



**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
2022**

**Plan de mantenimiento optimizado en el circuito SAMSAMORE de la empresa CENS regional
Pamplona**

Omar Andrés Sánchez Calderón

**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
2022**

**Plan de mantenimiento optimizado en el circuito SAMSAMORE de la empresa CENS regional
Pamplona**

Omar Andrés Sánchez Calderón

Director

Ing. Frayn Steevens Monsalve Pabón

Codirector

Ing. Helfar Fredid Rico Ramírez

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero
Eléctrico**

**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
2022**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy infinitas gracias a Dios por haberme permitido llegar al lugar en el que estoy ahora mismo, sin él no habría podido llegar tan lejos y mucho menos haber pasado los múltiples obstáculos que se me han presentado en mi vida. Seguidamente le doy gracias a mis padres ya que ellos me dieron la vida, un maravilloso hogar y una hermosa familia, de ellos he aprendido lo que es luchar por conseguir mis sueños, de no dejarme influenciar por las cosas malas y sobre todo de ser agradecido en todo momento con todo. También debo darle las gracias a mi familia entera, ya que, gracias a ellos he sentado los pilares que me han hecho más resiliente para afrontar todas las adversidades que pueda encontrarme en mi vida, a pesar de nuestras diferencias y escasa comunicación en algunos momentos. Por otro lado, quiero agradecer a todos mis docentes tanto de primaria como de bachillerato, en virtud de que han sido la piedra angular de todos mis conocimientos, quiero hacer una mención honorífica en especial a quien fue mi profesor de física de bachillerato, puesto que fue el promotor de mi indagar científico. Asimismo, agradezco a mis amigos y conocidos más cercanos por apoyarme en esta increíble etapa de mi vida donde demuestro que, gracias a ellos he llegado muy lejos y lo seguiré haciendo.

Agradezco también a mi director de trabajo de grado, ingeniero y director de programa Frayn Steevens Monsalve Pabón por haberme brindado la oportunidad de acudir a su gran capacidad y conocimiento científico, así como también de promover el espacio para el desarrollo de mi trabajo de grado.

Mi otro agradecimiento es para mí codirector de trabajo de grado el ingeniero Helfar Fredid Rico Ramírez por haber aceptado el compromiso de compartir sus amplios conocimientos y capacidades para mi trabajo de grado. Así mismo agradezco a la jefe Área Servicios Corporativos Greever Johanna Ortiz Daza por haberme dado la oportunidad de haber realizado mis pasantías y trabajo de grado en tan magnífica empresa como lo es Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que fueron mis compañeros de clase durante todo mi periodo académico, ya que, gracias a todos los valores como el compañerismo, amistad y apoyo moral me han proporcionado un alto valor a mis aspiraciones para seguir adelante en mi carrera profesional.

RESUMEN

En el presente trabajo se expone una metodología de mantenimiento optimizado para la revisión y control del circuito de distribución SAMSAMORE de CENS regional Pamplona, apoyado en un modelo de datos que se ajusta a costos-riesgo-desempeño el cual permite incrementar índices de valor potencial de los activos en tiempos de vida útil y brindar una mayor rentabilidad a la compañía. Este trabajo plantea un rediseño en el plan de mantenimiento existente y además, instaure nuevos intervalos o frecuencias de inspección, materiales a utilizar, herramientas, personal interventor, costos y los modos de falla que se disponen en los activos presentes con la implementación de dicha inspección.

