TIPO BANDERA N38
	O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-ESECON3810	CORTACIRCUITOS TRIPOLAR QUE PERMITE DESENERGIZAR ANTE UNA MANIOBRA LAS
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N39		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO SEMBANDERA CTO NARE N39
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N39A		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 75 KVA UNDERRIVER SUR 14 CTO NARE N39A
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N40		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO BANDERA CTO NARE N40
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N41		ESTRUCTURA SENCILLA DE RETENCION TIPO BANDERA CTO NARE N41
O-EYP-QWA-LEMT-SDIS-IELE-USA-E-N42		ESTRUCTURA SENCILLA R550 ALIMENTA TRANSFORMADOR DE 150 KVA URS 15 CTO NARE N42

4. FUNCIONES Y EQUIPOS

4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL CIRCUITO ELÉCTRICO 13,2 kV DE CAMPO NARE.

4.1.1 Estructuras

- De un poste.

Figura 19. Estructura en concreto de un poste.



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

Material: concreto

Servicio: retención/paso

Longitud total: 14/16 m

Carga de trabajo: 750 kg/f

Carga de rotura: 1100 kg/f

- **De dos postes.**

Figura 20. Estructura en concreto de dos postes.



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

Material: concreto

Servicio: retención

Longitud total: 14/16 m

Carga de trabajo: 750 kg/f

Carga de rotura: 1100 kg/f

- **De cuatro postes.**

Figura 21. Estructura en concreto de dos postes.



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

Material: concreto

Servicio: retención

Longitud total: 14/16 m

Carga de trabajo: 750 kg/f

Carga de rotura: 1100 kg/f

4.1.2 Equipos

- **Seccionador monopolar**

Figura 22. Seccionador monopolar tipo cortacircuito.



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

- **Seccionador tripolar**

Figura 23. Seccionador tripolar.



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

- **Reconectador**

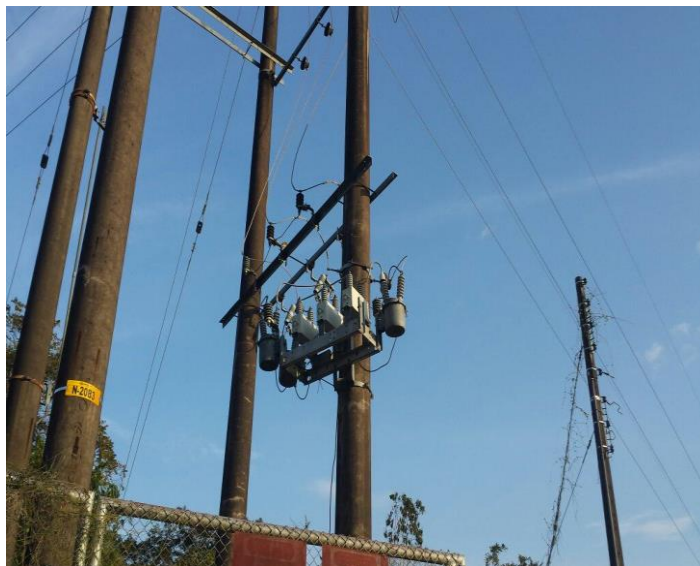
Figura 24. Reconectador



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

- **Banco de condensadores**

Figura 25. Banco de condensadores.



Fuente: Registro fotográfico personal encargado del mantenimiento Massy Energy Colombia

4.2 CONDICIONES OPERACIONALES

Nivel de tensión de 13,2 kV con una longitud de 7,35 km aproximadamente. La función principal del circuito es energizar 27 subestaciones eléctricas encargadas finalmente de alimentar los equipos instalados en alrededor de 100 pozos de extracción, casetas, generadores de vapor, módulos, zonas industriales, porterías, entre otros.

Nivel de tensión: 13,2 kV

Capacidad de carga: 1200 kW

4.3 CONDICIONES AMBIENTALES

El municipio de Puerto Triunfo está ubicado al Norte del departamento de Antioquia, a 187 kilómetros de Medellín, con un territorio de 361 kilómetros cuadrados. Limita al norte con Puerto Nare (Antioquia), al oriente con el departamento de Boyacá, al sur con Sonsón (Antioquia) y al occidente con San Luis (Antioquia). Está caracterizado por dos unidades diferenciales, la planicie cálida del Magdalena Medio y la vertiente cálida húmeda hacia el mismo río. La temperatura promedio es de 31°C, humedad relativas del 56%, velocidad del viento 6 km/h y una probabilidad de precipitaciones del 14%.

4.4 FRONTERAS DEL “CIRCUITO NARE LINEA 13,2 KVAC”

El circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare se alimenta en la Subestación Eléctrica Teca la cual tiene la capacidad de brindar 1200 kW de potencia, correspondientes a una corriente nominal de línea de 60 A y con un nivel de tensión de 13,2 kV. La conexión se encuentra en la estructura de arranque N-01 compuesta de dos postes de concreto y un seccionador tripolar.

Las fronteras del circuito se delimitan por la línea color magenta trazada en las siguientes figuras:

Figura 26. Fronteras circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Parte 1.

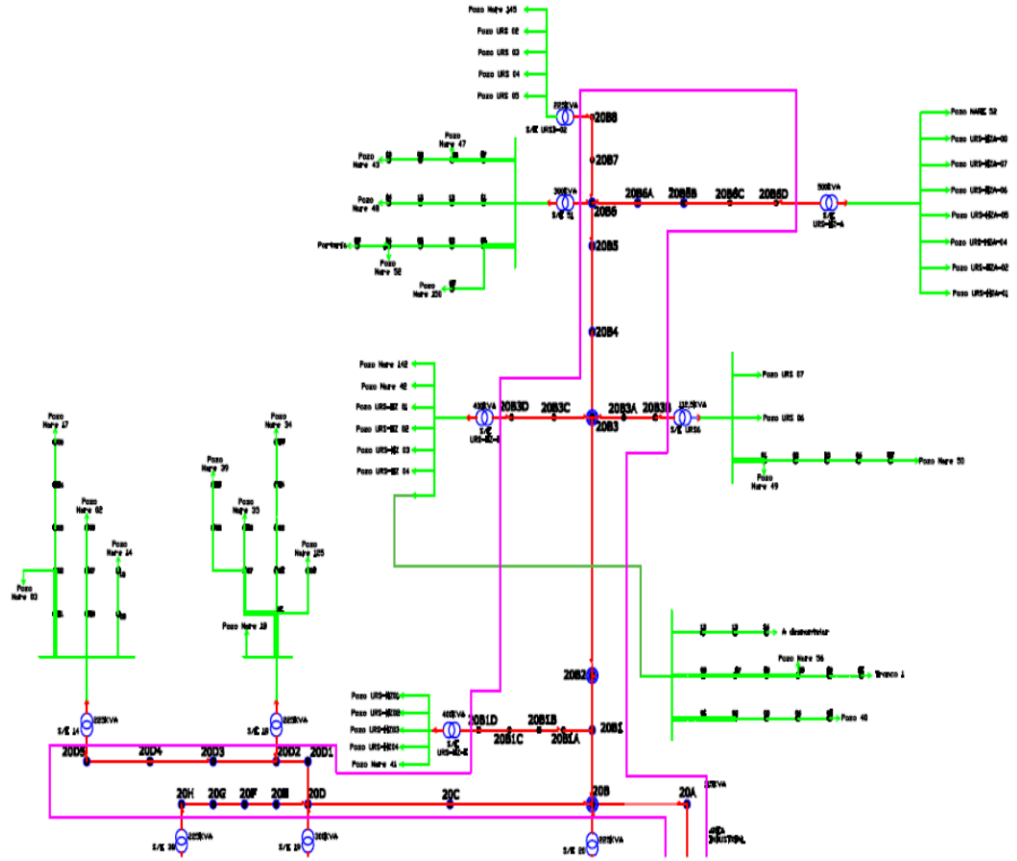


Figura 27. Fronteras circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Parte 2

