



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
OPTIMIZADO (PMO) PARA MEJORAS DE CALIDAD SAIDI Y SAIFI EN EL
CIRCUITO PALDONJUANA DE CENS EN LA REGIONAL PAMPLONA**

**AUTOR:
MIGUEL ENRIQUE LIZCANO MOGOLLON**

**DIRECTOR:
M.Sc. YESID SANTAFE RAMON
Magister en Controles Industriales de la Universidad de Pamplona**

**CODIRECTOR
M.Sc. HELFAR FREDDY RICO RAMÍREZ
Magister en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
JULIO DE 2021**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
OPTIMIZADO (PMO) PARA MEJORAS DE CALIDAD SAIDI Y SAIFI EN EL
CIRCUITO PALDONJUANA DE CENS EN LA REGIONAL PAMPLONA**

**AUTOR:
MIGUEL ENRIQUE LIZCANO MOGOLLON**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

**DIRECTOR:
M.Sc. YESID SANTAFE RAMON
Magister en Controles Industriales de la Universidad de Pamplona**

**CODIRECTOR
M.Sc. HELFAR FREDDY RICO RAMÍREZ
Magister en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
JULIO DE 2021**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA SISTEMAS
Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR
TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
OPTIMIZADO (PMO) PARA MEJORAS DE CALIDAD SAIDI Y SAIFI EN EL
CIRCUITO PALDONJUANA DE CENS EN LA REGIONAL PAMPLONA**

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO: 1 DE MARZO DE 2021

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO: 15 JUNIO DE 2021

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR

AUTOR: MIGUEL ENRIQUE LIZCANO MOGOLLON

DIRECTOR: M.Sc. YESID SANTAFE RAMON

CODIRECTOR: M.Sc. HELFAR FREDDY RICO RAMÍREZ

DIRECTOR DE PROGRAMA: M.Sc. YESID SANTAFE RAMON

JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE: ING. _____

OPONENTE: ING _____

SECRETARIO: ING. _____

**PAMPLONA, COLOMBIA
JULIO DE 2021**

Dedicatoria

“Dedico esta tesis a aquellas personas que no creyeron en mí, aquellos que esperaban que me rindiera a medio camino, a los que esperaban mi fracaso, a ustedes gracias por cada mirada de superioridad, pues fueron suficientes para fijar mi vista y alcanzar este logro. A cada obstáculo que se presentó me ayudo a ser más fuerte.”

Agradecimientos

“A Dios por ser mi fortaleza y mi guía en el camino, por acompañarme en cada momento de mi vida; a mis padres, pero especialmente a ti María Helena por darme la vida y siempre estar a mi lado.”

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo General	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3.1 Definición del Problema	15
3.2 Justificación	17
4. MARCO TEÓRICO	19
Plan de Mantenimiento Optimizado-PMO	19
Figura. 1 Círculo Vicioso del mantenimiento	20
Origen de los problemas de mantenimiento	21
Fase de diseño y Comisionamiento	21
Post comisionamiento	21
Planta en operación	22
Pasos de Plan de Mantenimiento Optimizado	22
Paso 1 Recopilación de Tareas.	22
Figura. 2 Fuentes de Plan de Mantenimiento	23
Paso 2 Análisis de Modos de Falla (FMA).	23
Tabla 1. Resultados Análisis de modos de falla	24
Paso 3 Racionalización y Revisión del FMA	24
Tabla 2. Racionalización y revisión del FMA	25
Paso 4 Análisis Funcional	25
Tabla 3. Análisis funcional.....	25
Paso 5 Evaluación de Consecuencias	25
Tabla 4. Evaluación de consecuencia	26
Paso 6 Definición de la Política de Mantenimiento	26
Tabla 5. Definición de la política de mantenimiento.....	27
Paso 7 Agrupación y Revisión	27
Paso 8 Aprobación e Implementación	27

Paso 9 Programa Dinámico.....	27
Indicadores de Calidad de la Energía Eléctrica	28
System Average Interruption Duration Index- SAIDI.....	29
System Average Interruption Frequency Index-SAIFI.....	30
Resolución CREG 015 DEL 2018	30
5. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	33
5.1 Plan De Mantenimiento Actualizado.....	33
5.1.1 Contexto Operacional.....	33
Tabla 6. Contexto Operacional , CENS 2021	33
Figura 3. Diagrama Unifilar CENS 2021	34
5.1.2 Descripción Del Activo	34
Tabla 7. Descripción de Activos; CENS, 2021.....	44
5.1.3 Premisas.....	45
Tabla 8. Premisas; CENS, 2021	45
5.1.4 Modos De Falla	45
Tabla 9. Modos de falla; CENS, 2021	48
5.1.5 Jerarquía De Equipos	48
5.1.6 Plan De Mantenimiento Actual.....	48
Tabla 10. Características Iniciales de PMA; CENS, 2021.....	49
Tabla 11. Características de PMA; CENS, 2021	52
5.1.8 Modos De Falla Identificados en el PMA.....	53
Gráfica 1. Números de Eventos Por Falla RC0120	55
Tabla 14. Activo PALDONJUANA; CENS 2021	55
Gráfica 2. Números de Eventos Por Falla PALDONJUANA	56
Tabla 15. Activo PASW3808; CENS 2021.....	56
Gráfica 3. Números de Eventos Por Falla PASW380	57
Tabla 16. Activo 1T06811; CENS 2021	57
Gráfica 4. Números de Eventos Por Falla 1T06811	58
Gráfica 5. Modos de falla por meses	59
Tabla 17. Modos de Falla por meses; CENS 2021	59
Figura 4. Resultado de Criticidad PALDONJUANA	60
5.1.9 Análisis de criticidad para activos lineales.....	60

Tabla 18. Variables Evaluación Probabilidad de los objetos de Impacto; CENS 2021..	61
Tabla 19. Valoración de la Taxonomía CENS 2021	62
Tabla 20. Tabla de valoración de consecuencias CENS 2021	63
Tabla 21. Matriz de Riesgos CENS 2021	63
Tabla 22. Consecuencias de probabilidad; CENS 2021	64
Tabla 23. Valoración Variable Personas: CENS 2021	65
Tabla 24. Valoración Variable Ambientes; CENS 2021	66
Tabla 25. Valoración Variable Calidad; CENS 2021	68
Tabla 26. Valoración Variable Reputación; CENS 2021	69
Tabla 27. Valoración de la Criticidad por objeto impacto; CENS 2021	71
Tabla 28. Valoración de la Criticidad: CENS 2021	71
Gráfica 6. Nivel de criticidad.....	72
Plan de Mantenimiento Actual	72
DISCUSION DE RESULTADOS	74
EVIDENCIAS DEL PMA	76
Tabla 29. Inspección FSW380; CENS 2021.....	78
Figura 5. Evidencia Inspección FSW380.....	78
Tabla 30. Inspección PALDONJUANA; CENS 2021	80
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Análisis de modos de falla	24
Tabla 2. Racionalización y revisión del FMA	25
Tabla 3. Análisis funcional.....	25
Tabla 4. Evaluación de consecuencia	26
Tabla 5. Definición de la política de mantenimiento.....	27
Tabla 6. Contexto Operacional.....	33
Tabla 7. Descripción de Activos; CENS, 2021.....	44

Tabla 8. Premisas; CENS, 2021.....	45
Tabla 9. Modos de falla; CENS, 2021	48
Tabla 10. Características Iniciales de PMA; CENS, 2021.....	49
Tabla 11. Características de PMA; CENS, 2021	52
Tabla 12. Características de PMA; CENS, 2021	54
Tabla 13. Activo RC-0120	55
Tabla 14. Activo PALDONJUANA	55
Tabla 15. Activo PASW3808	56
Tabla 16. Activo 1T06811	57
Tabla 17. Modos de Falla por meses	59
Tabla 18. Variables Evaluación Probabilidad de los objetos de Impacto	61
Tabla 19. Valoración de la Taxonomía.	62
Tabla 20. Tabla de valoración de consecuencias.....	63
Tabla 21. Matriz de Riesgos.....	63
Tabla 22. Consecuencias de probabilidad.....	64
Tabla 23. Valoración Variable Personas.....	65
Tabla 24. Valoración Variable Ambientes.....	66
Tabla 25. Valoración Variable Calidad	68
Tabla 26. Valoración Variable Reputación.....	69
Tabla 27. Valoración de la Criticidad por objeto impacto	71
Tabla 28. Valoración de la Criticidad.....	71
Tabla 29. Inspección FSW380	78
Tabla 30. Inspección PALDONJUANA	80

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1 Circulo Vicioso del mantenimiento.....	20
Figura. 2 Fuentes de Plan de Mantenimiento	23
Figura 3. Diagrama Unifilar	34
Figura 4. Resultado de Criticidad PALDONJUANA	60
Figura 5. Evidencia Inspección FSW380	78

LISTA DE GRÁFICAS

Resolución CREG 015 DEL 2018	30
Gráfica 1. Números de Eventos Por Falla RC0120	55
Gráfica 2. Números de Eventos Por Falla PALDONJUANA	56
Gráfica 3. Números de Eventos Por Falla PASW380	57
Gráfica 4. Números de Eventos Por Falla 1T06811	58
Gráfica 5. Modos de falla por meses	59
Gráfica 6. Nivel de criticidad.....	72

RESUMEN

El circuito PALDONJUANA está catalogado por CENS S.A. E.S.P. como el más crítico en indicadores de calidad del SDL (sistema de distribución local) de CENS regional Pamplona. Basada en la resolución CREG 015 del 2018 se debe realizar un plan de mantenimiento optimizado tendiente a mejorar su confiabilidad y calidad del servicio. Razón por la cual el presente trabajo de grado tuvo como objetivo la aplicación de la metodología de plan de mantenimiento Optimizado para mejoras de calidad SAIDI y SAIFI en el circuito PALDONJUANA de CENS en la regional pamplona, donde se considero dentro de su desarrollo la aplicación de la taxonomía al circuito en mención, el análisis de la criticidad del circuito, aportes en la consolidación de información pertinente para la planeación de PMO e indicadores de causas y modos de falla del plan de mantenimiento actual que se requieren migrar a PMO; en aras de evaluar a futuro el desempeño del servicio de energía que se presta a la población y a su vez que permita proponer actividades de mantenimiento que reduzcan el número de afectados por interrupciones de falla eléctrica en esta zona del departamento.

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad hoy en día requiere de ciertos servicios para avanzar a la medida que progresa la tecnología, sin embargo, desde tiempos remotos se ha tenido la necesidad de contar con la energía para efectuar el desarrollo de actividades cotidianas y del bien común; como, por ejemplo: oficios de hogares, producción de empresas, prestación de servicios de salud, educación y demás, siendo relevante contar con un servicio de calidad que mejore las condiciones de vida de los usuarios. No obstante, la prestación de este servicio puede verse afectado por factores tanto externos como internos, donde se hace necesario contar con planes de mantenimiento que permitan a las empresas tomar las medidas preventivas o correctivas necesarias que asegure las condiciones mínimas de calidad de la prestación de servicio.

Es por esto, que el desarrollo del presente trabajo de grado se enfoca en la aplicación de la metodología de plan de mantenimiento optimizado PMO en el circuito PALDONJUANA de CENS en la regional Pamplona, cuyo fin es contar con insumos de información que permita tomar decisiones que aporten a mejoras de la calidad de SAIDI y SAIFI. Sin embargo, para considerar los resultados obtenidos en este trabajo, es necesario que esta información sea evaluada y aprobada por la parte administrativa y gerencial, razón por la cual esta propuesta se estructuro con información suministrada en su gran mayoría por la empresa, convirtiéndose en un ejercicio que si bien es requisito de grado también permite tener cercanía con el campo de trabajo de la ingeniera eléctrica en la parte administrativa y profesional.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Aplicar la metodología de plan de mantenimiento optimizado (PMO) para mejoras de calidad SAIDI y SAIFI en el circuito PALDONJUANA de CENS en la regional pamplona.

2.2 Objetivos Específicos

Aplicar taxonomía al circuito PALDONJUANA para establecer su intervención con PMO.

Analizar la criticidad del circuito de PALDONJUANA identificando su ramal más crítico a impacto de indicadores de calidad.

Planear el PMO del circuito PALDONJUANA para mejorar indicadores de calidad.

Identificar causas y modos de falla en el PMA que migraran a PMO.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del Problema

La electricidad es considerada una de las fuentes de energía secundaria con mayor impacto en la calidad de vida de las personas, debido a que el fluido eléctrico está presente en cada objeto de los hogares, empresas, colegios, hospitales o centro de salud, entre otros; en palabras de Saucedo y Bosques (2011), la electricidad se define como la acción que permite a los electrones trasladarse de un punto a otro, siendo necesario usar algunas formas de energía para colocar en movimiento a los electrones, sea través de fricción, presión calor, luz, acción química o magnetismo. Para López, Inesta y García (2002) la electricidad tiene una amplia gama de aplicaciones: puede iluminar, obtener frio, calor, cocinar, calentar agua o poner en funcionamiento un aparato o electrodoméstico. Por lo anterior, es considerado un servicio básico de aquellas personas que viven tanto en las zonas rurales como urbanas.

No obstante, debido a la demanda del servicio por parte la población, es posible que se presenten problemas que afectan negativamente la calidad de la energía tales como: Sags, swells, interrupciones, variaciones de frecuencia, y demás; ocasionando que las empresas encargadas del suministro eléctrico tengan que cumplir con el mantenimiento y la calidad del servicio, aspecto que se encuentra regulado de manera normativa, donde su incumplimiento legal acarrea multas y pagos en compensación del servicio. En otras palabras, por un lado, se debe cumplir con las normas impuesta por el estado en cuanto al suministro eléctrico y por el otro continuar manteniendo la confiabilidad y suministro de energía en todos los rincones del país. Para el caso de Colombia, se cuenta con la CREG, entendida como la comisión regulatoria de energía y Gas, adscrita al

ministerio de Minas y Energía que se encarga de regular las actividades de los servicios públicos de energía y gas.