De este modo, el desarrollo de este trabajo está enfocado en la optimización de los planes de mantenimiento preventivo en las redes de distribución eléctrica de la empresa en general, siendo un estudio piloto para la investigación de nuevas metodologías aplicables a los demás circuitos de la compañía y teniendo como resultado una notable mejoría en sus aspectos económicos, sociales e investigativos con un punto de vista dirigido principalmente a la correcta prestación del servicio en la región acompañado de un mejoramiento en el sistema de gestión de activos, que permite cuantificar el impacto de los planes de mantenimiento en la consecución de las metas organizacionales.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Plan de trabajo	10
1.1. Descripción de la empresa	10
1.2. Descripción del Problema y justificación	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.3.3. Acotaciones	13
Capítulo 2. Desarrollo	13
2.1. Descripción de las actividades realizadas para lograr el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.	13
2.1.1. Identificar circuitos para plan piloto	14
2.1.1.1 Criticidad de los circuitos regionales	14
2.1.1.2. Seleccionar el circuito para la aplicación del plan de trabajo	16
2.1.1.3. Mapeo de eventos del circuito seleccionado	17
2.1.2. Definición de circuitos troncales y ramales	20
2.1.2.1 Solicitud de información al EAM (Gestión de activos empresariales, anteriormente SPARD)	20
2.1.2.2. Aplicación de taxonomía nivel 4	21
2.1.2.3. Socialización del resultado	21
2.1.3. Establecer plan de mantenimiento actual	22
2.1.3.1 Identificación de actividades rutinarias del circuito	22
2.1.3.2 El diseño de un cronograma de actividades	23
2.1.3.4 La asignación de actividades al circuito	23
2.1.3.5. La formalización de un plan de mantenimiento actualizado.	25
2.1.4. Identificación de zonas con alta criticidad	38
2.1.4.1. Solicitud de insumos para criticidad y análisis de criticidad de nivel 4	38
2.1.5. Optimizar el plan de mantenimiento	40
2.1.5.1. Descripción de taxonomía en plantilla PMO	40
2.1.5.2. Identificación de costos del circuito por planes de mantenimiento	40
2.1.5.3. Estructura del plan de mantenimiento actual	42
2.1.5.4. Optimización del plan de mantenimiento actual	45
2.2. Descripción de las herramientas conceptuales y metodológicas utilizadas en la práctica empresarial.	47
2.2.1. Gestión de activos	47

2.2.2. Normatividad y análisis empresarial	47
2.2.3. Estructuración PMO y cumplimiento norma ISO 55001 – Numeral 6.1	49
2.2.4. Metodología para el diseño de un plan de mantenimiento actualizado y posterior PMO.....	49
2.2.5. Identificar circuitos para plan piloto	49
2.2.5.1 Revisar los circuitos críticos de la regional – CRITICIDAD NIVEL 3	49
2.2.5.2. Seleccionar el circuito para la aplicación del plan de trabajo	51
2.2.5.3. Mapeo de eventos del circuito seleccionado.....	52
2.2.5. Definir circuitos ramales y troncales.....	52
2.2.5.1. Solicitud de información al EAM (anteriormente SPARD)	52
2.2.5.2. Aplicación taxonómica nivel 4.....	54
2.2.5.3. Socialización del resultado	55
2.2.6. Establecer un plan de mantenimiento actual	57
2.2.6.1. Identificación de actividades rutinarias del circuito	57
2.2.6.2. El diseño de un cronograma de actividades.....	57
2.2.6.3. La asignación de actividades al circuito	57
2.2.6.4. La formalización de un plan de mantenimiento optimizado	57
2.2.7. Optimizar el plan de mantenimiento	60
2.2.7.1. Estructura del plan de mantenimiento actual	60
2.2.7.1. Estructura del plan de mantenimiento correctivo.....	60
2.2.8. Optimización de un plan de mantenimiento actual.....	60
3.1. Descripción de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados. (Aportar evidencias, fotos, reportes, etc.)	61
3.1.1. Índices en los niveles de optimización	61
3.1.2. Costo total por año según mantenimiento preventivo/correctivo – PMA vs PMO.....	61
3.1.3. PMA VS PMO HH	62
3.2. Análisis de impactos de la práctica empresarial realizada (los que apliquen: económicos, ambientales, sociales, empresariales, investigativos, etc.).....	63
Capítulo 4. Recomendaciones.....	65
4.1.1. Mencionar temáticas, software, habilidades, etc. que haya usado en la práctica y que en su criterio faltaron en su formación como ingeniero eléctrico.....	65
4.1.2. Mencionar temáticas, software, habilidades, etc. que haya usado en la práctica y que efectivamente utilizó y aprendió en su formación como ingeniero eléctrico.	65
4.2. Para futuros practicantes.....	65
Bibliografía	66