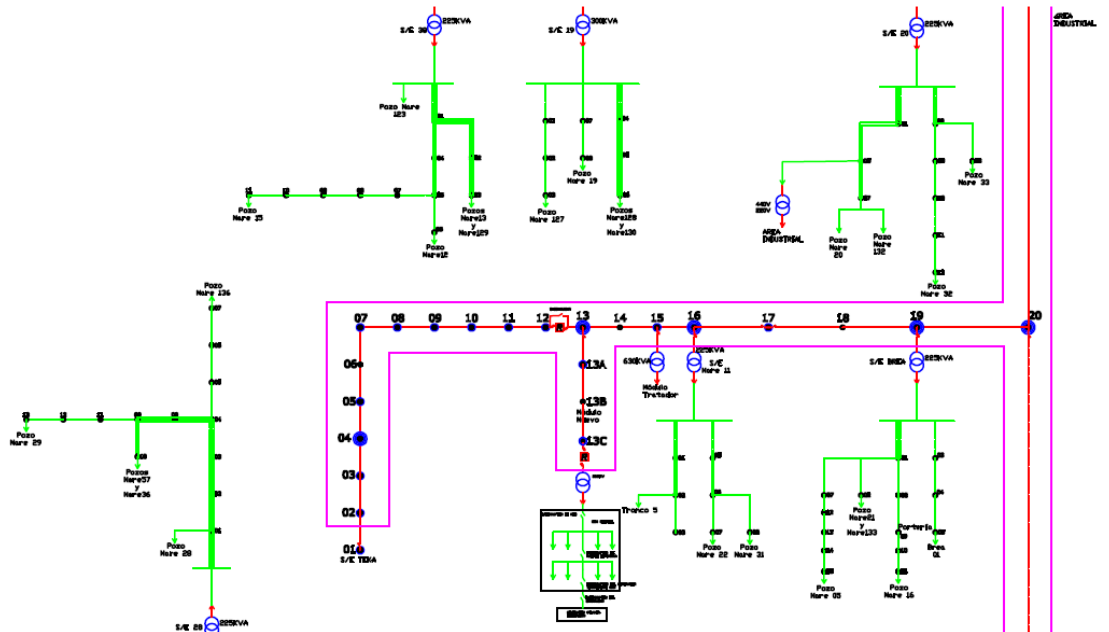
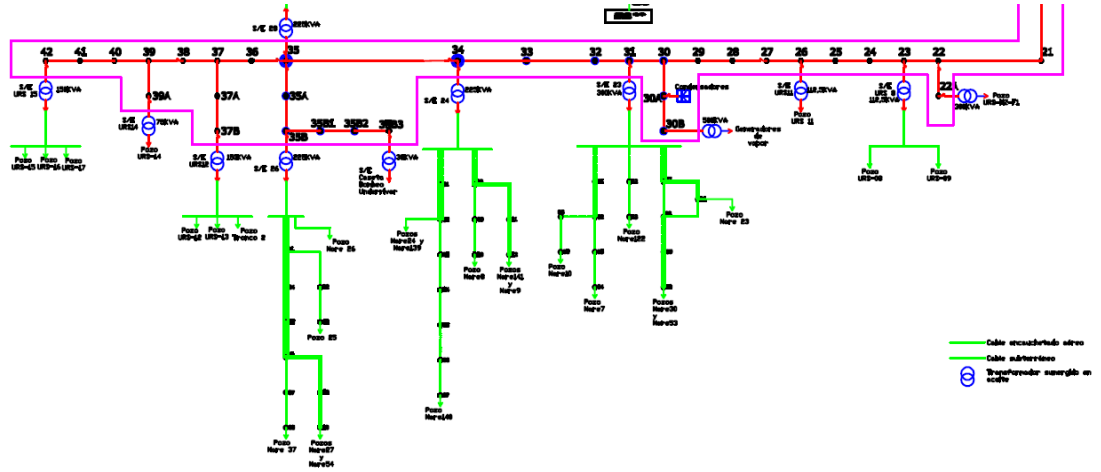


Figura 28. Fronteras circuito eléctrico de media tensión Campo Nare - Parte 3.



4.4.1 Entradas y salidas

Figura 29. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Localización entrada