Por lo anterior, es fundamental para el desarrollo del país y de una región en particular contar con un servicio eléctrico de calidad, en pro de su actividad económica y mas aun en tiempos de emergencia sanitaria como consecuencia del COVID-19, donde se debe proveer energía a empresas, hospitales, centro de salud y hogares del país, convirtiéndose estos últimos de interés particular, pues es donde actualmente se realizan actividades de trabajo y educación, existiendo la necesidad de asegurar la cantidad de electricidad requerida de acuerdo a los rangos necesarios, razón por la cual este trabajo de investigación tiene como objetivo Aplicar la metodología de plan de mantenimiento optimizado (PMO) para mejoras de calidad SAIDI y SAIFI en el circuito PALDONJUANA de CENS en la regional Pamplona, y de esta forma asegurar la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico en el corregimiento de la Don Juana, en Norte de Santander.

3.2 Justificación

La calidad de la energía eléctrica se considera relevante en los últimos tiempos, debido al crecimiento económico de la industria y el desarrollo de la tecnología, lo que ha originado una expansión en el uso de electrodomésticos y por consiguiente la necesidad de contar con el servicios de electricidad en lugares de trabajo y hogares, influyendo a su vez en las cantidad de perturbaciones de onda de tensión y corriente del sistema eléctrico; para autores como Holguín y Gómez (2010) lo anterior puede afectar las condiciones de suministro, el funcionamiento, la cantidad y la calidad del servicio prestado. Por consiguiente, las empresas encargadas del suministro eléctrico requieren el establecimiento de metas, planes, proyectos basados en la normatividad técnica de su país, que para este caso se considera la CREG como el ente regulador de los servicios de energía eléctrica, gas combustible y combustible líquido en Colombia, capaz de promover la disponibilidad de oferta suficiente y satisfactoria que permita responder a la necesidad de los usuarios del servicio. (CREG, 2021)

En relación a lo anterior, es necesario considerar la resolución 015 de la CREG publicada en el 2018, en la cual se hace referencia a los indicadores de calidad SAIDI y SAIFI, el primer indicador encargado de medir el promedio de interrupciones percibida por usuario del servicio y el segundo está relacionado con la cantidad de veces que se presenta una interrupción para un usuario, siendo a su vez estos indicadores los mas utilizados a nivel internacional para medir anualmente la calidad del servicio.

Es por esto que desarrollar una investigaciones en términos de mediciones de calidad, es imprescindible no solo para disminuir la cantidad de inconvenientes en relación a la prestación del servicio sino además como un valor agregado de

mejora continua de las empresas encargadas del suministro eléctrico, por consiguiente el presente trabajo de investigación tiene como objetivo: Aplicar la metodología de plan de mantenimiento optimizado (PMO) para mejoras de calidad SAIDI y SAIFI en el circuito PALDONJUANA y así alcanzar una normalización de las redes de distribución en este circuito donde se realizará la toma de datos para la utilización de los indicadores de calidad de la energía. No obstante, cierta información se mantendrá bajo confidencialidad por ser de uso exclusivo y derechos de la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS S.A. E.S.P.

4. MARCO TEÓRICO

Este apartado dentro del proceso de investigación aborda de manera conceptual lo referente al plan de mantenimiento optimizado PMO, teniendo en cuenta los distintos pasos que lo componen, además de hacer mención de los indicadores de calidad de la energía eléctrica SAIDI y SAIFI, que son relevantes dentro de la prestación del servicio de energía eléctrica que evalúan la calidad de los procesos y la prestación del servicio. Por otro lado, se hace mención de la resolución CREG 015 del 2018, como principal referente legal aplicable a las empresas que prestan el servicio de energía eléctrica.

Plan de Mantenimiento Optimizado-PMO

Los planes de mantenimiento optimizado se definen como los procesos que permiten de manera metódica analizar los mantenimientos de instalaciones con el fin de conocer las características de fallas de los activos, historial de fallas e información técnica de los activos en operación, entre otros; siendo este un tipo de plan utilizado por las empresas como estrategia desde un punto de vista de ingeniería confiable e impulso de los negocios, en el que se contribuye con la productividad y las mejoras de funcionamiento en las plantas de generación. Por otra parte, este tipo de planes se caracteriza por escasos recursos de mantenimiento, puesto que son racionados y los fallos lo consumen, el mantenimiento preventivo se afecta ocasionando una mayor frecuencia de fallas, lo que se traduce en un círculo vicioso del proceso (Turner, 2000)

No obstante, sumado a esa pérdida de productividad como resultado de un mantenimiento no planificado, se encuentran acciones comunes en relación a mantenimientos temporales, que buscan solucionar las fallas de manera

momentánea y transitoria, agravando la situación, lo que implica un trabajo adicional para la corrección de fallas de manera definitiva o previo a presentarse.

Según Turner (2000) dentro de las desventajas que también pueden presentarse, para aquellos casos en los que se reducen los costos; se encuentran reducción del recurso humano, problema de clima laboral y disminución de los estándares de calidad del servicio que las empresas ofertan, siendo estos otros aspectos que alimenta el círculo vicioso de mantenimiento, tal como se evidencia en la siguiente figura.



Figura. 1 Círculo Vicioso del mantenimiento

Teniendo en cuenta, la figura expuesta anteriormente, se puede referir que la solución para este tipo de organizaciones es la contratación de más personal, no obstante, debido a los recursos económicos que esto implica sumado a una cultura organizacional enfocada en la reducción de costos, difícilmente tendrán éxito en sus resultados, razón por la cual las gerencias deben orientar sus esfuerzos en romper los elementos que alimentan el círculo vicioso, donde se logre mejorar el mantenimiento de manera definitiva e incremento tanto la

productividad del recurso humano como de los activos. Por esto, se hace necesario según Turner, 2000:

Eliminar tareas de mantenimiento que no sean efectivas o sin propósito.

Eliminar los esfuerzos en duplicado en diferentes grupos que se aplique igual el PM.

Orientar la ideología de mantenimiento basado en condición.

Añadir tareas de mantenimiento orientadas en prevenir los modos de falla con los historiales con priorización económica.

Equilibrar la carga de trabajo tanto del personal implicado en los mantenimientos y en la organización general.

Origen de los problemas de mantenimiento

Fase de diseño y Comisionamiento

Dentro de las problemáticas que se encuentran en la fase diseño, se puede referir que la persona encargada del mantenimiento en esta fase no es quien la culmina, lo que hace referencia a un comisionamiento. Por otra parte, se encuentra el escaso presupuesto de mantenimiento que debe destinarse a la fase de construcción, suele usarse para cubrir gastos extras, además de contarse con poca información de los modos y efectos de falla de la planta, lo cual puede deberse a la nula e insuficiente documentación sobre los requerimientos de mantenimiento.

Post comisionamiento

En este apartado se encuentran problemas como separación de los integrantes que hacen parte del diseño e inicio de nuevos proyectos, delegación de nuevas tareas y no especialización de las mismas por parte del personal, el tiempo y presupuesto limitado para hacer cambios de diseño o de mantenimiento,

inconsistencias en la definición de la política, debido a que no existe coherencia entre la filosofía de análisis y las políticas que se den implementar.

En cuanto al personal encargado del mantenimiento debido a la resistencia al cambio, define por lo general las políticas en mantenimiento intrusivos o overhauls (reacondicionamientos) o por el contrario exceso de mantenimiento con el único fin de prevenir fallas, ocasionando perjuicios en la confiabilidad. Finalmente, la inexistencia de programas de auditoria del plan, sin mencionar el desconocimiento en el que se fundamenta el PM, de manera que no se tiene forma de controlar el plan y medir los resultados de manera objetiva.

Planta en operación

Una vez la planta se encuentra en operación y presenta fallas, se generan nuevas tareas de mantenimiento, que incrementa las ya existentes, lo que ocasiona duplicidad de tareas, el personal encargado del mantenimiento debe demostrar su trabajo, razón por la cual ejecutan tareas que aparentemente previene fallas, pero en realidad no tienen ningún propósito.

De acuerdo a los resultados de requerimientos de mantenimiento preventivo, se excede en recursos disponibles, disminuyen tareas preventivas, surgen fallas prevenibles y el mantenimiento no planeado consume más horas de las necesarias, las reparaciones temporales exceden su límite, se generan costos extras relacionados con la conversión de reparaciones temporales a definitivas.

Pasos de Plan de Mantenimiento Optimizado

Para la ejecución de un plan de mantenimiento optimizado, según Turner 2000 es necesario el desarrollo de los pasos descritos a continuación:

Paso 1 Recopilación de Tareas.

El Plan de Mantenimiento parte de la recopilación de información de mantenimientos existentes teniendo en cuenta una base de datos y el historial de mantenimientos ejecutados previamente. Es importante considerar que el mantenimiento lo debe realizar personal especializado en este campo, debido a que la mayoría de empresas llevan a cabo el PM por iniciativa propia de técnicos y operadores, no existen documentación de los procesos. Generalmente las organizaciones de mantenimiento tienen algún tipo de PM, de manera formal e informal. A continuación, se presenta en la figura 2 las fuentes de plan de mantenimiento.

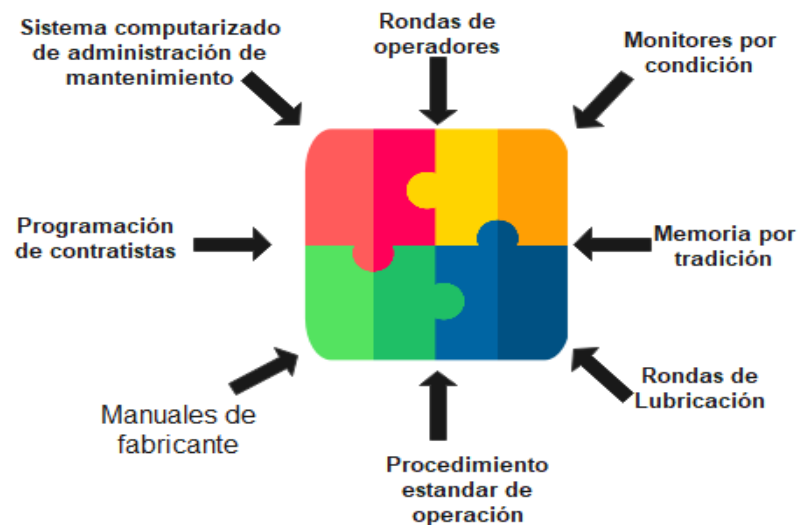


Figura. 2 Fuentes de Plan de Mantenimiento

Paso 2 Análisis de Modos de Falla (FMA).

Se involucra todo el personal de la empresa, mediante el trabajo de equipos interdisciplinarios, quienes tiene como función la identificación de modos de falla de acuerdo a las tareas de mantenimiento. Se evidencia a continuación en la tabla 1. El ejemplo el paso 2:

Tarea	Frecuencia	Responsable	Función
-------	------------	-------------	---------

Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	6 meses	Instalador	Falla C
Tarea 4	6 meses	Instalador	Falla A
Tarea 5	Anual	Eléctrico	Falla B
Tarea 6	Semanal	Operador	Falla C

Tabla 1. Resultados Análisis de modos de falla

Paso 3 Racionalización y Revisión del FMA

Una vez se ha organizado la información de acuerdo a los modos de falla, se facilita la identificación de la duplicación de tareas; las cuales suelen presentarse cuando a un mismo modo de falla se le aplican varias rutinas de plan de mantenimiento por parte de las diferentes especialidades, de operadores y especialistas en el área de monitoreo.

Este paso, se permite revisar los modos de falla que han resultado del FMA y agrega aquellos modos de falla faltantes. Esta lista de modos de falla se elabora con base en el historial de fallas, documentación técnica o experiencia del equipo de trabajo. Se muestra en la tabla a continuación la adición de la Falla D, la cual puede ser el resultado de la revisión de historia de fallas y/o documentación técnica.

Tarea	Responsable	Falla
Tarea 1	Operador	Falla A
Tarea 4	Instalador	Falla A
Tarea 7	Mecánico	Falla A
Tarea 2	Operador	Falla B
Tarea 5	Electricista	Falla B
Tarea 3	Instalador	Falla C
Tarea 6	Operador	Falla C
		Falla D

Tabla 2. Racionalización y revisión del FMA

Paso 4 Análisis Funcional

Este paso es opcional, y es justificable cuando se debe hacer un análisis al equipo más crítico o complejo para determinar todas las funciones del equipo, con el fin de asegurar un programa de mantenimiento sólido. En los equipos poco críticos o simples esta identificación de funciones supone tiempo y costo, mas no beneficios tangibles.

Tarea	Responsable	Falla	Función
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1
Tarea 4	Instalador	Falla A	
Tarea 7	Mecánico	Falla A	
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1
Tarea 5	Electricista	Falla B	
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2
Tarea 6	Operador	Falla C	
		Falla D	Función 1

Tabla 3. Análisis funcional

Paso 5 Evaluación de Consecuencias

Se analiza cada modo de falla, con el fin de determinar si las fallas son ocultas o evidentes, en el caso de que sean evidentes se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales, tal como se ilustra enseguida.

Tarea	Responsable	Falla	Función	Consecuencia
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1	Operacional
Tarea 4	Instalador	Falla A		

Tarea 7	Mecánico	Falla A		
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1	Operacional
Tarea 5	Electricista	Falla B		
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2	Oculto
Tarea 6	Operador	Falla C		
		Falla D	Función 1	Operacional

Tabla 4. Evaluación de consecuencia

Paso 6 Definición de la Política de Mantenimiento

Los programas de mantenimiento de éxito se centran en las consecuencias de las fallas más que en los activos. En el paso 6 se analiza cada modo de falla bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM y se establecen las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento, donde se determina:

Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costos efectivos y aquellos que no, siendo estos últimos en mención eliminados.

Tareas efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevárselas a falla y viceversa.

Tareas sin beneficio, que a su vez se eliminan del programa.

Tareas que resultarían más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas

Fallas que se manejarían mejor a través del uso de tecnología avanzada o simple.

El tipo de información recolectada por el operador para predecir el mejor funcionamiento de los equipos durante su ciclo de vida.

Las fallas se eliminan con un análisis de causa raíz (RCA).