Tabla de figuras

Figura 1. Operativo MEGA empresarial	11
Figura 2. Indicador de criticidad alimentadores a nivel regional	15
Figura 3. Comportamiento de los modos de falla contra las frecuencias de los mismos 2021 ..	18
Figura 4. Eventos modo de falla por mes 2021	18
Figura 5. Comportamiento de los modos de falla asociados al breaker SAMSAMORE 2021	19
Figura 6. Mapa circuito SAMSAMORE	20
Figura 7. Taxonomía nivel 4 circuito SAMSAMORE	21
Figura 8. División taxonómica inicial SAMSAMORE	25
Figura 9. Seccionamiento subestación y límites geográficos de extensión	26
Figura 10. Trazamiento de rutas	36
Figura 11. Costos DNA Hora por transformador del circuito SAMSAMORE	41
Figura 12. Costos de valor HH por tipo de cuadrilla SAMSAMORE	41
Figura 13. Perdidas asociadas por paradas no programadas por ruta predefinida SAMSAMORE	42
Figura 14. Costos de PMA	43
Figura 15. Costos mantenimiento correctivo	44
Figura 16. Costo de cada tarea para la ruta ESW10038-4 SAMSAMORE del PMA	45
Figura 17. Costo de cada tarea para la ruta ESW10038-4 SAMSAMORE del PMO	46
Figura 18. Ciclo de vida del activo	47
Figura 19. Contexto operacional de gestión de activos	48
Figura 20. Inversión y operación PMO frente a RCM	48
Figura 21. Factores de los niveles de criticidad	50
Figura 22. Niveles de criticidad	50
Figura 23. Variable de probabilidad	51
Figura 24. Variable de criticidad	51
Figura 25. Área de influencia de CENS	52
Figura 26. Jerarquización del EAM	53
Figura 27. Jerarquía de activos centralizados	54
Figura 28. Estructura geográfica de taxonomía	55
Figura 29. Recopilación de información preliminar	58
Figura 30. Recopilación de tareas actuales	59

Tabla de tablas

Tabla 1. Metodología plan de mantenimiento optimizado CENS.....	14
Tabla 2. Valoración de criticidad alimentadores a nivel regional	15
Tabla 3. Criticidad circuito SAMSAMORE	15
Tabla 4. Criticidad por efecto de impacto SAMSAMORE	16
Tabla 5. Histórico de eventos totales por modo de falla SAMSAMORE 2021	17
Tabla 6. Frecuencia de causas asociadas a fallo de breaker SAMSAMORE 2021	19
Tabla 7. Plan de trabajo - Socialización de avances	22
Tabla 8. Personal interventor de eventos y costos asociados	27
Tabla 9. Planes de trabajo definidos	29
Tabla 10. Planes de trabajo	31
Tabla 11. Descripción detallada de las tareas.....	32
Tabla 12. Plan de mano de obra.....	33
Tabla 13. Plan de material.....	33
Tabla 14. Plan de herramientas	34
Tabla 15. Plan de servicio.....	35
Tabla 16. Análisis de modos de falla para los activos	39
Tabla 17. Clasificación de criticidad nivel 4 según los modos de falla	40
Tabla 18. Estructura PMA.....	42
Tabla 19. Mantenimiento correctivo para modos de fallo	44
Tabla 20. Tareas y variables PMA.....	45
Tabla 21. Tareas y variables PMO	46

Capítulo 1. Plan de trabajo

1.1. Descripción de la empresa

Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS es una entidad prestadora del servicio de energía eléctrica en la región, comprometida estrechamente con el crecimiento y el desarrollo humano que abarca valores como la responsabilidad, la transparencia y calidez de su servicio con sus grupos de interés. Es una empresa de nacionalidad colombiana de originalidad mixta, conformada como sociedad anónima por acciones a partir del 16 de octubre de 1952, donde sus principios se basan en el proceder y alianzas conjuntas que aporten a la construcción de una mejor sociedad, brindando una excelente calidad y eficiencia en el servicio de energía para suscitar una mejor calidad de vida a sus usuarios. Sometida al régimen general de servicios públicos de orden domiciliarios ejerciendo actividades dentro del ámbito del derecho privado como empresario mercantil. A partir del 19 de marzo del año 2009 se convirtió en una de las filiales del Grupo Empresarial EPM.