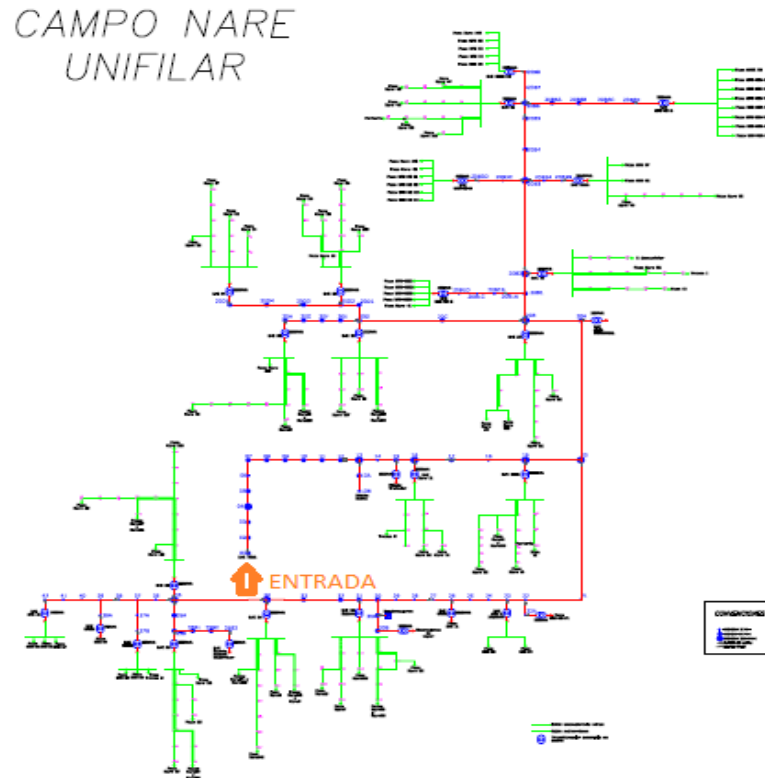


Figura 30. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Entrada

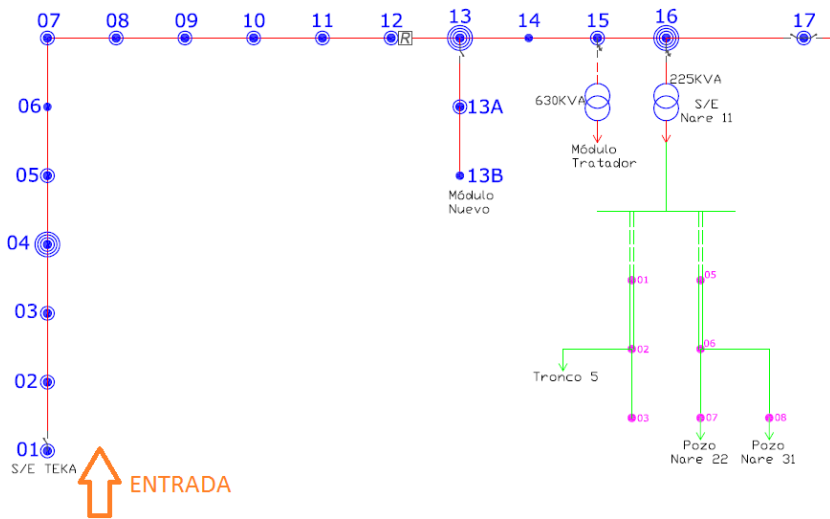


Figura 31. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 1

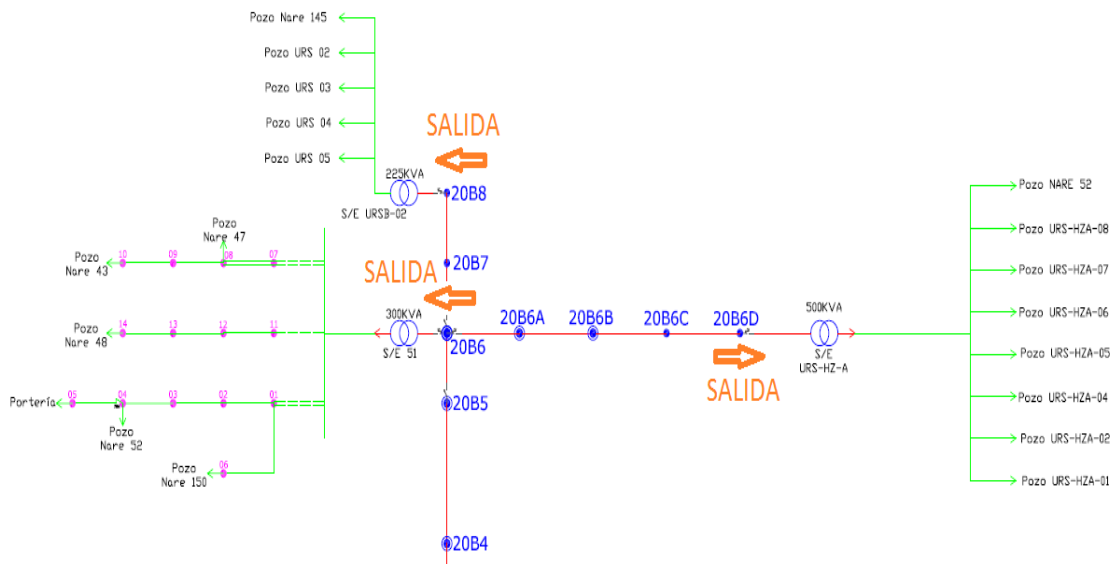


Figura 32. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 2

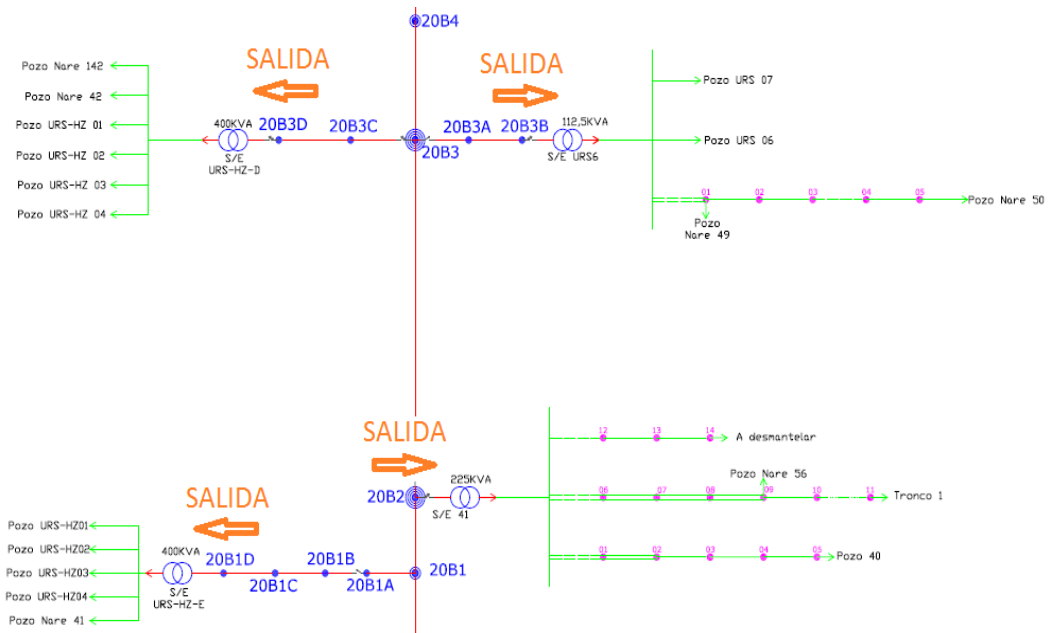


Figura 33. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 3

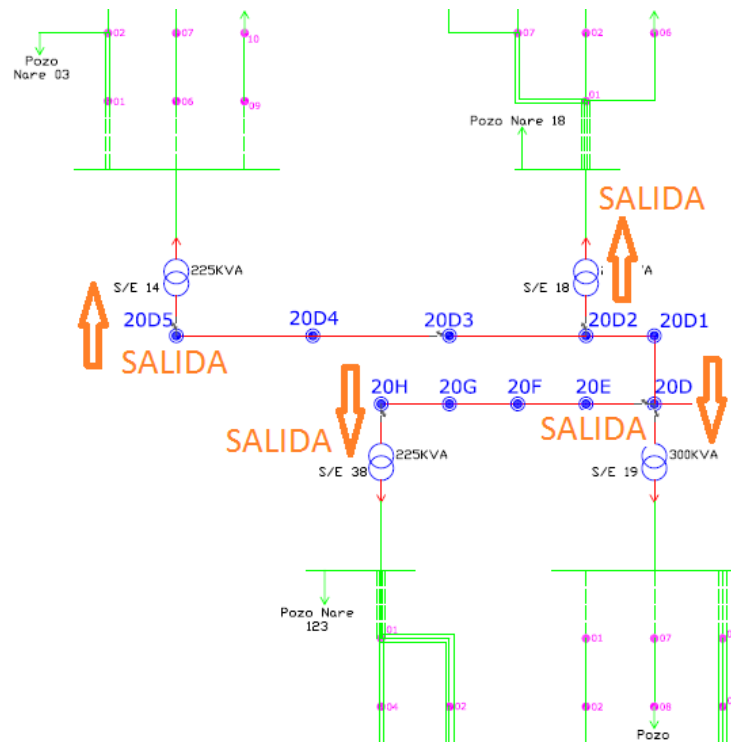


Figura 34. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 4

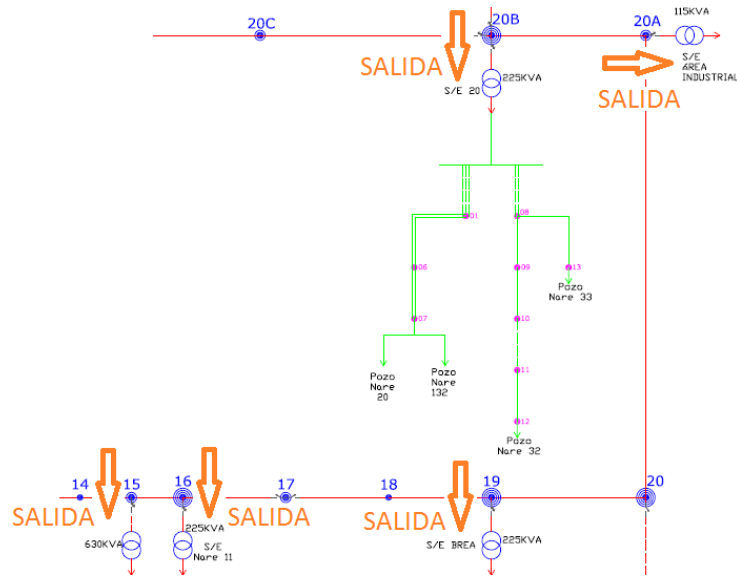
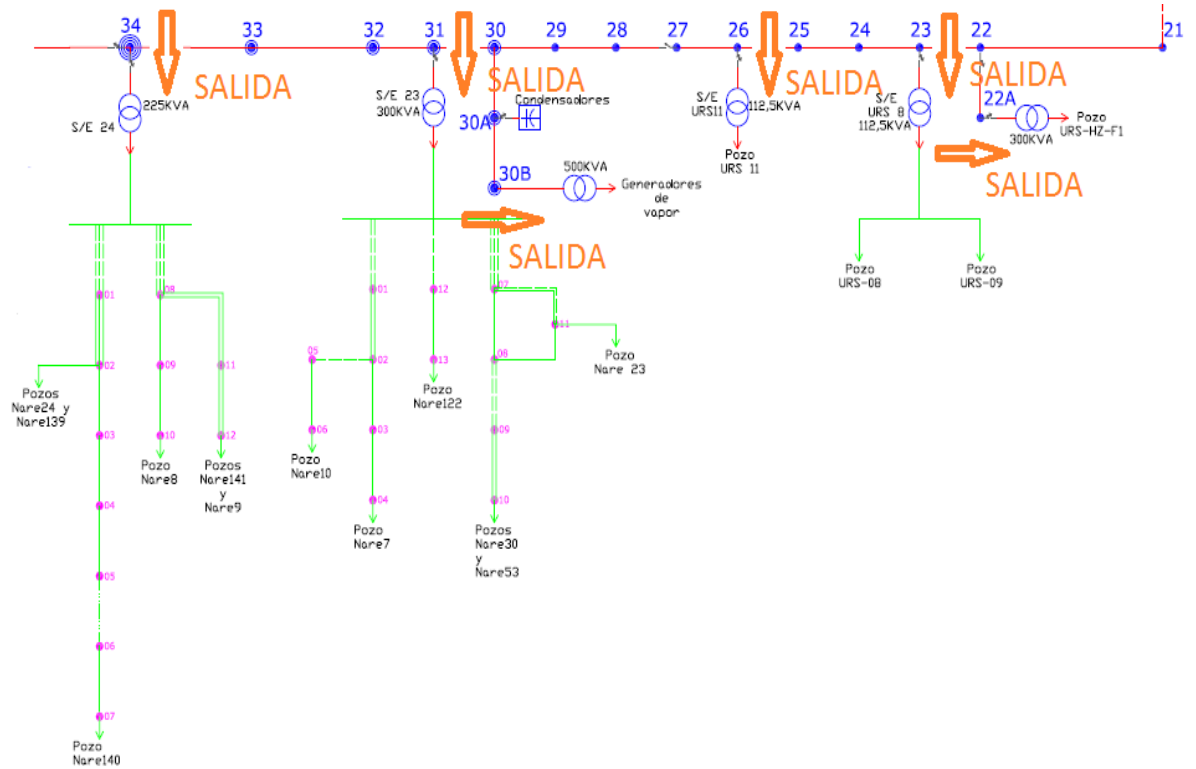


Figura 35. Diagrama unifilar circuito eléctrico de media tensión Campo Nare – Salidas – Parte 5



Fuente: GARAVITO AGUILAR, José Gregorio, Modelo para las especificaciones del mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema de distribución de potencia del campo Rubiales y Quifa mediante el uso de las técnicas de trabajo en línea viva, UIS, Monografía, 2014.

Con base en la figura 37. La función principal del circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare es transportar energía eléctrica y las funciones secundarias son proteger el circuito contra descargas atmosféricas y a su vez proteger y controlar los equipos eléctricos.

5. MODOS DE FALLA

Para realizar el análisis de fallas en el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare se tuvo en cuenta la información suministrada por el personal de Massy Energy Colombia encargado del mantenimiento.

Para efectos de este análisis las causas son a su vez la descripción del efecto del modo de falla y a continuación se muestran aplicando el modelo de hoja de trabajo RCM.

Tabla 6. Hoja de trabajo RCM – Análisis de modos de falla circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 1

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Cód. Efect.	Descripción Efectos
1	Transportar energía eléctrica	A	No transporta energía eléctrica	1	Cable roto o suelto	A	Cableado suelto por conexiones desajustadas
						B	Cableado roto por deterioro natural
						C	Cableado roto por par galvánico
						D	Cableado roto por contactos a tierra generados por animales
				2	Seccionador dañado	A	El seccionador no actúa por conexiones desajustadas
						B	El seccionador no actúa por deterioro natural
						C	El seccionador no actúa por par galvánico
						D	El seccionador no actúa por bajo nivel básico de aislamiento B.I.L.
				3	Apertura no programada del reconector	A	Apertura por conexiones desajustadas en cableado de control
						B	Apertura por rotura del sistema mecánico interno
						C	Apertura por punto flojo en bushing
						D	Apertura por daño en tarjetas electrónicas
						E	Apertura por cortocircuito provocado por la vegetación

Tabla 7. Hoja de trabajo RCM – Análisis de modos de falla circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 2

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Cód. Efect.	Descripción Efectos
				4	Aislador roto o flameado	A	No aísla por flameo inverso
						B	No aísla por ascenso de animales silvestres
						C	No aísla por alta polución y humedad circundante
						D	No aísla por bajo nivel básico de aislamiento B.I.L.
				5	Crucetas, tornillería, bayonetas, grapas, templetes deteriorados	A	Deterioro natural de los materiales
						B	Doblamiento de herrajes por golpes de vehículos
						C	Deterioro por par galvanico
						D	Deterioro por contactos a tierra efecto de elementos externos
				6	Poste roto o desplomado	A	Daño por golpes de vehículos
						B	Daño por erosión natural del terreno
						C	Daño por fractura o desprendimiento del material
						D	Daño por sobretensión mecánica entre vanos

Tabla 8. Hoja de trabajo RCM – Análisis de modos de falla circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 3

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla	Cód. Efect.	Descripción Efectos
2	Proteger el circuito contra descargas atmosféricas	A	No protege el circuito contra descargas atmosféricas	1	Falla en DPS y apantallamiento	A	Alto valor en la resistencia del sistema de puesta a tierra
						B	Fin de vida útil de los elementos
						C	Vano distensionado entre bayonetas
						D	Cable de guarda suelto
3	Proteger y controlar los equipos eléctricos	A	No protege ni controla los equipos eléctricos	1	Reconector no opera	A	No opera por conexiones desajustadas en cableado de control
						B	No opera por rotura del sistema mecánico interno
						C	No opera por punto flojo en bushing
						D	No opera por daño en tarjetas electrónicas
						E	No opera por baja presión de gas SF6

6. MATRIZ DE RIESGOS

Luego de identificar todos los modos de falla se determinan las consecuencias de estas fallas y su criticidad según una matriz de valoración de riesgos apropiada.