Falla	Función	Consecuencia	Política	Rutina
Falla A	Función 1	Operacional	Inspección	Diaria
Falla A				

Falla A				
Falla B	Función 1	Operacional	No PM	
Falla B				
Falla C	Función 2	Oculto	Pruebas	Anual
Falla C				
Falla C	Función 1	Operacional	Inspección	Semanal

Tabla 5. Definición de la política de mantenimiento

Paso 7 Agrupación y Revisión

Cuando se concluya el análisis de las tareas, se debe establecer el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de activos de acuerdo a las limitantes de producción y otros. Se debe considerar, que en este apartado es posible que se presente transferencias de responsabilidades en la ejecución de tareas de PM entre las personas encargadas del mantenimiento y los operadores para lograr eficiencia y ganancia en producción.

Paso 8 Aprobación e Implementación

El resultado del análisis, se presenta a la dirección, con el fin de que sea revisado y se le realicen las respectivas apreciaciones, y su posterior toma de decisiones. Una vez se cuenta con la aprobación del mismo, se continúa con la implementación, la cual requiere de tiempo y donde se pueden presentar más dificultades, las que están relacionadas con empresas que implementan muchos turnos o cuya estructura organizacional es conservadora.

Paso 9 Programa Dinámico

En los pasos de mantenimiento se establece una estructura racional y costo efectiva del PM, con este programa Dinámico se consolida y se toma control de la empresa, se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado con

mejoras, se acelera fácilmente y se enfoca en corregir diseños o limitaciones inherentes a la operación.

En este paso, muchos procesos vitales de gestión de activos pueden mejorarse para acelerar una respuesta óptima.

Estrategias de Producción y PM

Medición del Desempeño

Reportes y Eliminación de Fallas

Planeación y Programación

Gestión de Inventarios

Talleres y Practicas de Mantenimiento

La finalidad de este paso es establecer en la organización, mejoras de plan mantenimiento; siendo necesario crear conciencia de lo importante que es evaluar las tareas y fallas no planeadas. Se debe considerar que para lograr las metas es necesario contar con personal altamente capacitado en el tema de análisis y con la motivación del recurso humano por parte de la alta dirección, orientado a de la empresa para a la gestión en el personal de sentido de pertenencia, compromiso y optimación de los costos de producción.

Indicadores de Calidad de la Energía Eléctrica

Los indicadores de calidad de la energía eléctrica son datos e información relevante del servicio eléctrico que permiten evaluar la calidad de los procesos y la prestación del servicio, con la finalidad de satisfacer las necesidades de los usuarios, garantizando la gestión oportuna de recursos, control y mejora de procesos, consecución de resultados previstos, así como el mantenimiento de estándares de calidad, siendo SAIDI y SAIFI los más utilizados a nivel

internacional para medir cada año la calidad del servicio prestado, según ATA Electric, 2020.

En palabras de Cárdenas, los indicadores en mención se convierten en el “termómetro” que permite medir la prestación de cuanto a la calidad del servicio de energía a los diferentes operadores de red, indicadores regulados por la CREG, los cuales deben reportarse al Sistema Único de Indicadores SUI de manera oportuna, debido a que hace parte de las obligaciones con las que debe cumplir el operador de la red, quien es vigilado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD (2019).

System Average Interruption Duration Index- SAIDI.

Indicador encargado de medir las duraciones en horas de los eventos de la interrupción del servicio de energía eléctrica que perciben los usuarios del SLD de un OR que han sido afectados durante un periodo anual (CREG, 2018). Según la Dirección Técnica de Gestión de Energía y la Superintendencia Delegada de Energía y Gas en el año 2018, definen SAIDI como el indicador que permite medir la duración promedio de las interrupciones que son percibidas por un usuario del servicio, donde normalmente se mide en minutos o en horas.

$$SAIDI_{j,t} = \sum_{m=1}^{12} \frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,u,m} * NU_{i,u,m})}{UT_{j,m}} / 60$$

Donde:

$SAIDI_{j,t}$: Indicador de duración promedio por usuario, de los eventos sucedidos en el SLD del OR j, durante un año t, en horas al año.

$D_{i,u,m}$: Duración en minutos del evento i, sucedido durante el mes m, que efecto al activo u perteneciente al SLD del OR j.

$NU_{i,u,m}$: Número de usuarios que fueron afectados por el evento i sucedido durante el mes m , conectados al activo u .

$UT_{j,m}$: Número total de usuarios conectados al SDL del OR j en el mes m .

m : Mes del año t , con enero =1, ...diciembre 12.

System Average Interruption Frequency Index-SAIFI.

Indicador que representa la cantidad total de los eventos en promedio percibidos por los usuarios del SDL de un OR que han sido o no afectados por periodos por un evento en un periodo anual (CREG, 2018). Es decir, SAIFI es un indicador de calidad que permite medir la cantidad de veces que se presenta una interrupción para un usuario conectado al sistema de energía eléctrica (Dirección Técnica de Gestión de Energía y la Superintendencia Delegada de Energía y Gas, 2018)

$$SAIFI_{j,t} = \sum_{m=1}^{12} \frac{\sum_{i=1}^n NU_{i,u,m}}{UT_{j,m}}$$

$SAIFI_{j,t}$: Indicador de frecuencia promedio por usuario, de los eventos sucedidos en el SDL del OR j , durante el año t , medido por cantidad del año.

$NU_{i,u,m}$: Número de usuarios que fueron afectados por el evento i sucedido durante el mes m , conectados al activo u .

$UT_{j,m}$: Número total de usuarios conectados al SDL del OR j en el mes m .

m : Mes del año t , con enero =1, ...diciembre 12.

Cada operador es responsable de los cálculos y los indicadores y la información.

Resolución CREG 015 DEL 2018

La CREG, también conocida como la Comisión de Regulación de Energía y Gas, es la entidad encargada de regular las actividades de los servicios públicos domiciliarios dentro de los cuales se encuentran la energía eléctrica, gas combustible y combustible líquido, que busca de acuerdo al establecimiento de sus políticas y gestión satisfacer las necesidades de los usuarios del servicio según la política pública. De acuerdo con la CREG (2017) esta entidad debe cumplir con ciertas funciones y facultades, dentro de las que se destacan:

Presentación de proyectos de ley, con el objetivo de ser evaluados y adoptados mediante el gobierno por decretos reglamentarios.

Sometimiento de su regulación, a vigilancia de la superintendencia de servicios públicos, donde se evalúen aspectos relacionados con información, contratos, tarifas, entre otros.

Definición de criterios de eficiencia y desarrollo de indicadores relacionados con la gestión técnica, financiera y administrativa.

Fijación de normas para empresas de servicios públicos que prestan el servicio.

Establecimiento de cuantía y condiciones de garantía para los contratos celebrados.

Definición de recursos que se interpongan contra sus actos o el de otras entidades de acuerdo a la ley.

Entre otras facultades que asigne la ley y que estén relacionadas con la razón de ser de la entidad

Por lo anterior, se considera pertinente para el desarrollo de esta investigación mencionar el capítulo 5 de la Resolución 015 del 29 de enero de 2018 de la CREG. Esta normativa establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, la cual es aplicable a todas las empresas que prestan el servicio de

energía eléctrica y a los usuarios que usan el servicio, refiere en este capítulo la calidad del servicio en los Sistema de Distribución Local SDL ofrecidos por los Operadores de Red, los cuales son medidos en términos de duración y frecuencia de los eventos, de acuerdo a lo percibido por los usuarios de la red, lo cual permite adoptar indicadores de calidad media que permite establecer en términos de calidad individual.

Por otra parte, y en consideración de las mejoras y desmejoras en la calidad media del sistema a los operadores del servicio les aplica un esquema de incentivos los permite aumentar o disminuir su ingreso, esquema que se complementa con un esquema de compensación a los usuarios, donde se busca garantizar un nivel mínimo de calidad y de esta manera disminuir la dispersión de la calidad prestada en torno a la calidad media.

En relación, especifica al capítulo 5 calidad del servicio, se presentan las características con las que se debe cumplir los STR y los SDL que hacen parte del sistema Interconectado Nacional en cuanto a la calidad de la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica y las disposiciones que le apliquen en caso de presentarse variaciones de estas características.

5. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

A continuación, se presenta el consolidado de información relacionada con el plan de mantenimiento actual que viene desarrollando la empresa, siendo relevante esta información para la implementación del plan de mantenimiento optimizado, razón por la cual los datos, cifras e información descrita en los siguientes apartados corresponde a insumos y bases de datos de la empresa Centrales Eléctricas de Norte de Santander para el año 2021:

5.1 Plan De Mantenimiento Actualizado

5.1.1 Contexto Operacional

Para el desarrollo del plan piloto de mantenimiento Optimizado que corresponde a este proyecto de trabajo de grado, se tiene en cuenta los 3056 usuarios del municipio la Don Juana, que se encuentran conectados al circuito de media tensión Circuito 13.8 Kv con 300 transformadores.

CONTEXTO OPERACIONAL	
Nombre de la instalación	CIRCUITO PALDONJUANA
Ubicación Geográfica	REGIONAL PAMPLONA - SUBESTACIÓN PALERMO
Características de la operación del activo	Circuito de 13.8 kV con 300 transformadores que atienden a 3056 usuarios en los municipios de La Don Juana, Durania, etc.

Tabla 6. Contexto Operacional , CENS 2021



Figura 3. Diagrama Unifiar CENS 2021

5.1.2 Descripción Del Activo

Este apartado comprende la descripción de aquellos elementos que permiten y facilitan el flujo de energía, donde se considera el código con el que se identifica el activo, la descripción del mismo donde se especifica la ubicación, la función del activo, las condiciones operativas y los niveles de criticidad de acuerdo a la necesidad de personas, ambiente, calidad, reputación y componente financiero, además de referir un nivel de criticidad total.

Es necesario referir que de acuerdo a la información expuesta a continuación los niveles de criticidad de tipo Muy Alto, están relacionados con activos como Paldonjuana Línea Vieja, Paldonjuana Línea nueva, FSW363, PASW3746, BSW4441, lo que indica que se convierten estos puntos en los más críticos para la prestación del servicio en el circuito PaldonJuana.

Cod. Activo	DESCRIPCIÓN ACTIVO	Función Activo	Condiciones Operativas del Activo	Personas	Ambiente	Calidad	Reputación	Financiero	Nivel Criticidad Total
PALDONJUANA LÍNEA VIEJA	Sección de la troncal que inicia en la celda principal recorriendo toda la línea vieja	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
PASW3745	Ramal ubicado en sector el Raizon perteneciente a la troncal PALDONJUANA de la línea vieja hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
ASW2628	Ramal ubicado en la Don Juana Válvula perteneciente a la troncal PALDONJUANA de la línea vieja hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
PALDONJUANA LÍNEA NUEVA	Sección de la troncal que inicia en la celda principal recorriendo la línea nueva hasta el elemento de corte RC-0120	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
SW6519	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 -	Distribuir energía desde la derivación	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

	LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	del alimentador principal hacia el usuario final.							
RSW3526	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
RSW3525	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6558	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6559	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
BSW5165	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

		hacia el usuario final.							
PSW9757	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6298	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6297	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
LSW2396	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
BSW5394	Ramal que inicia en la troncal PALDONJUANA - SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

PALDONJUANA LÍNEA NUEVA	Sección 2 de la troncal que inicia en el elemento de corte SW6752 ubicado en la Don Juana hasta los elementos de corte ASW3904 ubicado en la vereda El Retiro y ESW7209 ubicado en la vereda la Cuchilla	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
SW6582	Ramal ubicado en la vereda la cuchilla perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6583	Ramal ubicado en la vereda la cuchilla perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
ASW3697	Ramal ubicado en la Cuchilla Durania perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
FSW228	Ramal ubicado en la vereda la cuchilla perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

JESW4581	Ramal ubicado en la vía principal Durania perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
GSW7563	Ramal ubicado en la urbanización Villa Marly perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6618	Ramal ubicado en la calle 8 número 1 - 16 KDX 105 perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
FSW230	Ramal ubicado en Durania perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SSW4552	Ramal ubicado en Las Palmas - Durania perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
JESW4574	Ramal ubicado en la vereda las Aguadas	Distribuir energía desde la	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

	perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	derivación del alimentador principal hacia el usuario final.							
FSW590	Ramal ubicado en la Perla perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
BSW4592	Ramal ubicado en la vereda El Líbano perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
ESW6607	Ramal ubicado en la vereda El Retiro perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
ESW6608	Ramal ubicado en la vereda El Retiro perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
ESW7209	Ramal ubicado en la vereda La cuchilla perteneciente a la sección 2 de la línea nueva hasta	Distribuir energía desde la derivación del alimentador	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

	finalizar su recorrido	principal hacia el usuario final.							
LSW2426	Ramal ubicado en la vereda Curazao perteneciente a la troncal PALDONJUANA línea vieja hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
SW6533	Ramal ubicado en la vereda Curazao perteneciente a la troncal PALDONJUANA línea vieja hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6534	Ramal ubicado en la vereda Curazao Municipio Bochalema perteneciente a la troncal PALDONJUANA línea vieja hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
PASW3793	Ramal ubicado en la vereda Curazao perteneciente a la troncal PALDONJUANA línea vieja hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
FSW328	Ramal ubicado en la vereda Curazao perteneciente a la troncal PALDONJUANA línea vieja hasta finalizar su	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

	recorrido	usuario final.							
SW6626	Ramal ubicado en la vereda Miraflores perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW3747	Ramal ubicado en el Sector Curazao - Los Alamos en Chinácota perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 1 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto
LSW2397	Ramal ubicado en la Don Juana perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 de la línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
FSW363	Ramal ubicado en la vereda La Selva perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 de la línea nueva hasta el elemento de corte PASW3746 ubicado en Ayacucho - Morreton	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Medio	Muy Alto	Bajo	Medio	Bajo	Muy Alto
PASW3746	Ramal ubicado en Ayacucho - Morreton perteneciente al ramal FSW363 en la vereda la	Distribuir energía desde la derivación del alimentador	Abre ante falla	Medio	Muy Alto	Bajo	Medio	Bajo	Muy Alto

	Selva sección 2 y finaliza en el final de línea	principal hacia el usuario final.								
SW6579	Arranque ubicado en la vereda Agua Negra en el Municipio Bochalema perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
FSW378	Arranque ubicado en la Don Juana perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6581	Arranque ubicado en la Vereda La Cuchilla perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
SW6580	Arranque ubicado en la Vereda La Cuchilla perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
BSW4441	Arranque ubicado en La Golondrina perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal	Abre ante falla	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Bajo	Bajo	Muy Alto	Muy Alto

	finalizar su recorrido	hacia el usuario final.							
FSW380	Arranque ubicado en la Vereda El Almendran perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio
FSW586	Arranque ubicado en la Vereda El Líbano perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
ASW3904	Arranque ubicado en la Vereda El retiro perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
GSW4093	Arranque ubicado en la Vereda El retiro perteneciente a la troncal PALDONJUANA sección 2 línea nueva hasta finalizar su recorrido	Distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final.	Abre ante falla	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla 7. Descripción de Activos; CENS, 2021

5.1.3 Premisas

Las premisas se convierten en las proposiciones con respecto a los datos del personal que ejecutara el mantenimiento, que determina; la especialidad requerida, el costo hora, el grupo de trabajo encargado y el tipo de cuadrilla, siendo necesario especificar que los costos, el grupo de trabajo y el tipo de cuadrilla están sujetos a cambios de acuerdo al tipo de materiales o tipo de mantenimiento que se va realizar en cada ramal del circuito PALDONJUANA.