CENS es una empresa que cuenta con una completa cadena de valor del servicio abriendo con la compra de energía proyectando así con la demanda de energía eléctrica de los mercados a corto y largo plazo mediante la determinación de la cantidad de energía a comprar en bolsa y en contratos de largo plazo para asimismo cumplir con las necesidades de los clientes, de igual manera cuenta con transmisión de la energía eléctrica en sus niveles reglamentados, además cuenta con un sistema de distribución de energía basado en la expansión de redes de distribución, traslado de la energía eléctrica desde las redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final. Administración, operación y mantenimiento del alumbrado público, así como el mantenimiento de subestaciones, redes y líneas.

En cuanto a su presencia, cuenta con más de 19 millones de personas beneficiadas con sus servicios a nivel de Latinoamérica, reportando con cerca de 14 mil empleados grupo EPM y más de 6 mil proveedores grupo EPM, teniendo dicha presencia en países como México, Guatemala, El Salvador, Panamá, Chile y Colombia misma a través de 48 sociedades y 18 empresas operativas que se basan en el negocio de no solo energía eléctrica, sino también un amplio catálogo de servicios como generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, gas natural provisión de aguas, gestión de aguas residuales y una oportuna gestión de residuos sólidos.

A nivel de Colombia, la empresa cuenta con una gran área de influencia enfocada en Norte de Santander entre las cuales se opera en cinco regiones: Cúcuta, Pamplona, Ocaña, Tibú y Aguachica, conformadas por 47 municipios donde su cobertura del servicio es de aproximadamente un 93,98% distribuida con un 98,54% urbano y un 74,51% rural para una universalización del 94,02%.

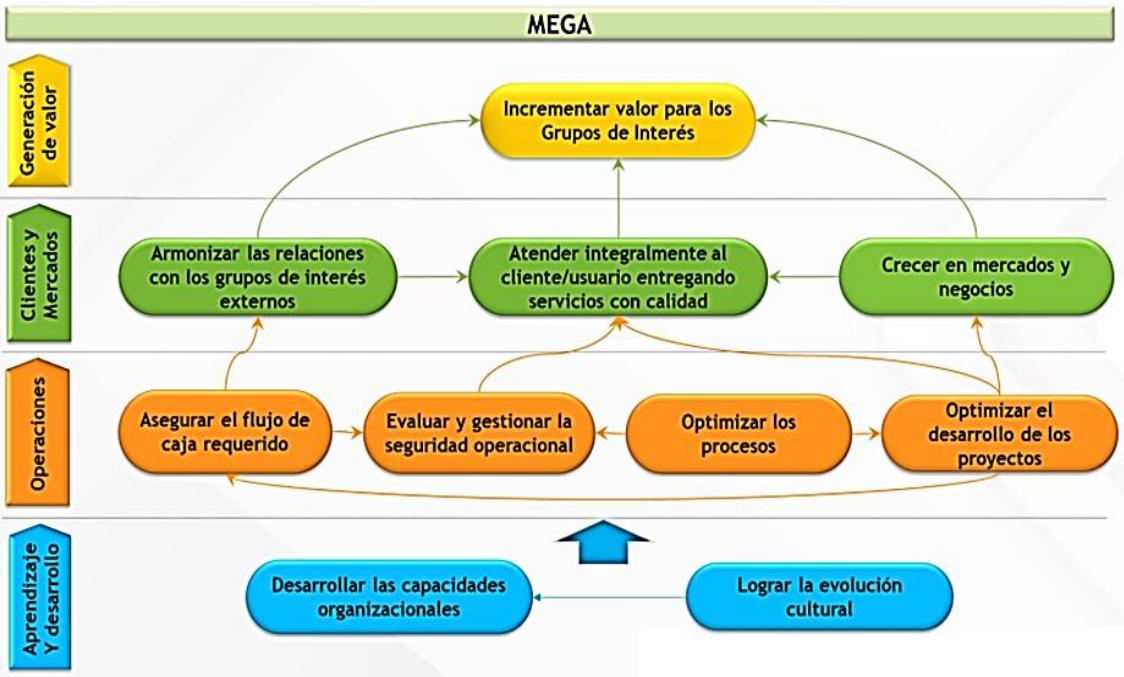
En consideración a su esquema conceptual de direccionamiento estratégico, la empresa se centra en la filosofía de cuatro ítems: el propósito, la identidad, la acción y los resultados. Donde cada uno de estos define el qué y el cómo alcanzar los logros y objetivos que desean alcanzar.