Tabla 9. Matriz de valoración de riesgos – Modelo hoja de trabajo RCM

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD						
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	Catastrofico	1						
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M - 10M	Nacional	Critico	2						
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M- 1M	Regional	Marginal	3						
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M- .05M	Local	Insignificante	4						
Ninguna	No afecta el medio ambiente	<0.05M	Ninguno	Ninguno	5						
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

Tabla 10. Matriz de valoración de riesgos para los modos de falla en el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Modelo hoja de trabajo RCM - Parte 1

Cód. Func.	Cód. FF	Cód. MF	Cód. Efect.	Recurso Ambiental	Recurso Humano	Recurso Económico	Recurso Imagen	Valor del riesgo económico
1	A	1	A	C5	C1	C3	C4	>1millon
			B	C5	C1	C3	C4	Entre 2 a 4 millones
			C	C5	C1	C3	C4	Entre 2 a 4 millones
			D	C5	C1	C3	C4	Entre 2 a 4 millones
		2	A	D5	D5	D2	D4	Entre 2 a 6 millones
			B	D5	D5	D2	D4	Entre 2 a 6 millones
			C	D5	D5	D2	D4	Entre 2 a 6 millones
			D	D5	D5	D2	D4	Entre 2 a 6 millones
		3	A	D5	D5	D2	D4	> a 1 millon
			B	D5	D5	D2	D4	> a 1 millon
			C	D5	D5	D2	D4	> a 1 millon
			D	D5	D5	D2	D4	> a 1 millon
			E	D5	D5	D2	D4	> a 1 millon

Tabla 11. Matriz de valoración de riesgos para los modos de falla en el circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare - Modelo hoja de trabajo RCM - Parte 2

Cód. Func.	Cód. FF	Cód. MF	Cód. Efect.	Recurso Ambiental	Recurso Humano	Recurso Económico	Recurso Imagen	Valor del riesgo económico
		4	A	C4	C5	C4	C4	entre 1 y 2 millones
			B	C4	C5	C4	C4	entre 1 y 2 millones
			C	C4	C5	C4	C4	entre 1 y 2 millones
			D	C4	C5	C4	C4	entre 1 y 2 millones
		5	A	D4	D5	D4	D4	entre 3 y 4 millones
			B	D4	D5	D4	D4	entre 3 y 4 millones
			C	D4	D5	D4	D4	entre 3 y 4 millones
			D	D4	D5	D4	D4	entre 3 y 4 millones
		6	A	B5	B4	B3	B4	entre 4 y 8 millones
			B	B5	B4	B3	B4	entre 4 y 8 millones
			C	B5	B4	B3	B4	entre 4 y 8 millones
			D	B5	B4	B3	B4	entre 4 y 8 millones
2	A	1	A	E4	E1	E2	E3	entre 1,5 y 2,5 millones
			B	E4	E1	E2	E3	entre 1,5 y 2,5 millones
			C	E4	E1	E2	E3	entre 1,5 y 2,5 millones
			D	E4	E1	E2	E3	entre 1,5 y 2,5 millones
3	A	1	A	D5	D5	D2	D4	entre 1 y 3,5 millones
			B	D5	D5	D2	D4	entre 1 y 3,5 millones
			C	D5	D5	D2	D4	entre 1 y 3,5 millones
			D	D5	D5	D2	D4	entre 1 y 3,5 millones
			E	D5	D5	D2	D4	entre 1 y 3,5 millones

7. HOJAS DE DECISIÓN

La hoja de decisión permite registrar las respuestas a las preguntas formuladas en el diagrama de decisión:

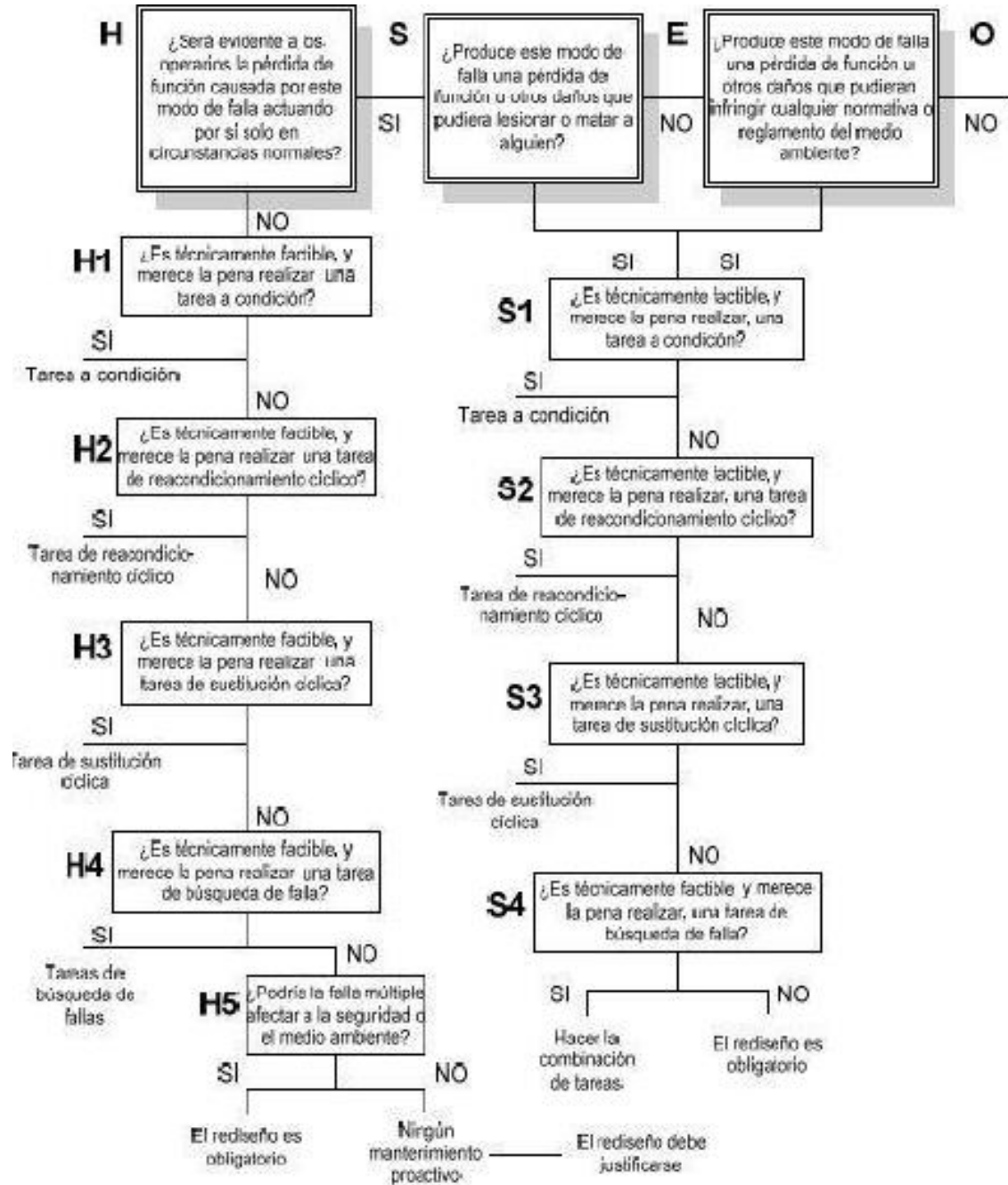
- Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quien lo hará.
- Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma una decisión deliberada para dejar que ocurran las fallas.