DATOS DE PERSONAL EJECUTOR DEL MANTENIMIENTO			
Especialidades	Costo HH	Grupo de Trabajo	Tipo de Cuadrilla
M32 - mantenimiento correctivo y preventivo	\$ 23.808	mantenimiento correctivo y preventivo	M32
M03 - mantenimiento correctivo y preventivo	\$ 12.434	mantenimiento correctivo y preventivo	M03
M33 - Inspección camioneta	\$ 17.591	Inspección camioneta	M33
M05 - mantenimiento correctivo y preventivo	\$ 6.217	mantenimiento correctivo y preventivo	M05
T01 - Inspección con Dron y Termografía	\$ 9.201	Inspección con Dron y Termografía	T01
P20 - Poda Rural	\$ 41.420	Poda Rural	P20
P18 - Poda Urbana	\$ 38.436	Poda Urbana	P18
Redes - mantenimiento correctivo y preventivo	\$ 47.033	mantenimiento correctivo y preventivo	Redes
AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	\$ 8.470	Inspecciones y apoyo a cuadrilla	AR
tecnólogos - Inspecciones iniciales	\$ 9.201	Inspecciones iniciales	tecnólogos

Tabla 8. Premisas; CENS, 2021

5.1.4 Modos De Falla

En relación a los modos de falla, hace referencia a las posibles causas por la que el servicio de energía en el circuito PALDONJUANA se puede ver afectado, donde se especifica la clase de equipo, el componente y el modo de falla

identificado en el circuito PALDONJUANA, con el objeto de establecer el respectivo mantenimiento que le aplica; ya sea preventivo o correctivo.

CLASE DE EQUIPO	COMPONENTE	MODOS DE FALLA
Cortacircuito	Cortacircuito	Puntos calientes
Cruceta		Foguelo
DPS		Fisura del elemento-chirriado
Cerrajería		Mal ajuste del porta fusible- daño mecánico en el elemento
Aisladores		Porta fusible punteado - perdida de fusible
Postes		Puente
Sistemas de Puesta		Rotura del absorbedor-medio de extensión del arco eléctrico
Conductor	Cruceta	Deterioro del elemento
Transformador		Rotura del elemento
Reconectador	Aisladores	Longitud del tornillo
Cuchilla seccionadora		Deterioro del elemento
Cable de guarda		Rotura del elemento
Seccionalizadores		Fisura del elemento -chirriado
Filtros de onda		Deterioro del elemento
Control De Reconectador		Rotura del elemento
Templetes		Perforación del elemento
	Poste	Suciedad del elemento
		Deterioro del elemento
		Erosión del suelo
		Animales en el elemento
	Sistema de puesta a tierra	Accidente de transito
		Cambios en el suelo por descargas atmosféricas
		Vandalismo
		Mala conexión del elemento

	DPS	Mal dimensionamiento
		Fisura del elemento-chirriado
		Deterioro del elemento
		Rotura de elemento
		Perforación del elemento
		Suciedad del elemento
		Fogeo
	Conductor	Equipo defectuoso
		Desgaste del elemento por mala herrajería
		Rotura del elemento
		Ramas sobre la red
		Línea destencionadas
	Transformador	Problemas de orden publica
		Puntos calientes
		Fugas de aceite
		Sobrecarga
		Mala conexión
	Reconectador	Conector sulfatado
		Puntos calientes
		Fugas de aceite
		Malas conexiones
	Reconectador control	Conectores sulfatados
	Cuchilla seccionadora	Animales en el elemento
		Puntos calientes
		Fogeo
		Fisura del elemento-chirriado
	Cable de guarda	Daño mecánico en el elemento
		Desgaste en el elemento por mala herrajería
		Rotura del elemento
		Ramas sobre la red

		Línea detención ramas
	Filtros de onda	Problema de orden publico
		Desgaste en el elemento
	Templete	Distancia de aislamiento (por mala instalación)
		Desgaste en el elemento
		Erosión del suelo
		Accidente de tránsito
	Nodo	Descarga atmosférica

Tabla 9. Modos de falla; CENS, 2021

5.1.5 Jerarquía De Equipos

La jerarquía de equipos realiza una clasificación de aquellos activos con características en común, en esta oportunidad se especifica en la tabla 10 la sección del sistema, el código del activo que son objeto de optimización del plan de mantenimiento, y el componente, sobre la cual se cargara la tarea de mantenimiento.

En cuanto, a la descripción del activo corresponde a la misma descripción que se detalló en la tabla 7. Descripción de activo, todas las secciones del sistema tienen la misma función, que consiste en distribuir energía desde la derivación del alimentador principal hacia el usuario final con igual condición operativa que hace referencia a abrir ante falla; en otra palabra es cuando se abre el circuito para no seguir en funcionamiento.

5.1.6 Plan De Mantenimiento Actual

Modelo sistemático de gestión de activos que se realiza actualmente y que permite establecer y delimitar los programas de mantenimiento a los activos a

través de actividades periódicas preventivas y correctivas, con el objeto de mejorar la calidad del servicio de energía prestado a los usuarios para cada una de los ramales del circuito eléctrico en la Paldonjuana. En este plan de describe el origen de la tarea, detalle origen, tarea, detalle tarea, estrategia de PMA, estado para la tarea PMA, intervalo en días y meses, personal; siendo el mismo para cada uno de las secciones del sistema, tal como se especifica a continuación:

Origen Tarea PMA	Personal Técnico
Detalle Origen PMA	iniciativa del personal técnico
Tarea PMA	Inspección con cuadrilla rural
Detalle Tarea PMA	Se realiza inspección y se diligencia la revisión del activo, diligenciar el formato con las variables e indicar observaciones necesarias, toma de registro fotográfico para la estructura completa y cualquier observación que se presente
Estrategia PMA	Inspección
Estado equipo para la tarea PMA	En línea
Intervalo Días PMA	365
Intervalo Meses PMA	12
Personal Interno o Contratista PMA	Personal Interno

Tabla 10. Características Iniciales de PMA; CENS, 2021

No obstante, se encuentran diferencias en relación a la especialidad requerida en el PMA, el número de personas que se requieren según la tarea y el grupo de especialidad, tal como se evidencia en la tabla 11. Según la sección del sistema y código del activo.

Sección Sistema	Cod. Activo	Especialidad PMA	No Personas PMA	Grupo Especialidad PMA
COMPLETA - LÍNEA VIEJA	PALDONUANA LÍNEA VIEJA	tecnólogos - Inspecciones iniciales	1	Inspecciones iniciales
RAMAL	SW6526	tecnólogos - Inspecciones	1	Inspecciones

COMPLETO		iniciales		iniciales
RAMAL COMPLETO	PASW3745	tecnólogos - Inspecciones iniciales	1	Inspecciones iniciales
RAMAL COMPLETO	ASW2628	tecnólogos - Inspecciones iniciales	1	Inspecciones iniciales
SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA	PALDONJUANA LÍNEA NUEVA	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6519	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	RSW3526	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	RSW3525	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6558	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6559	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	BSW5165	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	PSW9757	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6298	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6297	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	LSW2396	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	BSW5394	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
SECCIÓN 1 - LÍNEA NUEVA	PALDONJUANA LÍNEA NUEVA	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6582	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6583	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	ASW3697	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía

RAMAL COMPLETO	FSW228	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	JESW4581	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	GSW7563	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6618	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	FSW230	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SSW4552	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	JESW4574	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	FSW590	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	BSW4592	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	ESW6607	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	ESW6608	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	ESW7209	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	LSW2426	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6533	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6534	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	PASW3793	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	FSW328	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6626	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a

				cuadrilla
RAMAL COMPLETO	SW3747	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	LSW2397	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL FSW363 DIVIDIDO EN 2 SECCIONES. (1/2)	FSW363	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL FSW363 DIVIDIDO EN 2 SECCIONES. (2/2)	PASW3746	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	SW6579	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla
RAMAL COMPLETO	FSW378	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla
RAMAL COMPLETO	SW6581	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla
RAMAL COMPLETO	SW6580	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla
RAMAL COMPLETO	BSW4441	T01 - Inspección con Dron y Termografía	2	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	FSW380	T01 - Inspección con Dron y Termografía	1	Inspección con Dron y Termografía
RAMAL COMPLETO	FSW586	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla
RAMAL COMPLETO	ASW3904	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla
RAMAL COMPLETO	GSW4093	AR - Inspecciones y apoyo a cuadrilla	1	Inspecciones y apoyo a cuadrilla

Tabla 11. Características de PMA; CENS, 2021

A continuación, se presenta los resultados que se obtuvieron de acuerdo al análisis de información suministrada por la empresa CENS, para el desarrollo de las metodologías del plan de mantenimiento, en el cual se puede evidenciar los

modos de falla de cada activo, porcentajes por mes de los activos del año 2020, el total de eventos por troncales y ramales.

5.1.8 Modos De Falla Identificados en el PMA

En la siguiente tabla se evidencia el total de eventos por troncal y ramales que se identificaron en el circuito PALDONJUANA, que a su vez permite sacar un porcentaje acumulado para el nivel del evento ya sea de arranques y/o transformadores de acuerdo al nivel de tensión, donde se logra establecer que en la Troncal principal se presentaron elementos de corte que se caracterizó por 174 eventos en arranque y 39 en eventos transformadores para un total de 215, siendo esta zona del circuito la mas afectada, con una representación del 26,67% de la totalidad de los ramales.

TOTAL DE EVENTO POR TRONCAL Y RAMALES						
Troncal/ Ramal	Eventos en Arranques	Eventos en Transformadores	Total de Eventos	%	Acumulado	% Acumulado
TRONCAL	174	39	215	26.67%	213	26.67%
BSW4441	31	77	108	13.40%	323	40.07%
FSW363	30	64	94	11.66%	417	51.74%
FSW380	18	58	76	9.43%	493	61.17%
SW3747	7	37	44	5.46%	537	66.63%
FSW586	2	42	44	5.46%	581	72.08%
LSW2426	0	31	31	3.85%	612	75.93%
BSW4592	7	21	28	3.47%	640	79.40%
ASW3904	2	25	27	3.35%	667	82.75%
GSW4093	1	20	21	2.61%	688	85.36%
ASW3697	2	19	21	2.61%	709	87.97%
PASW3793	5	13	18	2.23%	727	90.20%
SW6626	0	15	15	1.86%	742	92.06%
SW6534	6	5	11	1.36%	753	93.42%
SW6582	0	7	7	0.87%	760	94.29%
FSW228	1	6	7	0.87%	767	95.16%
FSW590	0	6	6	0.74%	773	95.91%
ASW2628	1	5	6	0.74%	779	96.65%
ESW7209	0	5	5	0.62%	784	97.27%
LSW2397	2	2	4	0.50%	788	97.77%
FSW328	0	3	3	0.37%	791	98.14%
SW6526	0	3	3	0.37%	794	98.51%
SW6558	0	2	2	0.25%	796	98.76%

RSW3525	0	2	2	0.25%	798	99.01%
ESW6608	1	1	2	0.25%	800	99.26%
PASW3745	0	1	1	0.12%	801	99.38%
BSW5394	0	1	1	0.12%	802	99.50%
SW6581	0	1	1	0.12%	803	99.63%
SW6297	0	1	1	0.12%	804	99.75%
FSW378	0	1	1	0.12%	805	99.88%
JESW4574	0	1	1	0.12%	806	100.00%
PSW9750	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6533	0	0	0	0.00%	806	100.00%
BSW5165	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6559	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6519	0	0	0	0.00%	806	100.00%
RSW3526	0	0	0	0.00%	806	100.00%
PSW9757	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6298	0	0	0	0.00%	806	100.00%
LSW2396	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6565	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6579	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6580	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6583	0	0	0	0.00%	806	100.00%
JESW4581	0	0	0	0.00%	806	100.00%
GSW7563	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SW6618	0	0	0	0.00%	806	100.00%
FSW230	0	0	0	0.00%	806	100.00%
SSW4552	0	0	0	0.00%	806	100.00%
ESW6607	0	0	0	0.00%	806	100.00%
TOTAL	292	514	806	100.00%		

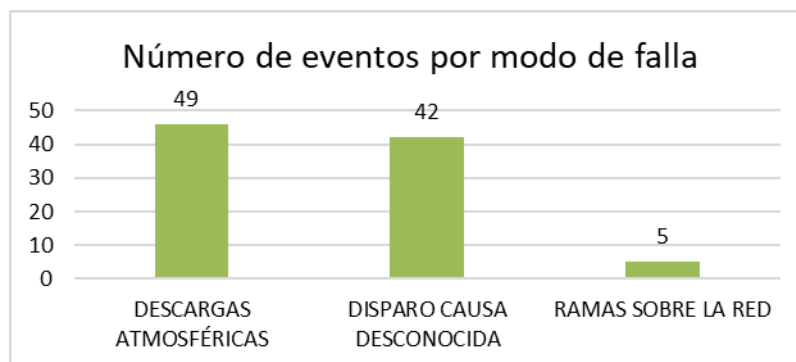
Tabla 12. Características de PMA; CENS, 2021

Se detalla a continuación los activos de la troncal descrita anteriormente, con sus respectivos modos de falla de acuerdo a los datos recolectados para el año 2020.