El grupo EPM adopta el concepto para enfocar directamente a los negocios en su aporte al desarrollo humano sostenible como una de las claves esenciales para llegar al éxito. El grupo EPM como parte de la comunidad reconoce toda su condición de sujeto ético lo que implica alinear sus propósitos conjunto a los de la sociedad y se procura asegurar que sus actos contribuyan a hacer un espacio propicio para la vida de todos los integrantes activos. El código de ética es el instrumento que reúna este alineamiento a través de principios de acción y valores.

Para una excelente verificación de resultados positivos EPM centra su visión en el mapa de objetivos estratégicos MEGA, el cual indica que para el 2025 la empresa prestadora de servicio estará creciendo de manera eficiente, sostenible e innovadora, garantizando el acceso a servicios que preste en los territorios donde esté presente, al 100% de la población asegurando la protección de 137 mil nuevas hectáreas de cuencas hídricas, además de las que tiene a su disposición, con una operación carbono neutral.

Figura 1.

Operativo MEGA empresarial



Tomado de Grupo empresarial EPM (CENS, 2021)

Finalmente, como toda empresa grupo CENS tiene como objetivo cumplir todos sus retos empresariales los cuales se recopilan en el fortalecimiento de la asistencia del servicio de energía eléctrica con parámetros de calidad, seguridad y confiabilidad de la red, cumpliendo los requisitos de orden normativo y con la aplicación de prácticas para la consolidación de la experiencia de los clientes-usuarios mediante la atención integral y oportuna de sus requerimientos, la comunicación bidireccional y servicios digitales.

1.2. Descripción del Problema y justificación

Centrales Eléctricas de Norte de Santander CENS SAESP, es una empresa prestadora del servicio de energía eléctrica a nivel regional, comprometida con el bienestar para sus usuarios y la correcta operación en su función bajo el marco de la responsabilidad, transparencia y calidez. Enfocada principalmente en su contribución a la sociedad en términos de la generación, distribución y comercialización del servicio de energía eléctrica bajo normativas que rigen esta operación, la cual cuenta con una de sus regionales en Pamplona Norte de Santander, cuyo circuito principal del alimentador SAMSAMORE ha presentado últimamente dificultades en sus indicadores a razón de múltiples factores medibles como lo son: costos asociados por acciones preventivas y correctivas en sus mantenimientos, actividades de orden técnico, el tiempo medido entre fallas presentadas, gestión en los costos evitados y un manejo de los niveles de criticidad en sus circuitos principales, disturbios en su calidad del servicio, entre otros.

Por lo tanto, se busca encontrar una metodología eficaz para resolver todos estos aspectos críticos que se presentan en la misma, de modo que resulta útil aplicar la metodología del mantenimiento. El mantenimiento, es visto, no solo como cargos que deben ser evitados, sino una función promotora de diseño para revisar los requerimientos de mantenimientos, el historial de fallas y la información de carácter técnico de los activos en operación. De modo que, se decide aplicar específicamente la estrategia del PMO (plan de mantenimiento optimizado) para el circuito troncal y ramal del alimentador SAMSAMORE el cual nos garantizará un modelado de mecanismos que faciliten la elaboración de una estructura de trabajo racional y rentable que se base en la confiabilidad del servicio, cuando un sistema de Plan de Mantenimiento (PM) está consolidado. Esta metodología resulta prescindible para este caso en particular, ya que, dicho circuito presenta un significativo número de usuarios y es uno de los que más implica afectaciones, de manera que se busca con este proyecto definir una serie de acciones y un análisis detallado bajo los diferentes puntos de vista social, económico e incluso investigativo, para mejorar los tiempos de respuesta, el tipo de inspección a realizar, la cantidad de personal y su respectiva capacitación, entre otros. De esta manera, una vez cumplido el cronograma de actividades para el proyecto se procede a realizar una revisión general de la aplicación del prototipo y evaluar su rendimiento con respecto a lo esperado inicialmente, dado el caso que no sea satisfactorio o poco eficiente, se procede a realizar una reanálisis a detalle de los resultados y comprobar cuales factores fueron los que influyeron en la divergencia del esquema planeado de la propuesta.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar un plan de mantenimiento optimizado (PMO) en el circuito Samsamoré de CENS tendiente a mejorar indicadores de calidad media y una mayor eficiencia en la operación de la red.