Tabla 12. Hoja de decisión RCM II

HOJA DE TRABAJO RCM																	
Equipo												Equipo de trabajo:		Fecha de realización			
Componente												Abrobado por		Fecha de aprobación			
Ref. Información			Evaluación Consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas		Frec. Inicial	Recursos
							H1 S1	H2 S2	H3 S3								
F	FF	MF	H	S	E	O											
1	A	1															
1	A	2															
1	B	1															
1	B	2															
2	A	1															
2	A	2															
3	A	1															
3	A	2															
4	A	1															
4	A	2															

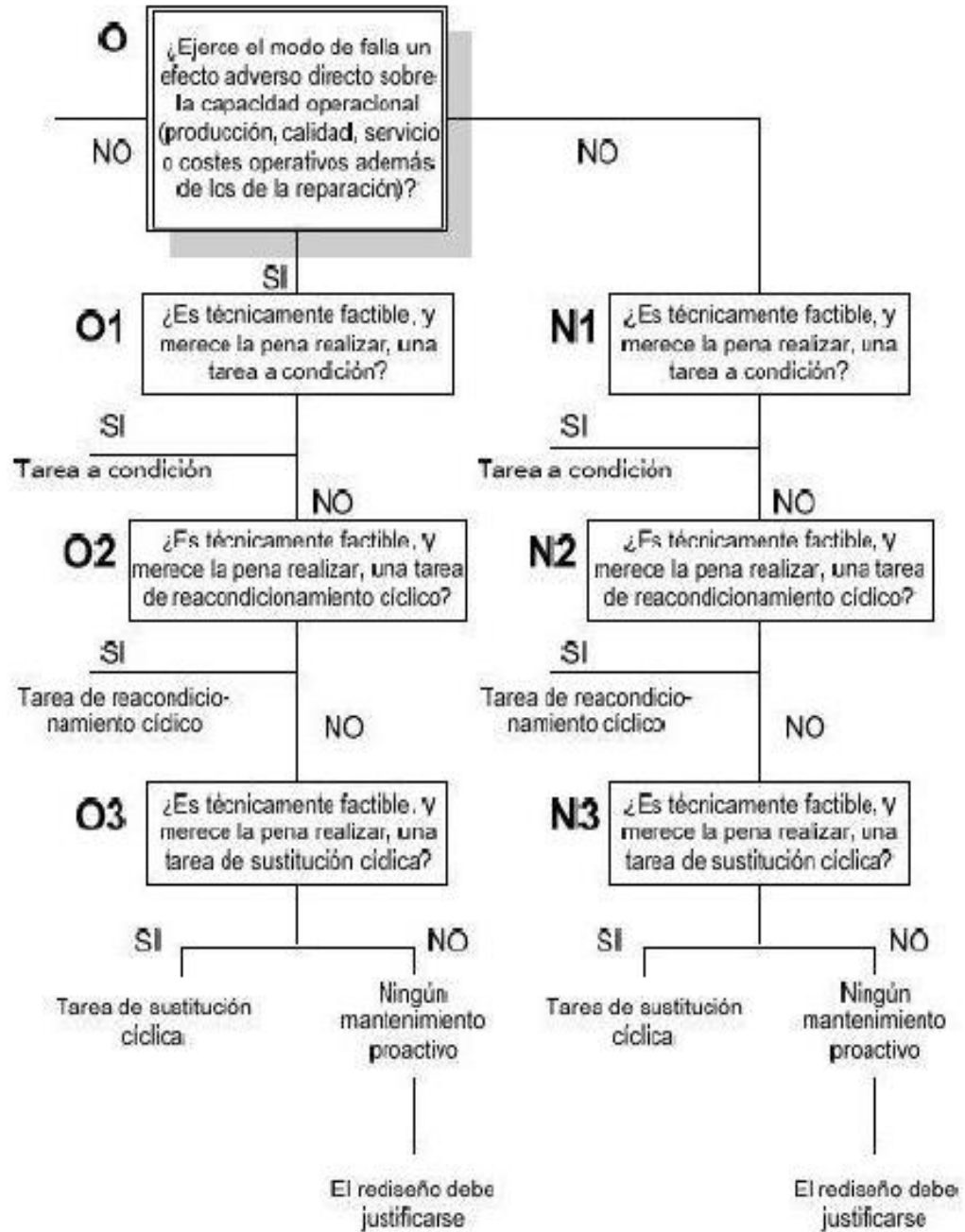
Fuente: Fuente: ROMERO GÓMEZ, Angélica Patricia; JOLIANIS NAVARRO, Liliana Astrid, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la Superintendencia de Operaciones de Mares - Gerencia Regional del Magdalena Medio - ECOPETROL S.A., UIS, Monografía, 2011.

Figura 38. Diagrama de decisión RCM II - Parte 1.



Fuente: ROMERO GÓMEZ, Angélica Patricia; JOLIANIS NAVARRO, Liliana Astrid, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la Superintendencia de Operaciones de Mares - Gerencia Regional del Magdalena Medio - ECOPEPETROL S.A., UIS, Monografía, 2011.

Figura 39. Diagrama de decisión RCM II - Parte 2.



Fuente: ROMERO GÓMEZ, Angélica Patricia; JOLIANIS NAVARRO, Liliana Astrid, Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la Superintendencia de Operaciones de Mares - Gerencia Regional del Magdalena Medio - ECOPETROL S.A., UIS, Monografía, 2011.

Los encabezamientos de las primeras diez columnas de la hoja de decisión se refieren a las preguntas del diagrama de decisión de RCM:

- Las columnas tituladas H, S, E, O, (y N) son utilizadas para registrar las respuestas a preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las tres columnas siguientes (tituladas H1, H2, H3, etc.) registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva, y si es así, qué tipo de tarea.
- Si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas "a falta de" las columnas encabezadas con H4 y H5, o la S4, permiten registrar esas respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y el recurso necesario para realizarla. La columna de "Tarea Propuesta" también se utiliza para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

La columna titulada H1/ S1/ O1/ N1 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias.

La columna titulada H2/S2/O2/N2 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas.

La columna titulada H3/ S3/ O3/ N3 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas.

Las columnas tituladas H4, H5 y S4 en la Hoja de Decisión son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas "a falta de".

Tabla 13. Hoja de decisión - Circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 1.

Cód. Función	Cód. FF	Cód. MF	Evaluación de consecuencia									Acciones a falta de				Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
			H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4							
							O1	O2	O3										
							N1	N2	N3										
1	A	1A	S	S	N	N	N	N	N	N	N				S	Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión del cable en busca de arcos, descargas, efecto corona en todo el circuito; realizar ajustes de conexión. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión del cable en busca de puntos calientes en todo el circuito; realizar ajustes de conexión.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
1	A	1B	S	S	N	N	N	N	N	N				S	Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre el cable cercano a las estructuras en busca de arcos, descargas y efecto corona, en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas	
1	A	1C	S	S	N	N	N	N	N	N				S	Monitoreo	Inspección visual de estructuras en busca de muestras de óxido, limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito.	3	Técnico electricista + ayudante electricista 54 horas	
1	A	1D	S	S	N	N	S	N	N							Correr a falla	Limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito, reemplazo de cable roto o deteriorado.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 8 horas
1	A	2A	S	N	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión de cable en el seccionador en busca de arcos, descargas y efecto corona, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión y calibración. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión del cable en busca de puntos calientes, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión y calibración.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
1	A	2B	S	N	N	S	N	S	N							Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre las partes del seccionador en busca de arcos, descargas y efecto corona, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
1	A	2C	S	N	N	S	N	S	N							Monitoreo	Inspección visual en busca de muestras de óxido, limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito, instalados en todo el circuito.	3	Técnico electricista + ayudante electricista 54 horas
1	A	2D	S	N	N	S	N	S	N							Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los aisladores del seccionador para medir nivel de aislamiento, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
1	A	3A	S	N	N	S	N	S	N							Monitoreo	Inspección visual del interior del tablero de control del reconectador en busca de cableado suelto o deajustado, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión.	0,25	Técnico electricista 2 horas
1	A	3B	S	N	N	S	N	S	N							Monitoreo	Revisión y diagnóstico de especialista contratado por prestación del servicio.	6	Técnico especialista externo 4 horas
1	A	3C	S	N	N	S	N	S	N							Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de arcos y descargas, instalados en todo el circuito. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de puntos calientes, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
1	A	3D	S	N	N	S	S	N	N							Correr a falla	Cambio de equipo electrónico fundido al interior del tablero de control del reconectador, instalados en todo el circuito.	Operar hasta que falle	Técnico electrónico 40 horas
1	A	3E	S	N	N	S	N	S	N							Reacondicionamiento	Ruta rocería a servidumbre a lo largo de todo el circuito.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 40 horas

Tabla 14. Hoja de decisión - Circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 2.

Cód. Función	Cód. FF	Cód. MF	Evaluación de consecuencia						H1	H2	H3	Acciones a falta de				Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
			H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4							
							O1	O2	O3										
							N1	N2	N3										
1	A	4A	S	N	N	S	S	N	N						Correr a falla	Reemplazar cadena de aisladores averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas	
1	A	4B	S	N	N	S	S	N	N						Correr a falla	Reemplazar cadena de aisladores averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas	
1	A	4C	S	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual en busca de alta polución (moho). Sostener la pistola de ultrasonido sobre la cadena de aisladores en busca de arcos y descargas, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas	
1	A	4D	S	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los aisladores para medir nivel de aislamiento, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas	
1	A	5A	N	N	N	N	S	N	N						Correr a falla	Reemplazar herrajería averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas	
1	A	5B	S	S	N	N	S	N	N						Correr a falla	Reemplazar herrajería averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas	
1	A	5C	N	N	N	N	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual en busca de muestras de óxido, limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito, instalados en todo el circuito.	3	Técnico electricista + ayudante electricista 54 horas	
1	A	5D	N	N	N	N	S	N	N						Correr a falla	Reemplazar herrajería averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas	
1	A	6A	S	S	N	N	S	N	N						Correr a falla	Uso de diferencial para aplome y/o grúa en caso de reemplazo.	Operar hasta que falle	2 técnicos electricistas + 2 ayudantes electricistas + 1 operador de grúa 8 horas	
1	A	6B	S	S	N	N	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual del terreno en busca de posible erosión.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas	
1	A	6C	S	S	N	N	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual en busca de fisuras considerables.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas	
1	A	6D	S	S	N	N	S	N	N						Correr a falla	Uso de diferencial y antenalla para distensionar el cableado entre estructuras, regular vano y aplome, y/o grúa en caso de reemplazo.	Operar hasta que falle	1 técnico electricista + 1 ayudante electricista + 1 operador de grúa 8 horas	

Tabla 15. Hoja de decisión - Circuito eléctrico de media tensión campo Nare – Parte 3.