RC-0120	Nombre del activo	TELE-RECONECTADOR
	Alimentador	PALDONJUANA
	Cantidad de eventos	96
	Eventos más representativos	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
	Ti (horas)	17.72627778
	MTBF(días)	3.794389636
	Transformadores afectados por evento	110
	Usuarios afectados por evento	1564

	DNA acumulado (kW-h)	
--	----------------------	--

Tabla 13. Activo RC-0120; CENS 2021

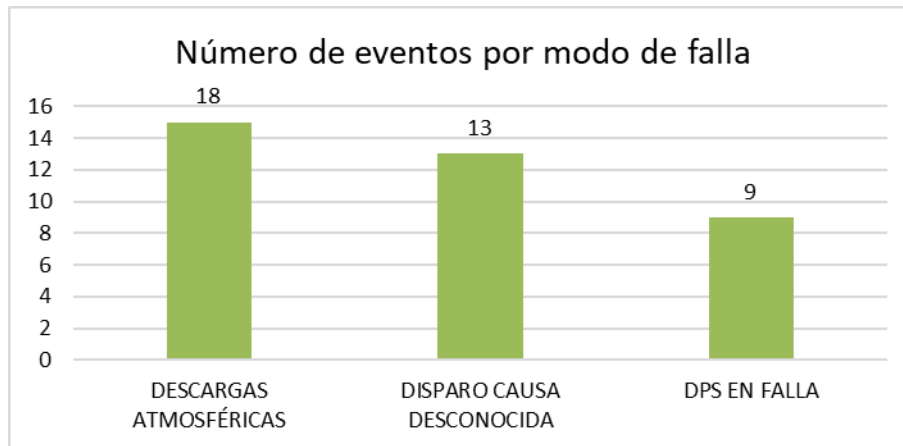


Gráfica 1. Números de Eventos Por Falla RC0120

En relación al activo RC-0120, se evidencia que presentó 96 eventos, siendo el más representativo las descargas atmosféricas, donde se vieron afectados 1564 usuarios y 110 transformadores, durante un aproximado de 17 horas en 4 días. Así mismo en la Gráfica 1, se presenta de manera detallada el número de eventos por modo de falla, que corresponde a 49 por descarga atmosférica, 42 por disparo causa desconocida y 5 por ramas sobre la red.

PALDONJUANA	Nombre del activo	CELDA PRINCIPAL
	Alimentador	PALDONJUANA
	Cantidad de eventos	43
	Eventos más representativos	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
	Ti (horas)	16.31872222
	MTBF(días)	8.472559378
	Transformadores afectados por evento	275
	Usuarios afectados por evento	2977
	DNA acumulado (kW-h)	

Tabla 14. Activo PALDONJUANA; CENS 2021

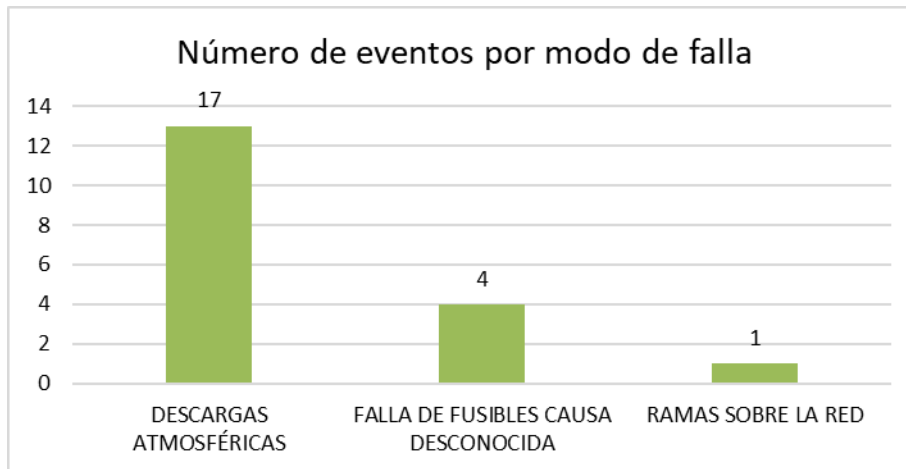


Gráfica 2. Números de Eventos Por Falla PALDONJUANA

En cuanto al celda principal PALDONJUANA se evidencia una cantidad de eventos de 43 que también corresponden a descargas atmosféricas, con afectación a 2977 usuarios y 275 transformadores, durante 16 horas en 8 días aproximadamente. En relación a los modos de falla se encontraron en esta celda 18 descargas atmosféricas, 13 disparos causa desconocida y 9 DPS en falla, según lo descrito en la gráfica 2.

PASW3808	Nombre del activo	CORTACIRCUITO DE REPETICION
	Alimentador	PALDONJUANA
	Cantidad de eventos	18
	Eventos más representativo	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
	Ti (horas)	138.1934444
	MTBF(días)	19.95788555
	Transformadores afectados por evento	28
	Usuarios afectados por evento	155
	DNA acumulado (kW-h)	

Tabla 15. Activo PASW3808; CENS 2021

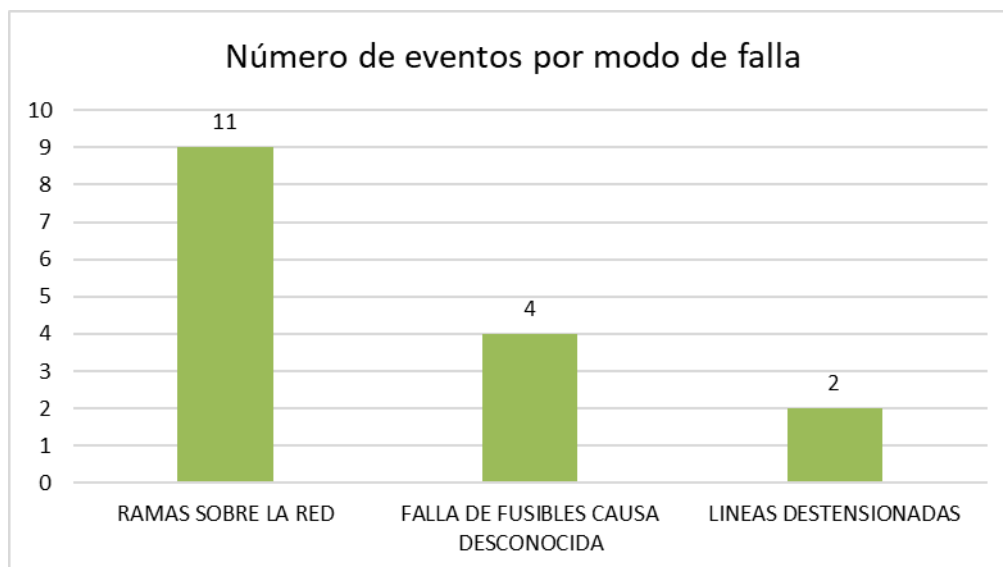


Gráfica 3. Números de Eventos Por Falla PASW380

De acuerdo a la tabla 15 y la gráfica 3, en el ramal PASW3808, se evidencia que se presentaron 17 eventos que hacen referencia a descargas atmosféricas que afectaron a un total de 155 usuarios y 28 transformadores en 138 horas en 19 días; donde según los s por modos de falla corresponde a 13 de descarga atmosférica, 4 por falla de fusibles y 1 por ramas sobre la red.

1T06811	Nombre del activo	Transformador
	Alimentador	PALDONJUANA
	Cantidad de eventos	17
	Eventos más representativos	RAMAS SOBRE LA RED
	Ti (horas)	77.55522222
	MTBF(días)	21.28050191
	Transformadores afectados por evento	1
	Usuarios afectados por evento	4
	DNA acumulado (kW-h)	

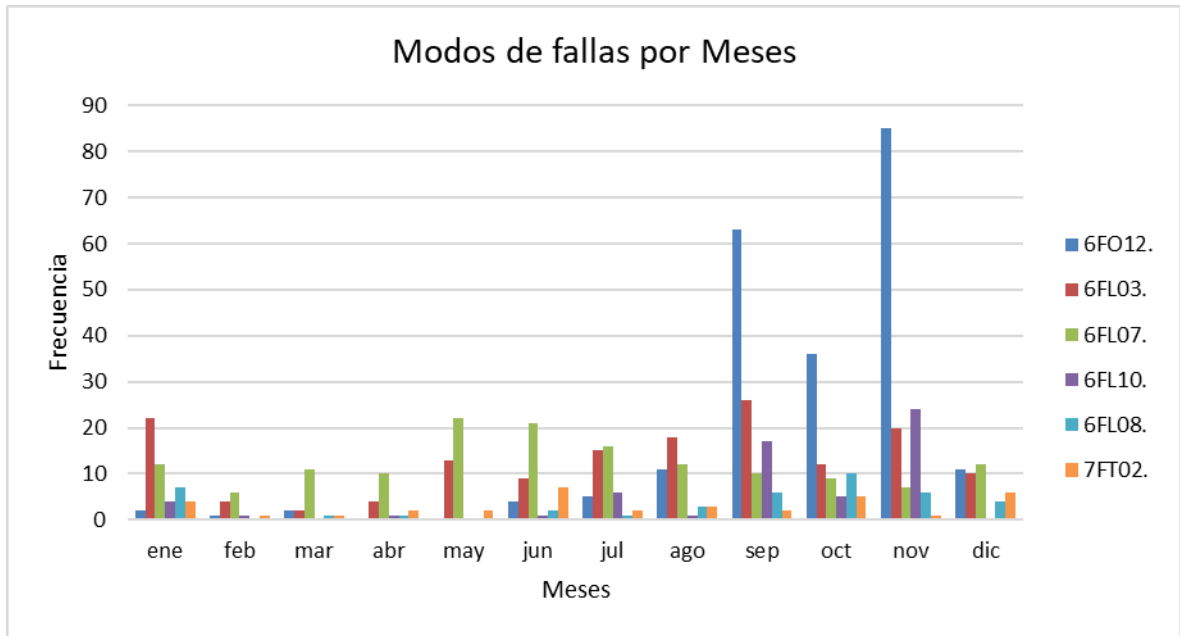
Tabla 16. Activo 1T06811; CENS 2021



Gráfica 4. Números de Eventos Por Falla 1T06811

En el transformador 1T06811 del ramal LSW2426, se presentaron 17 eventos, que afectaron a 4 usuarios y 1 transformador, durante 77 horas en 21 días, siendo el evento más representativo: Ramas sobre la red con 11 eventos, seguido de 4 fallas de fusibles y solo 2 líneas distensionadas, tal como se evidencia en la Tabla 16 y Gráfica 4.

En el siguiente apartado se presenta la cantidad de modos de falla por mes para el año 2020 según la información de la gráfica 5 y la tabla 17, donde se puede visualizar que los meses con mayor número de fallas son septiembre, octubre y noviembre, donde la mayoría hace referencia a descargas atmosféricas y fallas de fusibles. Así mismo, se puede determinar que durante el periodo que comprende los meses de febrero a abril se presenta menos eventos.



Gráfica 5. Modos de falla por meses

MODOS DE FALLA POR MESES														
Código Causa	Modo de falla	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total por Modo de Falla
6FO12	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	2	1	2	0	0	4	5	11	63	36	85	11	220
6FL03	FALLA DE FUSIBLES CAUSA DESCONOCIDA	22	4	2	4	13	9	15	18	26	12	20	10	155
6FL07	RAMAS SOBRE LA RED	12	6	11	10	22	21	16	12	10	9	7	12	148
6FL10	DISPARO CAUSA DESCONOCIDA	4	1	0	1	0	1	6	1	17	5	24	0	60
6FL08	FALLA DE FUSIBLES TRAFOPROPIEDAD DE LOS USUARIOS	7	0	1	1	0	2	1	3	6	10	6	4	41
7FT02	LINEAS DESTENSIONADAS	4	1	1	2	2	7	2	3	2	5	1	6	36
Total por Mes		51	13	17	18	37	44	45	48	124	77	143	43	660
Total eventos por año teniendo en cuenta todos los modos de falla														810

Tabla 17. Modos de Falla por meses; CENS 2021

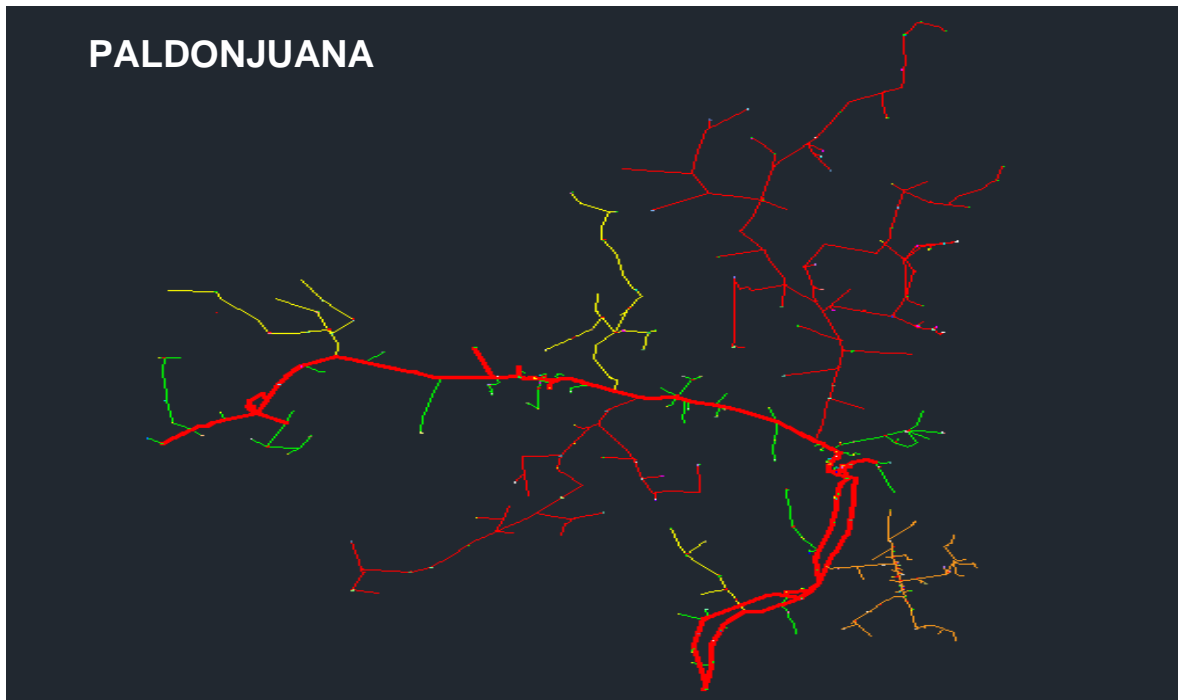


Figura 4. Resultado de Criticidad PALDONJUANA

Con relación a los análisis de modos de falla que se describieron anteriormente se permite afirmar que del circuito más afectada es la troncal (línea roja fuerte) seguida de sus tres ramales con modos de falla.

5.1.9 Análisis de criticidad para activos lineales

Esta variable de la taxonomía evalúa las probabilidades en los objetos de impacto para el circuito PALDONJUANA donde se evidencia el porcentaje por personas afectadas, número de aperturas, postes dañados o arboles sobre la red, ambiente, la calidad del servicio, la reputación y el estado financiero, manteniéndola en confidencialidad este último apartado por parte de la empresa.

VARIABLES PARA EVALUAR LA PROBABILIDAD EN LOS OBJETOS DE IMPACTO					
	PERSONAS (20%)	AMBIENTE (10%)	CALIDAD (30%)	REPUTACIÓN (10%)	FINANCIERO (30%)
TAXONOMÍA NIVEL 3	* Número aperturas línea rota	* Número aperturas línea rota	* Número aperturas del interruptor principal del circuito durante el periodo de análisis.	* Número aperturas del interruptor principal del circuito durante el periodo de análisis.	* Número aperturas del interruptor principal del circuito durante el periodo de análisis.
	* Número aperturas defecto en poste	* Número aperturas defecto en poste			
	* Número aperturas árbol o rama sobre línea	* Número aperturas árbol o rama sobre línea			

Tabla 18. Variables Evaluación Probabilidad de los objetos de Impacto; CENS 2021

En la tabla 18 se presenta la distribución de los porcentajes que evalúa la probabilidad de los objetos de impacto, con un nivel de taxonomía 3, distribuidos de la siguiente manera: Personas con un 20%, ambiente 10%, calidad 30%, reputación 10% y financiero 30%.

Así mismo, se da a conocer en la tabla 19 el valor de la taxonomía la clasificación del activo y la probabilidad; si es muy alta significa que tiene la probabilidad de que ocurra muchas veces o se repita y su valor de ocurrencia es del 85%, si es alta tiene la probabilidad de que ocurra varias veces y está en un rango de 60.1% a 85%, si tiene una mediana probabilidad de que ocurra algunas veces se encuentra con un porcentaje de 25,1% a 60 % y si es muy bajo es casi imposible de que ocurra la probabilidad en circunstancias excepcionales con un porcentaje de menor o igual al 1% y está catalogado con un valor de 1. En este

caso la probabilidad que presenta criticidad en la troncal y corresponde a un nivel 3 de taxonomía.

Valor	Clasificación	Descripción	Probabilidad de Ocurrencia en el Periodo
5	Muy alta	Muy alta probabilidad de ocurrencia	mayor del 85%
		Es probable que ocurra muchas veces	
4	Alta	Alta probabilidad de ocurrencia	60.1% - 85 %
		Es probable que ocurra varias veces	
3	Media	Mediana probabilidad de ocurrencia	25.1% - 60 %
		Es probable que ocurra algunas veces	
2	Baja	Baja probabilidad de ocurrencia	5.1% - 25 %
		Es poco probable que ocurra, pero es posible.	
1	Muy baja	Es casi imposible que ocurra	menor o igual al 5%
		Puede ocurrir en circunstancias excepcionales	

Tabla 19. Valoración de la Taxonomía CENS 2021

En relación a la tabla 20 se exhibe la valoración de consecuencias frente a la presentación de un modo de falla; es decir, si el porcentaje es mayor a 80% será clasificada como máxima por rango de datos, mayor a 50 % menor igual a 80 % será clasificada como mayor, moderada si está en un rango de mayor a 25% y menor igual a 50% , menor con un valor de rango de mayor a 12,5 % y menor a 25% tiene como consecuencia una clasificación menor de su rango de valoración, mientras que para la clasificación mínima corresponde a los valores de 0% a menor o igual a 12.5%.

TABLA DE VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS			
CLASIFICACIÓN		VALOR	
16	Máxima	> 80%	100%
8	Mayor	> 50%	<= 80%
4	Moderada	> 25%	<= 50%
2	Menor	> 12.5%	<= 25%
1	Mínima	0%	<= 12.5%

Tabla 20. Tabla de valoración de consecuencias CENS 2021

Nota Aclaratoria: Los porcentajes para realizar la evaluación de las consecuencias se obtienen a partir del valor máximo del rango de datos.

Por otra parte, es necesario referir la tabla 21, la cual indica la probabilidad con el valor que la representa según los niveles muy alto, alto, medio, baja y muy baja. Así como la forma en que se encuentra categorizadas las consecuencias con un color y un valor en específico que va desde las opciones mínimo, menor, moderado, mayor y máxima. Lo anterior, permite identificar en qué nivel de criticidad se encuentra la trolcal más afectada por los eventos presentados en el circuito eléctrico de la PALDONJUANA según la probabilidad vs consecuencia.

PROBABILIDAD		CONSECUENCIA				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
		1	2	4	8	16
Muy alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy baja	1	1	2	4	8	16

Tabla 21. Matriz de Riesgos CENS 2021

CATEGORÍAS DE CRITICIDAD			
MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO

Tabla 22. Consecuencias de probabilidad; CENS 2021

De acuerdo a las variables que se deben considerar según el nivel de criticidad del activo que se está evaluando, se hace necesario referir a las personas, que en este caso hace referencia a los usuarios que se ven afectados en la prestación del servicio, que para el análisis representa un 20%, tal como se evidencia en la tabla a continuación, donde los cuadros que se encuentran en rojo representan los niveles más críticos del circuito PALDONJUANA de acuerdo a la afectación de usuarios por servicio.

Circuito	Personas 20%						
	Código	Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación
TRONCAL		30	22.20%	666.10%	4	16	64
ASW2628		0	0.00%	0.00%	1	1	1
ASW3697		6	1.74%	10.41%	2	1	2
ASW3904		5	1.30%	6.52%	2	1	2
BSW4441		46	14.47%	665.48%	5	8	40
BSW4592		2	0.74%	1.48%	1	1	1
BSW5165		0	0.02%	0.00%	1	1	1
BSW5394		1	0.57%	0.57%	1	1	1
ESW6607		0	0.02%	0.00%	1	1	1
ESW6608		1	0.54%	0.54%	1	1	1
ESW7209		3	0.71%	2.13%	2	1	2
FSW228		3	1.06%	3.18%	2	1	2
FSW230		0	4.48%	0.00%	1	2	2
FSW328		1	0.51%	0.51%	1	1	1
FSW363		25	9.35%	233.67%	3	4	12
FSW378		0	0.16%	0.00%	1	1	1
FSW380		27	6.70%	180.99%	3	4	12
FSW586		12	3.17%	38.01%	3	2	6
FSW590		2	0.39%	0.78%	1	1	1
GSW4093		8	1.59%	12.75%	2	1	2
GSW7563		0	1.70%	0.00%	1	1	1
JESW4574		0	0.79%	0.00%	1	1	1
JESW4581		0	0.02%	0.00%	1	1	1
LSW2396		0	2.49%	0.00%	1	1	1

LSW2397	2	0.57%	1.14%	1	1	1
LSW2426	23	4.89%	112.52%	3	2	6
PASW3745	0	0.02%	0.00%	1	1	1
PASW3793	2	0.74%	1.48%	1	1	1
PSW9750	0	0.05%	0.00%	1	1	1
PSW9757	0	0.92%	0.00%	1	1	1
RSW3525	0	0.03%	0.00%	1	1	1
RSW3526	0	0.05%	0.00%	1	1	1
SSW4552	0	0.33%	0.00%	1	1	1
SW3747	18	10.42%	187.64%	3	4	12
SW6297	0	1.13%	0.00%	1	1	1
SW6298	0	1.43%	0.00%	1	1	1
SW6519	0	0.02%	0.00%	1	1	1
SW6526	0	0.03%	0.00%	1	1	1
SW6533	0	0.02%	0.00%	1	1	1
SW6534	5	0.87%	4.36%	2	1	2
SW6558	0	0.06%	0.00%	1	1	1
SW6559	0	0.00%	0.00%	1	1	1
SW6565	0	0.00%	0.00%	1	1	1
SW6579	0	0.05%	0.00%	1	1	1
SW6580	0	0.03%	0.00%	1	1	1
SW6581	1	0.46%	0.46%	1	1	1
SW6582	7	0.88%	6.17%	2	1	2
SW6583	0	0.03%	0.00%	1	1	1
SW6618	0	0.94%	0.00%	1	1	1
SW6626	5	1.32%	6.60%	2	1	2

Tabla 23. Valoración Variable Personas: CENS 2021

En la tabla a continuación se detalla la variable de medio ambiente la cual corresponde al 10 % de la probabilidad de los casos que afectan la prestación del servicio; debido a la tala de árboles indiscriminada, así como los efectos en el medio ambiente por transformadores con derrame de aceite, donde se especifica los valores de afectación en esta variable.

Ambiente 10%					
Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación
21	14.22%	298.63%	3	16	48
0	0.44%	0.00%	1	1	1
6	1.96%	11.74%	2	2	4
5	1.77%	8.83%	2	1	2
46	14.10%	648.69%	5	16	80
3	1.66%	4.97%	2	1	2
0	0.47%	0.00%	1	1	1

1	0.56%	0.56%	1	1	1
0	0.47%	0.00%	1	1	1
1	0.88%	0.88%	1	1	1
3	1.12%	3.37%	2	1	2
3	1.13%	3.38%	2	1	2
0	0.43%	0.00%	1	1	1
2	1.21%	2.41%	1	1	1
21	15.18%	318.82%	3	16	48
0	0.62%	0.00%	1	1	1
25	7.39%	184.65%	3	4	12
10	4.02%	40.20%	2	4	8
2	0.73%	1.46%	1	1	1
7	1.99%	13.90%	2	2	4
0	0.26%	0.00%	1	1	1
0	0.33%	0.00%	1	1	1
0	0.52%	0.00%	1	1	1
0	0.29%	0.00%	1	1	1
1	1.31%	1.31%	1	1	1
19	4.97%	94.42%	3	4	12
0	0.45%	0.00%	1	1	1
2	1.29%	2.59%	1	1	1
0	0.49%	0.00%	1	1	1
0	0.45%	0.00%	1	1	1
0	0.47%	0.00%	1	1	1
0	0.50%	0.00%	1	1	1
0	0.23%	0.00%	1	1	1
18	7.69%	138.42%	3	8	24
0	0.43%	0.00%	1	1	1
0	0.46%	0.00%	1	1	1
0	0.45%	0.00%	1	1	1
0	0.44%	0.00%	1	1	1
0	0.47%	0.00%	1	1	1
2	0.81%	1.61%	1	1	1
0	0.59%	0.00%	1	1	1
0	0.44%	0.00%	1	1	1
0	0.45%	0.00%	1	1	1
0	0.50%	0.00%	1	1	1
0	0.50%	0.00%	1	1	1
1	0.91%	0.91%	1	1	1
7	1.27%	8.89%	2	1	2
0	0.54%	0.00%	1	1	1
0	0.25%	0.00%	1	1	1
5	1.89%	9.43%	2	1	2

Tabla 24. Valoración Variable Ambientes; CENS 2021

Seguidamente se expone en la tabla 25, la variable de calidad que equivale a un 30% con su valor de consecuencia y probabilidad que indica la cantidad de

veces que ocurre un evento, información relevante a la hora de tomar decisiones para el plan de mantenimiento tomando las medidas correctivas y preventivas pertinente a la mejora del servicio.

Calidad 30%					
Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación
43	15.08%	648.45%	5	16	80
1	0.40%	0.40%	1	1	1
2	1.86%	3.72%	1	1	1
1	2.55%	2.55%	1	2	2
4	13.53%	54.11%	2	16	32
7	3.16%	22.10%	2	2	4
0	0.32%	0.00%	1	1	1
0	0.53%	0.00%	1	1	1
0	1.14%	0.00%	1	1	1
1	1.60%	1.60%	1	1	1
0	1.36%	0.00%	1	1	1
1	1.70%	1.70%	1	1	1
0	7.04%	0.00%	1	4	4
0	0.69%	0.00%	1	1	1
0	6.43%	0.00%	1	4	4
0	0.95%	0.00%	1	1	1
9	4.81%	43.29%	2	4	8
1	4.18%	4.18%	1	4	4
0	1.95%	0.00%	1	2	2
1	2.73%	2.73%	1	2	2
0	3.21%	0.00%	1	2	2
0	1.96%	0.00%	1	2	2
0	0.06%	0.00%	1	1	1
0	1.47%	0.00%	1	1	1
2	0.53%	1.06%	1	1	1
0	1.01%	0.00%	1	1	1
0	0.34%	0.00%	1	1	1
4	1.34%	5.38%	2	1	2
0	0.35%	0.00%	1	1	1
0	0.67%	0.00%	1	1	1
0	0.39%	0.00%	1	1	1
0	0.24%	0.00%	1	1	1
0	1.17%	0.00%	1	1	1
0	3.89%	0.00%	1	4	4
0	1.07%	0.00%	1	1	1
0	0.97%	0.00%	1	1	1
0	0.28%	0.00%	1	1	1
0	0.34%	0.00%	1	1	1
0	0.33%	0.00%	1	1	1
2	0.73%	1.45%	1	1	1

0	0.25%	0.00%	1	1	1
0	0.00%	0.00%	1	1	1
0	0.00%	0.00%	1	1	1
0	0.44%	0.00%	1	1	1
0	0.82%	0.00%	1	1	1
0	0.66%	0.00%	1	1	1
0	1.00%	0.00%	1	1	1
0	0.56%	0.00%	1	1	1
0	2.14%	0.00%	1	2	2
0	1.74%	0.00%	1	1	1

Tabla 25. Valoración Variable Calidad; CENS 2021

En la Tabla 26 se presenta la valoración que recibe la variable de reputación con un 10 %; la cual incide en el manejo de la empresa en sus activos influyendo la consecuencia y probabilidad en la perspectiva que tienen los usuarios que dentro de la comunidad hacen uso de la prestación del servicio, donde de acuerdo a los mantenimientos implementados por la empresa se mejoren las condiciones y por consiguiente la calidad del servicio.