Cód. Función	Cód. FF	Cód. MF	Evaluación de consecuencia						H1	H2	H3	Acciones a falta de				Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
			H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4							
			O1	O2	O3														
			N1	N2	N3														
2	A	1A	N	N	N	N	N	N	N	N	S				Monitoreo	Medición de la resistencia de puesta tierra con telúmetro y pinza.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 160 horas	
2	A	1B	N	N	N	N	S	N	N						Correr a falla	Reemplazo del pararrayo y/o bajante a tierra.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas	
2	A	1C	S	N	N	N	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual del vano del cable de guarda.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 160 horas	
2	A	1D	S	S	N	N	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual de las conexiones del cable de guarda.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 160 horas	
3	A	1A	N	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Inspección visual del interior del tablero de control del reconectador en busca de cableado suelto o deajustado, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión.	0,25	Técnico electricista 2 horas	
3	A	1B	S	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Revisión y diagnóstico de especialista contratado por prestación del servicio.	6	Técnico especialista externo 4 horas	
3	A	1C	S	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de arcos y descargas, instalados en todo el circuito. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de puntos calientes, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas	
3	A	1D	S	N	N	S	S	N	N						Correr a falla	Cambio de equipo electrónico fundido al interior del tablero de control del reconectador, instalados en todo el circuito.	Operar hasta que falle	Técnico electrónico 40 horas	
3	A	1E	N	N	N	S	N	S	N						Monitoreo	Revisión y diagnóstico de especialista contratado por prestación del servicio.	6	Técnico especialista externo 4 horas	

8. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN DE CAMPO NARE

Para definir una estrategia clara de mantenimiento centrada en confiabilidad para el circuito eléctrico de media tensión de campo Nare se establecerán tres tipos de tareas específicas, el primer grupo lo conforman las tareas correctivas, el segundo las tareas a condición y por último las tareas en búsqueda de fallas con sus respectivas frecuencias.

Tabla 16. Tareas a condición (monitoreo) cada 6 meses realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
Monitoreo	Revisión y diagnóstico de especialista contratado por prestación del servicio.	6	Técnico especialista externo 4 horas
Monitoreo	Medición de la resistencia de puesta tierra con telúmetro y pinza.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 160 horas
Monitoreo	Inspección visual del vano del cable de guarda.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 160 horas
Monitoreo	Inspección visual de las conexiones del cable de guarda.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 160 horas
Monitoreo	Revisión y diagnóstico de especialista contratado por prestación del servicio.	6	Técnico especialista externo 4 horas
Monitoreo	Revisión y diagnóstico de especialista contratado por prestación del servicio.	6	Técnico especialista externo 4 horas

Tabla 17. Tareas a condición (monitoreo) cada 6 meses realizadas por ingenieros – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión del cable en busca de arcos, descargas, efecto corona en todo el circuito; realizar ajustes de conexión. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión del cable en busca de puntos calientes en todo el circuito; realizar ajustes de conexión.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre el cable cercano a las estructuras en busca de arcos, descargas y efecto corona, en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión de cable en el seccionador en busca de arcos, descargas y efecto corona, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión y calibración. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión de cable en el seccionador en busca de puntos calientes, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión y calibración.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre las partes del seccionador en busca de arcos, descargas y efecto corona, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los aisladores del seccionador para medir nivel de aislamiento, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de arcos y descargas, instalados en todo el circuito. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de puntos calientes, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Inspección visual en busca de alta polución (moho). Sostener la pistola de ultrasonido sobre la cadena de aisladores en busca de arcos y descargas, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los aisladores para medir nivel de aislamiento, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Inspección visual del terreno en busca de posible erosión.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Inspección visual en busca de fisuras considerables.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas
Monitoreo	Sostener la pistola de ultrasonido sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de arcos y descargas, instalados en todo el circuito. Sostener la cámara termográfica sobre los puntos de conexión entre los bushing de aislamiento y los transformadores de corriente y los interruptores de vacío en busca de puntos calientes, instalados en todo el circuito.	6	Ingeniero CBM y técnico electricista 16 horas

Tabla 18. Tareas a condición (monitoreo) cada 3 meses realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
Monitoreo	Inspección visual de estructuras en busca de muestras de óxido, limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito.	3	Técnico electricista + ayudante electricista 54 horas
Monitoreo	Inspección visual en busca de muestras de óxido, limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito, instalados en todo el circuito.	3	Técnico electricista + ayudante electricista 54 horas
Monitoreo	Inspección visual en busca de muestras de óxido, limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito, instalados en todo el circuito.	3	Técnico electricista + ayudante electricista 54 horas

Tabla 19. Tareas a condición (monitoreo) cada semana realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
Monitoreo	Inspección visual del interior del tablero de control del reconectador en busca de cableado suelto o deajustado, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión.	0,25	Técnico electricista 2 horas
Monitoreo	Inspección visual del interior del tablero de control del reconectador en busca de cableado suelto o deajustado, instalados en todo el circuito; realizar ajustes de conexión.	0,25	Técnico electricista 2 horas

Tabla 20. Tareas de reacondicionamiento cada 6 meses realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
Reacondicionamiento	Ruta rocería a servidumbre a lo largo de todo el circuito.	6	Técnico electricista y 3 obreros razos 40 horas

Tabla 21. Tareas correctivas realizadas por técnicos electricistas – Circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare.

Tipo de decisión	Descripción de tarea	Frecuencia (mes)	Recurso horas hombre
Correr a falla	Limpieza con cepillo de alambre y líquido multipropósito, reemplazo de cable roto o deteriorado.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 8 horas
Correr a falla	Cambio de equipo electrónico fundido al interior del tablero de control del reconector, instalados en todo el circuito.	Operar hasta que falle	Técnico electrónico 40 horas
Correr a falla	Reemplazar cadena de aisladores averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas
Correr a falla	Reemplazar cadena de aisladores averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas
Correr a falla	Reemplazar herrajería averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas
Correr a falla	Reemplazar herrajería averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas
Correr a falla	Reemplazar herrajería averiada.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas
Correr a falla	Uso de diferencial para aplome y/o grúa en caso de reemplazo.	Operar hasta que falle	2 técnicos electricistas + 2 ayudantes electricistas + 1 operador de grúa 8 horas
Correr a falla	Uso de diferencial y antenalla para distensionar el cableado entre estructuras, regular vano y aplome, y/o grúa en caso de reemplazo.	Operar hasta que falle	1 técnico electricista + 1 ayudante electricista + 1 operador de grúa 8 horas
Correr a falla	Reemplazo del pararrayo y/o bajante a tierra.	Operar hasta que falle	Técnico electricista + ayudante electricista 4 horas
Correr a falla	Cambio de equipo electrónico fundido al interior del tablero de control del reconector, instalados en todo el circuito.	Operar hasta que falle	Técnico electrónico 40 horas

9. RECOMENDACIONES PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN DE CAMPO NARE

9.1 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.

Se recomienda realizar una coordinación de protecciones al circuito eléctrico de media tensión de Campo Nare, identificando las cargas por ramales. Una coordinación de protecciones contra sobrecorrientes tiene como objetivo determinar las características, valores nominales y ajustes de los dispositivos de protección que aseguren que la mínima carga no fallada se interrumpa cuando los dispositivos de protección aíslen una falla o una sobrecarga en cualquier parte del sistema eléctrico. Al mismo tiempo, los dispositivos y ajustes de protección deberán proporcionar satisfactoriamente protección contra sobrecargas e interrumpir corrientes de corto circuito tan rápidamente como Los interruptores sólo deben operar cuando exista una falla y no debe operar cuando se presenten corrientes inrush, arranques de motores, transitorios. Adicionalmente, los dispositivos de protección se deben coordinar para interrumpir a pocos clientes o cargas como sea posible.

9.2 CONEXIÓN RADIAL.

Implementar anillos en el circuito donde se pueda seccionar sin ningún problema ante una falla y así tener varias opciones para alimentar el circuito Minimizando el impacto en diferidas. En este momento no se tiene opciones para realizar reparaciones en los puntos de falla sin dejar el 50% o en ocasiones hasta el 100% de la cargas del campo sin energía.

9.3 AGREGAR RECONECTADORES

Instalación de reconectadores en puntos estratégicos en la red el red media tensión y programar su respectivo auto reset (tres intentos de cierre al despeje de la falla),

con esto se evita que lo operarios abran seccionadores electromecánicos con el riesgo que existan descargas en campo.

10. CONCLUSIONES

- Durante el ejercicio del plan de mantenimiento se abarcaron en su totalidad los modos de falla que afectan al sistema eléctrico de campo nare, con la participación de personas experimentadas en mantenimiento, elaboración de planes y operación de líneas de distribución eléctrica dentro de la compañía.
- La norma ISO 14224 brinda bases para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación y transporte de petróleo y gas natural. Esta norma internacional presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos sobre RCM.
- Se observa que del total de las actividades del plan de mantenimiento propuesto el 65% corresponden a mantenimiento a condición, el 3% a reacondicionamiento cíclico y el 32% correr a falla. Lo cual indica que la estrategia de mantenimiento obtenida está más enfocada hacia el mantenimiento proactivo, es decir; que se van a requerir menos paradas de equipo y por ende se tendrá mayor tiempo de producción, menor gasto en mano de obra y repuestos ya que los mismos se utilizaran en toda su vida útil.
- El plan de mantenimiento necesita involucrar a todas las personas del grupo de mantenimiento, líderes, planeadores, supervisores, técnicos etc., para que con una visión clara de los objetivos y unas revisiones constantes a cada una de las estrategias implementadas se puedan alcanzar los objetivos propuestos.