Reputación 10%					
Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación
43	10.94%	470.31%	5	16	80
1	0.89%	0.89%	1	1	1
2	1.03%	2.05%	1	1	1
1	1.00%	1.00%	1	1	1
4	2.33%	9.31%	2	2	4
7	0.91%	6.39%	2	1	2
0	1.43%	0.00%	1	2	2
0	1.07%	0.00%	1	1	1
0	0.89%	0.00%	1	1	1
1	0.90%	0.90%	1	1	1
0	0.96%	0.00%	1	1	1
1	1.07%	1.07%	1	1	1
0	3.38%	0.00%	1	4	4
0	1.02%	0.00%	1	1	1
0	8.53%	0.00%	1	8	8
0	0.91%	0.00%	1	1	1
9	1.21%	10.91%	2	1	2
1	1.14%	1.14%	1	1	1

0	0.91%	0.00%	1	1	1
1	0.99%	0.99%	1	1	1
0	2.08%	0.00%	1	2	2
0	2.00%	0.00%	1	2	2
0	0.96%	0.00%	1	1	1
0	2.30%	0.00%	1	2	2
2	3.04%	6.07%	1	4	4
0	1.27%	0.00%	1	1	1
0	0.98%	0.00%	1	1	1
4	1.09%	4.36%	2	1	2
0	0.90%	0.00%	1	1	1
0	1.06%	0.00%	1	1	1
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	0.90%	0.00%	1	1	1
0	1.86%	0.00%	1	2	2
0	5.88%	0.00%	1	8	8
0	1.30%	0.00%	1	1	1
0	1.63%	0.00%	1	2	2
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	0.98%	0.00%	1	1	1
2	0.91%	1.82%	1	1	1
0	2.52%	0.00%	1	2	2
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	0.90%	0.00%	1	1	1
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	0.90%	0.00%	1	1	1
0	0.97%	0.00%	1	1	1
0	0.89%	0.00%	1	1	1
0	1.93%	0.00%	1	2	2
0	0.91%	0.00%	1	1	1

Tabla 26. Valoración Variable Reputación; CENS 2021

En cuanto a la tabla 27 de criticidad se identifica el nivel de riesgo en los activos, donde se puede determinar mediante la investigación las fallas existentes con su impacto predominante, que para el caso de los puntos más críticos se encuentran afectación en ambiente y calidad en la PALDONJUANA, siendo necesario referir que esta clasificación permite priorizar sistemas, equipos y

componentes bajo criterios homologados basados en el análisis de falla, planes de mantenimiento, entre otros.

Criticidad				
Total Calificación	Indice de criticidad	Valor de Criticidad	Criticidad	Impacto Predominante
74	2816.76%	80	MUY ALTO	Calidad
1	1.32%	1	BAJO	Calidad
2	30.44%	4	BAJO	Ambiente
2	19.18%	2	BAJO	Calidad
27	1391.69%	80	MUY ALTO	Ambiente
2	41.26%	4	BAJO	Calidad
1	0.00%	2	BAJO	Reputación
1	1.14%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	3.96%	1	BAJO	Calidad
1	5.50%	2	BAJO	Personas
1	9.53%	2	BAJO	Personas
2	0.00%	4	BAJO	Calidad
1	2.93%	1	BAJO	Calidad
10	552.49%	48	MUY ALTO	Ambiente
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
7	440.01%	12	MEDIO	Personas
4	83.80%	8	MEDIO	Ambiente
1	2.23%	2	BAJO	Calidad
2	30.46%	4	BAJO	Ambiente
1	0.00%	2	BAJO	Calidad
1	0.00%	2	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	2	BAJO	Reputación
2	18.70%	4	BAJO	Financiero
3	206.94%	12	MEDIO	Ambiente
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
2	18.97%	2	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	2	BAJO	Reputación
7	326.05%	24	ALTO	Ambiente
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	2	BAJO	Reputación
1	0.00%	1	BAJO	Calidad

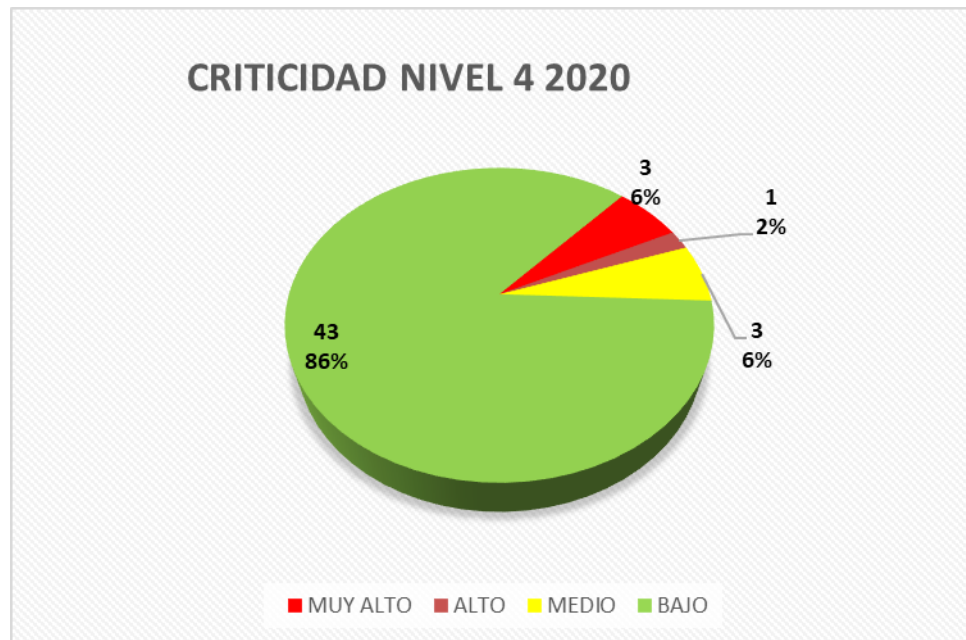
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	9.47%	2	BAJO	Personas
1	0.00%	2	BAJO	Reputación
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	1.37%	1	BAJO	Calidad
1	15.06%	2	BAJO	Personas
1	0.00%	1	BAJO	Calidad
1	0.00%	2	BAJO	Calidad
1	16.03%	2	BAJO	Personas

Tabla 27. Valoración de la Criticidad por objeto impacto; CENS 2021

En la tabla 28. se observa la valoración de criticidad que va de mínimo a máximo, lo que indica el rango de criticidad en que se encuentran los activos; los cuales pueden ser: muy alto, alto, medio o bajo de acuerdo a la cantidad y porcentaje de los circuitos, tal como se muestra a continuación. No obstante, también se debe referir en detalle estos valores según la gráfica 6, indican que el nivel de criticidad en que se encuentra el circuito la PALDONJUANA según el registro que tiene la organización para los modos de falla como base de información del plan de mantenimiento actual es 4 lo que significa que tiene alta probabilidad de ocurrencia o que es probable que ocurra varias las fallas identificadas que corresponde a ambiente.

Valoración Criticidad				
Mínimo	Máximo	Rango	Cantidad Circuitos	Porcentaje Circuitos
32	80	MUY ALTO	3	6.00%
16	32	ALTO	1	2.00%
5	16	MEDIO	3	6.00%
0	5	BAJO	43	86.00%

Tabla 28. Valoración de la Criticidad: CENS 2021



Gráfica 6. Nivel de criticidad

Plan de Mantenimiento Actual

Esta metodología se basa en la recopilación de datos obtenidos por CENS de acuerdo a la afectación que han presentado los activos, cuyo propósito es además de mejorar la calidad del servicio de energía prestado a la comunidad; es el también aportar al grado de eficiencia y eficacia de los activos, debido a su incidencia en la cantidad y calidad del servicio, donde acuerdo a las inspecciones realizadas dentro del plan de mantenimiento que se ejecuta actualmente, se permite determinar las causas de los modos de falla, conociéndose a detalle el evento que se replica o se presenta con mayor frecuencia para el circuito PALDONJUANA; donde a través de un análisis funcional para la racionalización de estos modos, su pueden medir las consecuencias, tareas que realiza el personal de esta área y su posterior aprobación e implementación, además de otra información pertinente del área de producción y mantenimiento.

Es así como de acuerdo a la inspección realizada en campo se determina los activos en perfecto funcionamiento como también aquellos que por alguna causa generan la afectación del servicio, información que se define y detalla en la lista de tareas a desarrollar, las cuales se deben cumplir en un orden lógico que permita mantener la prestación del servicio además de la preservación de los equipos en operación, que requieren para su puesta en marcha el trabajo interdisciplinar de técnicos y administrativos que desde sus saberes aporten al desarrollo de estas actividades de mantenimiento. Por otra parte, el plan de mantenimiento actual reduce pérdidas económicas, por concepto de cierres de producción de energía y costos de los daños en elementos afectados, siendo necesario asegurar en la medida de lo posible la continuidad del servicio que se requiere para los activos por un tiempo prolongado además de velar por la seguridad del personal que se desempeña.

Lo anterior, permite además de delimitar las actividades que se deben desarrollar, establecer el tipo de mantenimiento que se requiere, que, en palabras de Valdivieso, 2010 se definen como aquel conjunto de técnicas y sistemas que se encuentran orientadas a prevenir daños en equipos o el efectuar revisiones y reparaciones correspondientes a garantizar un buen funcionamiento de los equipos. En el caso de CENS, se permite inferir que los tipos de mantenimiento que hasta el momento se han implementado son de tipo preventivo y correctivo.

En el caso del mantenimiento preventivo, se hace referencia a la ejecución de labores antes de que ocurran una afectación en el servicio o daños en los equipos y maquinas de trabajo, según las condiciones controladas de la empresa, donde se aporta en ventajas como seguridad en las obras e instalaciones, aumento de vida útil en las instalaciones del sistema eléctrico, reducción en el coste de operaciones y de inventarios, disminución de cargas de trabajo en el personal, y mayor aplicabilidad, sobre todo para el caso de instalaciones complejas(Valdivieso, 2010). Mientras que lo que respecta al mantenimiento

correctivo refiere al que se realiza cuando se produce un daño o el daño es reiterativo, siendo este el más común en las empresas, debido a que la mayoría de administraciones intervienen cuando se producen fallos de acuerdo a las repercusiones que esto tiene en el servicio, lo cual es desventajoso en el sentido que se pueden presentar costos de mantenimiento no presupuestados, así como cortes de servicio mientras se corrigen las fallas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo de este trabajo de grado se realizó gracias a los insumos y bases de información suministrada por la empresa Centrales Eléctricas Norte de Santander durante el primer semestre del 2021, con el objetivo de aplicar la metodología del plan de mantenimiento optimizado de acuerdo al plan de mantenimiento actual en aras de tener insumo que aporten a mejoras de calidad, de acuerdo al análisis del circuito PALDONJUANA. Es así, como de acuerdo a la información suministrada por la empresa, se pudo determinar las características de los activos, los modos de falla, la ejecución y paso a paso de las tareas, los niveles de criticidad y taxonomía del sistema eléctrico en esta zona, además de poder identificar las causas y los tipos de ramales que presentan un nivel crítico del servicio, siendo datos importantes para la toma de decisiones que permite a la parte administrativa efectuar según sus acciones correctivas en su mayoría y preventivas en el plan de mantenimiento optimizado.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento actual se debe tener en cuenta los criterios de optimización, según los resultados de análisis de criticidad en activos físicos productivos; es decir un análisis pormenorizado de fallas, criticidad, salud de los activos. En el caso de la criticidad se focalizan los puntos críticos ya sea por impacto, importancia o fallas; en el análisis de fallas se identifica las causas raíces es decir porque son críticos cierto puntos del circuito

eléctrico, donde se determina las acciones correctivas o preventivas necesarias para eliminar las causas raíces, siendo esto el insumo para la determinación del plan de mantenimiento actual, pues es donde se define el tipo de mantenimiento según las variables descritas en este apartado. Sin embargo, esta metodología requiere también la recopilación, clasificación y consolidación de datos, que es la fase donde se consolida indicadores, solicitudes de procesos, inspecciones, criticidad, análisis de fallas, PQRs, condiciones operativas, entre otros.

Una vez se cuenta con esta información se diseña y construye el plan de gestión de activos, en otras palabras, considera las intervenciones de mantenimiento que se requieren, los análisis de fallas, taxonomía, criticidad, salud de los activos y actividades de comisionamiento, para posteriormente realizar modificaciones y aplicar ajustes.

Sin embargo, el plan piloto de aplicación de la metodología de PMO se desarrolló hasta la fase de evaluación de consecuencias, donde se logró recopilar información preliminar de acuerdo a la estructura de ejecución del mantenimiento, las actividades de cadena de abastecimiento, la información que se tiene de instalaciones, activos y sus sistemas; es decir, datos sobre cuadrillas, especialidades, bienes y servicios contratados, contexto operacional, taxonomía y demás, los cuales se fueron consolidados en un base de información de Excel con que cuenta la empresa, siendo esta la principal fuente de información del desarrollo de este trabajo.

Luego se procede, a recopilar las tareas de los mantenimientos actuales que se ejecutan sobre cada activo, donde de debe identificar: origen de la tarea, descripción, frecuencia y duración de la misma, estrategia de ejecución (si es de mantenimiento, monitoreo, búsqueda de fallas), grupo ejecutor de la tarea (especialidad, cantidad de personas, modelo de contratación y costos), costos de la tarea y del escenario de producción y delimitación de la tarea de mantenimiento

que es obligatoria. Como paso a seguir se realiza el análisis de modos de falla, que tiene como fin evitar o mitigar la falla del activo analizado, identificando a su vez la actividad correctiva para el modo de falla analizado.

Seguidamente, se procede con la racionalización de los modos de falla, con el fin de eliminar o mitigar los mismos, donde se posibilita la identificación de tareas duplicadas, que, si bien se analizan en la etapa anterior, en esta se procede a definir cuales se mantienen y cuales se descartan. Después se lleva a cabo el análisis funcional donde se definen las tareas de mantenimiento, donde se requiere identificar los componentes que conforman el activo y las fallas funcionales que presentan, enseguida se describe los modos de falla y se identifica las tareas de mantenimiento aplicar.

En relación con lo anterior, se realiza la evaluación de consecuencias, donde según el modo de falla se determina si es falla oculta o falla evidente y si la consecuencia es operacional, ambiental, seguridad de las personas o no operacional; es así como en esta etapa se llevaron a cabo los análisis de las inspecciones realizadas, donde se identificaron los ramales que presentaron más fallas de energía y las causas como: descargas atmosféricas, fallas de fusibles, líneas distencionadas o ramas sobre la red, para de esta fase proceder a la definición de las tareas de mantenimiento, finalmente se desarrolla la revisión y agrupación, aprobación e implementación, donde una vez aprobado el plan se actualiza la información para el sistema de gestión integrado. No obstante, se debe referir que la revisión y actualización del plan de mantenimiento debe realizarse cada vez que se generen cambio en los activos y cada vez que se presenten desviaciones en el cumplimiento de los objetivos de la gestión de activos.

EVIDENCIAS DEL PMA

Las evidencias que se presentaron a la organización se organizaron por medio de un formato de inspección y valoración, donde de acuerdo a un ramal o circuito, un equipo especializado en el tema de mantenimiento ya sean cuadrillas técnicos o tecnólogos del aérea de la electricidad hacen las tomas pertinentes para ver su estado, características de postes, materiales a convenir como su especificación por nombre y estructura que se encuentra a lo largo del ramal, además del mantenimiento pertinente. Lo anterior, se convierte en insumo de información relevante a tener en cuenta en el plan de mantenimiento optimizado.

INSPECCIÓN	SAN JUAN - EL ALMENDRAL		15-16/02/2019
	ESTRUCTURAS	OBSERVACIONES	MANTENIMIENTO
FSW380	HRET 0	ARRANQUE CON CORTACIRCUITOS DE REPETICION SE REQUIERE LIMPIZA, CRUCETAS DE MADERA PRESENTAN FISURAS SE RECOMIENDA CAMBIO.	LIMPIEZA Y CAMBIO
	HRET 1	BAJAR DPS A CUBA DE TRANSFORMADOR, POSTES DE MADERA RAJADOS.	X
	HERT 2	RETENSIONAR TEMPLETES - POSTES EN REGULAR ESTADO - PODA PREVENTIVA	PODA
	HERT 3	POSTES EN MAL ESTADO - PODA	PODA
	PASO 4		
	HERT 5		
	TRIP 6	CAMBIAR ESTRUCTURA - POSTES PODRIDOS - CAMBIAR CORTACIRCUITOS	CAMBIO
	HERT 7	REALIZAR LIMPIEZA DE ENREDADERAS DE LOS TEMPLETES	LIMPIEZA
	PASO 8	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA - NO SE VALIDA BASE DE POSTE	LIMPIEZA PODA
	HERT 9	PODA - TIENE AISLADOR PARTIDO	PODA-CAMBIO
	PASO 10	PODA POR B.T	PODA
	HERT 11	POSTE E MAL ESTADO - CAMBIAR ESTRUCTURA - PODA	PODA-CAMBIO
	PASO 12	POSTE EN REGULAR ESTADO - PODA	PODA-CAMBIO
	PASO 13		
PASO 14	CAMBIO POSTE - PODA	PODA-CAMBIO	

HERT 15		
PASO 16		
PASO 17	ABEJAS EN EL POSTE - PODA	PODA
HERT 18		PODA
PASO 19	PODA	PODA
PASO 20	PODA - LIMPIEZA TEMPLETE - POSTE EN MAL ESTADO	PODA-CAMBIO
HERT 21		PODA
HERT 22	LIMPIEZA DE TEMPLETES - PODA	PODA
TRIP23		
HERT 24		
PASO 25	PODA	PODA
HERTM 26		

Tabla 29. Inspección FSW380; CENS 2021



Figura 5. Evidencia Inspección FSW380

En la figura anterior, se evidencia en fotografías las cuales fueron tomado mediante inspección por un Drom de la empresa y un técnico especializado encargado de las tomas fotográficas para determinar el daño, evento o falla que se pueda presentar en el ramal FSW381, donde se determina los cambios a

implementar, ya sea poda, cambio de DPS, transformadores, templetos, crucetas, seccionadores, cuchillas, fusibles y protecciones.

	ARC65 BELC35 - ARC88 PALDONJUANA		23/02/2021
	ESTRUCTURAS	OBSERVACIONES	MANTENIMIENTO
1	HRET	BAJAR DPS A CUBA DE TRANSFORMADOR - MANTENIMIENTO A MECANISMO DE CUCHILLAS SECCIONADORAS - PODAS EN LA SUBESTACION	X
2	HPASO		
3	HRET	TRASPOSICION DE LINEA - CAMBIAR CORTACIRCUITOS DEL ARRANQUE	CAMBIO
4	HRET		
5	HSUSP		
6	HSUSP		
7	HSUSP		
8	HRET		
9	HSUSP		
10	HSUSP		
11	HRET	PODAS PREVENTIVAS	PODAS
12	HRET	MANTENIMIENTO A CORTACIRCUITOS DE REPETICION	X
13	HRET		
14	HRET		
15	HRET		
16	PASO		
17	HRET	MANTENIMIENTO A MECANISMO CUCHILLAS SECCIONADORAS	X
18	PASO		
19	HSUSP	DERIVACION DESCONECTADA	
20	HRET	CRUCE DE LINEA PALDOJUANA NUEVA Y POLDONJUANA VIEJA	X
21	HRET		
22	HRET	LIMPIEZA DE AISLAMIENTO CONTAMINADO	PODA
23	HSUSP		
24	HRET	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA - ENREDADERAS EN LA RED - UN ASILADOR DE POCELANA QUEMADO	PODA

25	HRET	CONSTRUCCION DE VIVIENDA DEBAJO DE LA LINEA - PODAS - ESTRUCTURA SOLO LINEA PALDONJUANA	X
26	HRET	PODAS PREVENTIVAS	PODAS
27	HRET	DIFICIL ACCESO A ESTRUCTURA	
28	HRET	PODAS PREVENTIVAS	PODAS
29	HPASO	ESTRUCTURA SOLO RED PALDONJUANA	
30	HSUSP		
31	PASO	CAMBIAR PROTECCIONES DE TRANSFORMADOR	CAMBIO
32	HRET	PODAS	PODAS
33	HRET	ESTRUCTURA EN MAL ESTADO INCLINADA - DIFICIL ACCESO	
34	HRET	PUNTES ABIERTOS	
35	HRET	DIFICIL ACCESO A ESTRUCTURA	
36	PASO	RED DE PALDONJUANA VIEJA LLEGA HASTA ESTE PUNTO	X
37	HRET	RECONSTRUIR O RETIRAR TEMPETES REVENTADOS	X
38	HRET	MANTENIMIENTO A CUCHILLAS SECCIONADORAS MATURIN	X
39	PASO	APLOMAR POSTE	
40	HRET	PODAS PREVENTIVAS	PODAS
41	PASO	REAPLOMAR POSTE	
42	HSUSP		
43	HRET	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA - LIMPIEZA DE ENREDADERAS	PODAS
44	HRET	ESTRUCTURA A REUBICAR - TENDIDO DE LINEA CON DRON	

Tabla 30. Inspección PALDONJUANA; CENS 2021

CONCLUSIONES

El desarrollo de estudios e investigaciones de análisis en cuanto a la calidad de la energía, es el primer paso que se considera para la identificación del problema y la toma de decisiones que permitan garantizar el funcionamiento confiable del suministro eléctrico, en los cuales influyen en la prestación del servicio las pérdidas de producción, productos dañados o multas impuestas a las empresas de energía como penalizaciones por factores de potencia bajas o picos elevados de consumo, lo que impacta negativamente en la productividad, pues se generan costos de operación y mantenimiento además de la confianza de los usuarios de la red de energía.

La cuantificación de consecuencias e impacto de las fallas de activos dentro del plan de mantenimiento, permite cuantificar las consecuencias y las frecuencias con que se presentan los modos de falla y efectos según la criticidad, lo que permite establecer actividades y tareas de mantenimiento con repercusiones a nivel de funcionalidad, riesgos y costos totales, con el fin de ejecutar planes de mantenimientos preventivos y/o correctivos según corresponda.

El análisis de criticidad en lo referente a los planes de mantenimiento permite establecer metodologías de acuerdo a la jerarquía que se debe realizar según los sistemas, equipos, instalaciones y elementos de los equipos, los cuales es pertinente referir que tienen un impacto en la prestación del servicio según la frecuencia de falla por severidad de ocurrencia, efectos en los usuarios, personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en las instalaciones; además de ser un proceso necesario al momento de tomar decisiones de mantenimientos que se deben realizar, ejecuciones del proyecto por mejoras, rediseños por impacto de calidad o disminución y eliminación de riesgos.

En la taxonomía que se aplicó a los activos físicos relacionados con el circuito PALDONJUANA se establece la necesidad de realizar mantenimientos preventivos y correctivos, programados por el operador de red para mejorar la calidad del servicio o el cambio de vida útil de los activos como remplazar estructuras, DPS, crucetas, ramas en la red o postes en mal estado ya sean de concreto, madera en mal estado, que fueron parte de las necesidades encontradas en la revisión de inspecciones realizadas por el personal de mantenimiento.

Basados en los niveles de criticidad para los modos de falla se establece los ramales más críticos para llevarlos al plan de mantenimiento optimizado que por medio de un porcentaje o rango de 80% se evidencia que fue el más crítico y se adopta su pronta verificación para la activación del plan piloto de mantenimiento optimizado y mejora de la calidad del servicio para los usuarios afectados de la PALDONJUNA.

RECOMENDACIONES

A los directivos, administradores, trabajadores en general y aquellos responsables de la gestión de proyectos, se recomienda tener en cuenta los resultados de las investigaciones desarrollados en beneficio de la empresa, considerándose si es pertinente como diagnósticos iniciales de los planes o proyectos a desarrollar, con los que se busca fortalecer las condiciones y la calidad del servicio de energía eléctrica en la región nororiental.

A los futuros ingenieros eléctricos interesados en la gestión de proyectos, se propone seguir las investigaciones en el campo de la eficiencias en relación a la prestación del servicio, pues de acuerdo a los resultados de sus estudios y los programas o planes de trabajo que se ejecuten se puede disponer del uso de

energía en cada uno de los hogares que se ven beneficiados con el servicio, facilitando así labores del hogar y en el uso de la energía para la comunidad en lugares públicos como parques, carreteras, túneles o centros de interés común y necesario como hospitales, colegios, puestos de salud, entre otros.

A los encargados del área de mantenimiento de la empresa se propone evaluar de forma continua los planes que se diseñan y desarrollan en la organización, de forma que a través de sus acciones se corrija errores y se refuercen los aciertos que benefician a los usuarios, trabajadores y a la empresa en general, en búsqueda de la mejora continua que se oriente al logro de máxima calidad y excelencia de acuerdo a los indicadores de eficiencia que se consideren.

Por último, a la Universidad de Pamplona, y a través de ella al Programa de Ingeniería eléctrica procurar que los procesos de formación de los ingenieros integren desde el inicio hasta el final de la carrera el aspecto teórico – práctico de su profesión, en orden a generar un mayor impacto dentro de los ambientes donde se ha abierto la posibilidad de trabajar, pudiéndose alcanzar mayores logros cuando se generen los procesos investigativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álzate, J. (25 de enero 2019). *Estudio de la coordinación de la generadora termoriente y su conexión a la S/E Sardinata- Empresa CENS S.A. E.S.P.* (Trabajo de Grado). Villa del Rosario: Universidad de Pamplona
- Cárdenas, O. (26 julio 2019). *Diseño de la red eléctrica que va desde la subestación planta Zulia 115/34.5 hasta la subestación San Roque 34.5/13.8 KV perteneciente CENS S.A.* (Trabajo de Grado). Villa del Rosario: Universidad de Pamplona.
- Centrales Eléctricas de Norte de Santander Grupo EPM. (2020). *Guía para el desarrollo del plan de mantenimiento optimizado.*
- Díaz, E. (2018). *Diseño del tramo de red de media tensión del alimentador PALDONJUANA comprendido entre el sector de la Don Juana y Durania aplicando la remuneración de activos propuesta por la resolución CREG015 de 2018.* (Trabajo de Grado). Pamplona: Universidad de Pamplona.
- Ministerio de minas y energía. (29 de enero de 2018). *Normas CREG. Resolución N°015 de 2018. Capítulo 5 calidad de la energía SAIFI y SAIDI.* Recuperado de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac?OpenDocument>
- Rivera, C. (2019). *Análisis de Fallas en la Derivación FSW363 del Circuito PALDONJUANA del SDI de CENS S.A. E.S.P.* (Trabajo de Grado). Pamplona: Universidad de Pamplona.

Valdivieso, T. (2010). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A. Universidad Politécnica Salesiana. (Trabajo de Grado). Sede Cuenca: Ecuador.