- El diagrama de decisión RCM es una herramienta estructurada que facilita la toma de decisiones en la selección de tareas que integrarán el plan de mantenimiento del sistema en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

GARAVITO AGUILAR, José Gregorio. Modelo para las especificaciones del mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema de distribución de potencia del campo Rubiales y Quifa mediante el uso de las técnicas de trabajo en línea viva. Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Documentation-bibliographic references – content, form and structure. ISO 14224: 1999. 1ed. Geneve, Suiza: ISO, 1999.

MOUBRAY, Jhon. Reliability - Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc, 1997

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2008.

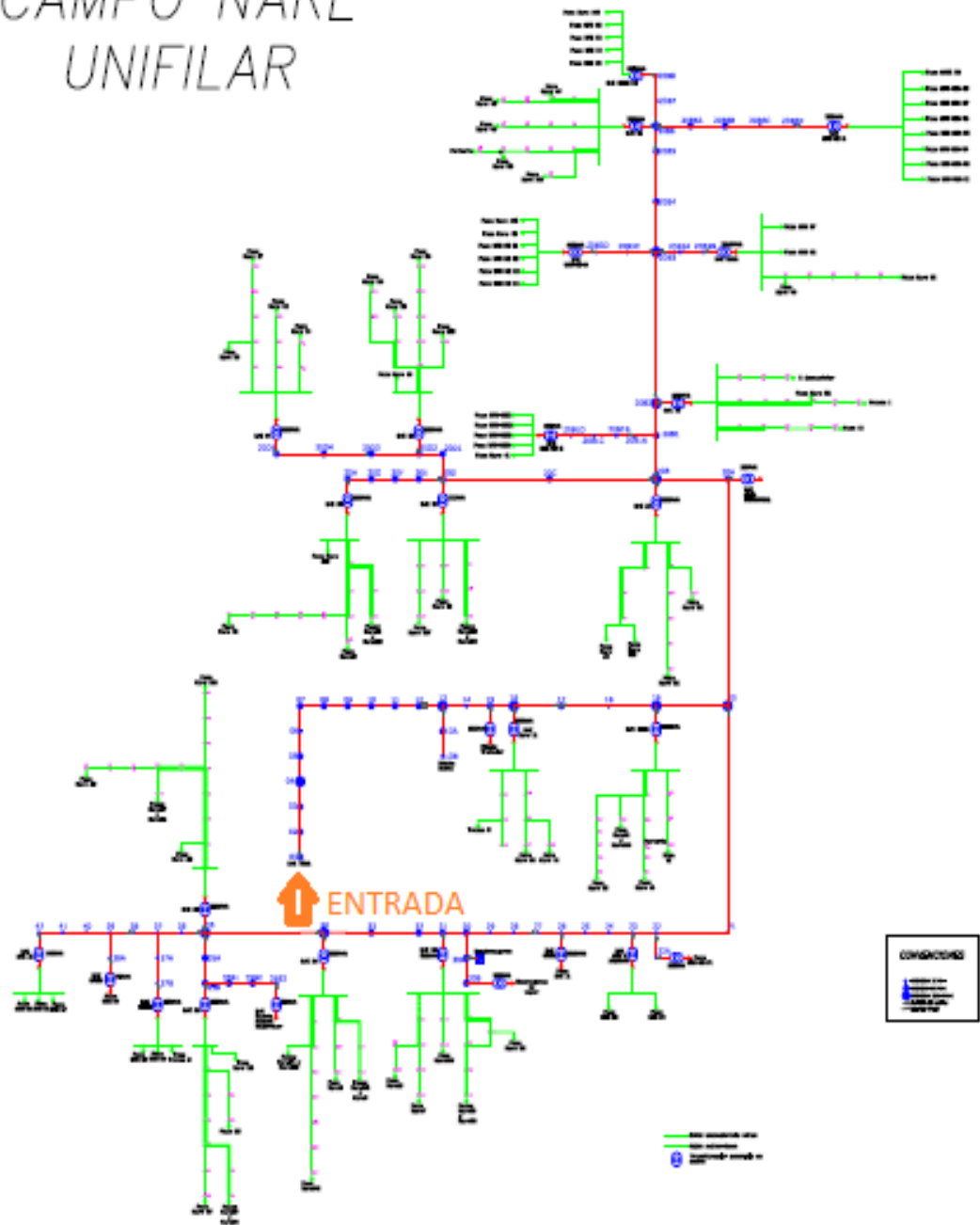
ROMERO GÓMEZ, Angélica Patricia; JOLIANIS NAVARRO, Liliana Astrid. Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la Superintendencia de Operaciones de Mares - Gerencia Regional del Magdalena Medio - ECOPETROL S.A. Monografía, Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011.

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


SAE JA1012. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers Inc, 2002. 30 p.

ANEXO A. DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN DE CAMPO NARE

CAMPO NARE
UNIFILAR



ANEXO B. DATASHEET

	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CARACTERIZACIÓN EQUIPOS/COMPONENTES		
ESTRUCTURAS			
DEPARTAMENTO	ELECTRICIDAD		
CIRCUITO	CTO NARE		
NIVEL DE TENSION	13.2KV		
TAG DE ESTRUCTURA	N-20		
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURA R4		
DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONENTES			
ESTRUCTURA	COMPONENTES		
DESCRIPCION DE POSTE	4 / 14 MTS / 1100 kg	AISLADORES/TIPO	28/ PORCELANA SUSPENCIÓN 6 PUL
CABLE 13.2KV	N/A	DPS/ PARARRAYOS	3/ POLIMERICO
TIPO Y TAMAÑO DE CRUSETAS	8/ METALICAS 4 MTS	PERNOS	4 /PERNOS 5/8 X 12 PUL
PUENTES / MATERIAL	8 PUENTES ALUMINIO ACCR	ESPARRAGOS	2/ ESPARRAGOS X 12 PUL
CABLE DE GUARDA /TIPO	ACCR /# 4 GALVANIZADO	TENPLETES GUARDA	2
DIAGONALES	9 DIOGONALES SENCILLAS	TENPLETES DE LINEA	2
TORNILLOS	6 DE 1 PUL X 1/2	CORTACIRCUITOS	N/A
ESPIGOS	3 / X 10 PUL	BAYONETA	4 / DOBLE METALICA
COLLARINES	11/ GALVANIZADO DE 8 PUL	SECCIONADOR MONOPOLAR	N/A
GRAPAS DE RETENSION	3/ ALUMINIO 1/ GALVANIZADA	GUARDACABO	1
TUERCAS DE OJO	3 DE 5/8 PUL	VARILLA DE ANCLAJE	1
GRAPA PRENSA HILO	6 ALUMINIO	AILADOR TENSOR	1
GRAPA TIPO PISTILA	9 ALUMUINO	DIAGONALES	6 SENCILLAS
OBSERVACIONES			
REVISÓ		FECHA	
APROBÓ			

		RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CARACTERIZACIÓN EQUIPOS/COMPONENTES			
ESTRUCTURAS					
DEPARTAMENTO	ELECTRICIDAD				
CIRCUITO	CTO NARE				
NIVEL DE TENSION	13.2 KV				
TAG DE ESTRUCTURA	N-20B1A				
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	SECCIONADOR TRIPOLAR BAJO CARGA				
DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONETES					
ESTRUCTURA			COMPONENTES		
DESCRIPCION DE POSTE	14 M / 750 / 1100 KG		AISLADORES/TIPO	12 /DE PORCELANA 6 PUL	
CABLE 13.2KV	3 / ACCR 1/0		DPS/ PARARRAYOS	3/ POLIMERICO	
TIPO Y TAMAÑO DE CRUSETAS	2 CRUCETAS METALICAS 2.5 MTS		PERNOS	4 /PERNOS 5/8 X 12 PUL	
PUENTES / MATERIAL	3 PUENTES ALUMINIO		ESPARRAGOS	2/ ESPARRAGOS X 12 PUL	
CABLE DE GUARDA /TIPO	ACCR /# 4 GALVANIZADO		TENPLETES GUARDA	2 5/16	
DIAGONALES	2 DIOGONALES SENCILLAS		TENPLETES DE LINEA	N/A	
TORNILLOS	6 DE 1 PUL X 1/2		CORTACIRCUITOS	N/A	
ESPIGOS	3 / X 10 PUL		BAYONETA	1/ DOBLE METALICA	
COLLARINES	2 / GALVANIZADO DE 12 PUL		SECCIONADOR TRIPOLAR	1	
GRAPAS DE RETENSION	3/ ALUMINIO 1/ GALVANIZADA		GUARDACABO	7/ DE 5/ 8 pul	
TUERCAS DE OJO	3 DE 5/8 PUL		VARILLA DE ANCLAJE	4	
GRAPA PRENSA HILO	23 /aluminio		AILADOR TENSOR	4 / porcelana	
OBSERVACIONES					
REVISÓ			FECHA		
APROBÓ					



RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
CARACTERIZACIÓN EQUIPOS/COMPONENTES



ESTRUCTURAS

DEPARTAMENTO	ELECTRICIDAD
CIRCUITO	NARE
NIVEL DE TENSION	13.2 KV
TAG DE ESTRUCTURA	N-12
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	H DE RETENSION CON RECONECTADOR



DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONETES

ESTRUCTURA		COMPONENTES	
DESCRIPCION DE POSTE	2 DE 16M / 750 / 1100 KG	AISLADORES/TIPO	3 TIPO PIN DE 10"
CABLE 13.2KV	3 / ACCR 1/0	DPS/ PARARRAYOS	3
TIPO Y TAMAÑO DE CRUSETAS	4 DE 2.40 MTS	PERNOS	12 DE 3/4
PUENTES / MATERIAL	8 DE 1/0	ESPARRAGOS	12 DE 3/4 X 3 " DE LARGO
CABLE DE GUARDA /TIPO	2 DE 1/0	TENPLETES GUARDA	6
DIAGONALES	N/A	TENPLETES DE LINEA	2
TORNILLOS	20 TIRNILLAS DE 5/16, 3/4	CORTACIRCUITOS	CUCHILLAS
ESPIGOS	4	BAYONETA	2
COLLARINES	2 DE 6"	SECCIONADOR MONOPOLAR	TIPO CHUCHILLA
GRAPAS DE RETENSION	6	GUARDACABO	6 DE 1"
TUERCAS DE OJO	10 DE 3/4	VARILLA DE ANCLAJE	2
GRAPA PRENSA HILO	6	AILADOR TENSOR	6
GRAPA TIPO PISTILA	6	DIAGONALES	N/A

OBSERVACIONES: 1 RECONECTADOR

REVISÓ		FECHA	
APROBÓ			



RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
CARACTERIZACIÓN EQUIPOS/COMPONENTES



ESTRUCTURAS			
DEPARTAMENTO	ELECTRICIDAD		
CIRCUITO	CTO NARE		
NIVEL DE TENSION	13.2 KV		
TAG DE ESTRUCTURA	N-24		
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURA DE PASO EN BANDERA CON ANGULO		
DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONETES			
ESTRUCTURA		COMPONENTES	
DESCRIPCION DE POSTE	12 metros / 750 / 1100 kg	AISLADORES/TIPO	3 / PIN PORCELANA 6 PUL
CABLE 13.2KV	3 / ACCR 1/0	DPS/ PARARRAYOS	N/A
TIPO Y TAMAÑO DE CRUSETAS	2 / METALICAS 1.5 MTS	PERNOS	1 / PERNOS 5/8 X 10 PUL
PUENTES / MATERIAL	N/A	ESPARRAGOS	1/ ESPARRAGOS 5/8 X 12 PUL
CABLE DE GUARDA /TIPO	ACCR /# 4 GALVANIZADO	TENPLETES GUARDA	1/ GALVANIZADO # 4
DIAGONALES	2 DIAGONALES 68CM	TENPLETES DE LINEA	1/ GALVANIZADO # 4
TORNILLOS	2 DE 1 PUL X 1/2	CORTACIRCUITOS	N/A
COLLARINES	1/ GALVANIZADO DE 8 A 12 PUL	BAYONETA	1/ SENCILLA GALVANIZADO
COLLARINES	N/A	SECCIONADOR MONOPOLAR	N/A
GRAPAS DE RETENSION	N/A	GUARDACABO	1/ DE 5/8 PUL
TUERCAS DE OJO	1 DE 5/8 PUL	VARILLA DE ANCLAJE	1/ DE 1.5 MTS
GRAPA PRENSA HILO	4 / X 10 PUL	AILADOR TENSOR	1/ CERAMICA
OBSERVACIONES			
REVISÓ		FECHA	
APROBÓ			





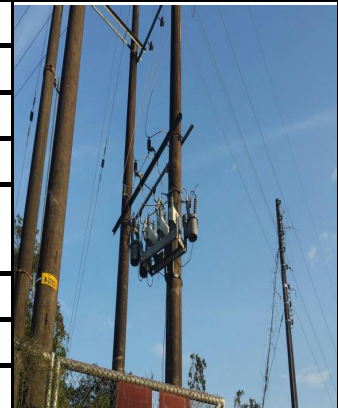
RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
CARACTERIZACIÓN EQUIPOS/COMPONENTES



Mansarovar Energy Colombia Ltd.

ESTRUCTURAS

DEPARTAMENTO	ELECTRICIDAD
CIRCUITO	CTO NARE
NIVEL DE TENSION	13.2 KVA
TAG DE ESTRUCTURA	N-20B03
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	R4 CON BANCO DE CONDESASORES



DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONETES

ESTRUCTURA		COMPONENTES	
DESCRIPCION DE POSTE	14 M / 750 / 1100 KG	AISLADORES/TIPO	3 / PIN PORCELANA 6 PUL
CABLE 13.2KV	3 / ACCR 1/0	DPS/ PARARRAYOS	3/ POLIMERICO
TIPO Y TAMAÑO DE CRUSETAS	2 / METALICAS 1.5 MTS	PERNOS	N/A
PUENTES / MATERIAL	3 / ACCR 1/0	ESPARRAGOS	5 (1 1/2 ")
CABLE DE GUARDA /TIPO	N/A	TENPLETES GUARDA	N/A
DIAGONALES	N/A	TENPLETES DE LINEA	N/A
TORNILLOS	2 DE 1 PUL X 1/2	CORTACIRCUITOS	3 CORTACIRCUITOS
ESPIGOS	N/A	SUICHES	3 SUICHES
COLLARINES	2 DE 8"	SECCIONADOR MONOPOLAR	N/A
GRAPAS DE RETENSION	N/A	GUARDACABO	N/A
TUERCAS DE OJO	1 DE 5/8 PUL	VARILLA DE ANCLAJE	SPT
GRAPA PRENSA HILO	N/A	AILADOR TENSOR	N/A
GRAPA TIPO PISTILA	N/A	BANCOS CONDESADORES	3 BANCON DE 150 KVA
OBSERVACIONES			
REVISÓ		FECHA	
APROBÓ			



**RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
CARACTERIZACIÓN EQUIPOS/COMPONENTES**



ESTRUCTURAS

DEPARTAMENTO	ELECTRICIDAD
CIRCUITO	NARE
NIVEL DE TENSION	13,3 KV
TAG DE ESTRUCTURA	N-20D-3
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURA TIPO H SECCIONADOR MONOPOLAR HACIA SUBSTACION N-38



DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONETES

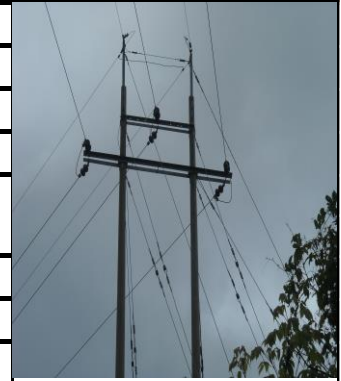
ESTRUCTURA		COMPONENTES	
DESCRIPCION DE POSTE	(2)14 M / 750 / 1100 KG	AISLADORES/TIPO	6 cadenas de aisladores de 6" ;mas 6 aisladores de 8" de pin
CABLE 13.2KV	3 / ACCR 1/0	DPS/ PARARRAYOS	N/A
TIPO Y TAMAÑO DE CRUCETAS	6 DE 2.40 MTS	PERNOS	4 perno de 1/2 "
PUENTES / MATERIAL	3 / ACCR 1/0	ESPARRAGOS	6 de 3/4" x 3" de largo
CABLE DE GUARDA /TIPO	2/ACCR 1/0	TENPLETES GUARDA	2 de guarda
DIAGONALES	N/A	TENPLETES DE LINEA	4 de linea
TORNILLOS	15 TORNILLOS DE 1 "	CORTACIRCUITOS	3 juegos completos con fusible
ESPIGOS	N/A	BAYONETA	2 en punta de poste
COLLARINES	N/A	SECCIONADOR MONOPOLAR	3 (CORTACIRCUITO)
GRAPAS DE RETENSION	6 GRAPAS	GUARDACABO	6 de 1"
TUERCAS DE OJO	6 DE 1"	VARILLA DE ANCLAJE	1 de 1/2"
GRAPA PRENSA HILO	6 DE 1"	AILADOR TENSOR (huevo)	6 DE 1 "
GRAPA TIPO PISTILA	Cantidad 6	DIAGONALES	N/A

OBSERVACIONES

REVISÓ		FECHA	
APROBÓ			

ESTRUCTURAS

DEPARTAMENTO	ELECTRIDAD
CIRCUITO	NARE
NIVEL DE TENSION	
TAG DE ESTRUCTURA	N-11
DESCRIPCION DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURA DE RETENSION



DATOS TECNICOS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONETES

ESTRUCTURA		COMPONENTES	
DESCRIPCION DE POSTE	2/ 12 MTS /750 / 1100 kg	AISLADORES/TIPO	18/ DE CADENA / 6PUL
CABLE 13.2KV	ACCR /# 2 GALVANIZADO	DPS/ PARARRAYOS	N / A
TIPO Y TAMAÑO DE CRUSETAS	2/ METALICAS 2 MTS	PERNOS	6 DE 5/8 X 12 PUL
PUENTES / MATERIAL	3 / ALUMINIO # 2	ESPARRAGOS	1/ ESPARRAGOS -5/8 X 10 PUL
CABLE DE GUARDA /TIPO	ACSR /# 4 GALVANIZADO	TENPLETES GUARDA	3/ 2/0 acsr
DIAGONALES	N / A	TENPLETES DE LINEA	7/2/ ASR
TORNILLOS	10 1/2 X 1"	CORTACIRCUITOS	N / A
ESPIGOS	N / A	BAYONETA	/2 DOBLE METALICA/ 1.5M
COLLARINES	2 / 6PUL - / 2 / 8 PUL	SECCIONADOR MONOPOLAR	N / A
GRAPAS DE SUSPENSION	N / A	GUARDACABO	10 /1/2 PUL X 3/8
TUERCAS DE OJO	5 DE 5/8 pul	VARILLA DE ANCLAJE	9/ 2.4 MTS
GRAPA PRENSA HILO		AILADOR TENSOR	10 / ansi 54 - 2
GRAPA RETENSION TIPO PISTILA	6/ 6-2/0 aluminio	eslabon EN U	9 / 5/8 pul

OBSERVACIONES			

REVISÓ		FECHA	
APROBÓ			