1.3.2. Objetivos específicos

- Consolidar la información del mantenimiento frente al terreno caso de estudio mediante una evaluación de desempeño preliminar.
- Validar las acciones del plan de mantenimiento actualizado con el uso de estrategias que nos permitan obtener un incremento en el grado de la calidad del servicio de la zona.
- Diseñar un plan de mantenimiento optimizado pertinente teniendo en cuenta los análisis previos respectivos para el circuito.

1.3.3. Acotaciones

- Las respectivas actividades del plan de mantenimiento optimizado (PMO) serán propuestas, mas no serán implementadas a corto plazo.

Capítulo 2. Desarrollo

2.1. Descripción de las actividades realizadas para lograr el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.

Para dar inicio a la descripción de las actividades que se realizaron para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se puso a disposición la implementación de la metodología que se encarga de gestionar el plan de mantenimiento optimizado. De manera que, se busca cumplir cada uno de estos lineamientos para que el desarrollo de la actividad fuera lo más eficiente posible y tener un énfasis en el marco conceptual para la solución de la problemática.

Cada una de estas actividades tiene cierto peso en el cronograma de desarrollo del mismo, haciendo posible un orden correcto de ideas y la recopilación, dirección, diseño e implementación del PMO en términos de la gestión de activos.

Resulta relevante conocer como activo al conjunto de diversos elementos que participan activamente en los circuitos, tales como transformadores, reconectores, seccionadores, arranques, cortacircuitos, es decir, todo el grupo de elementos independientes de los sistemas eléctricos, solo que estos mencionados son los mayoritariamente gestionables para establecer las políticas de mantenimiento que se deseen realizar. A continuación, se muestra un esquemático donde se establecen dos puntos de inflexión, el primer punto se trata del desarrollo del diseño de un plan de mantenimiento actualizada resaltada en color azul, y el segundo se relaciona con la determinación de un plan de mantenimiento optimizado al punto anterior.

Tabla 1.

Metodología plan de mantenimiento optimizado CENS

PLAN DE TRABAJO - PMO EN REGIONALES		
OBJETIVO	ACTIVIDAD	PESO DE LA ACTIVIDAD
Identificar circuitos para plan piloto	Revisar los circuitos críticos de la regional - CRITICIDAD NIVEL 3	1%
	Seleccionar el circuito para la aplicación del plan de trabajo	1%
	Mapeo de eventos del circuito seleccionado	2%
Definir troncal y ramales	Solicitud de información al SPARD	1%
	Aplicación taxonomía nivel 4	5%
	Socialización del resultado	1%
Establecer plan de mantenimiento actual	Identificación de actividades rutinarias en el circuito	10%
	Diseño de cronograma de actividades	15%
	Asignación de actividades al circuito	2%
	Formalización del plan de mantenimiento actual	3%
Identificar zonas con alta criticidad	Solicitud de insumos para criticidad	1%
	Análisis de criticidad nivel 4	10%
	Análisis de resultados de criticidad	5%
Optimizar el plan de mantenimiento	Descripción de taxonomía en plantilla PMO	2%
	Identificación de costos del circuito por planes de mantenimiento	10%
	Estructura del plan de mantenimiento actual	5%
	Estructura del plan de mantenimiento correctivo	10%
	Optimización del plan de mantenimiento actual	8%
	Definición del plan de mantenimiento final	5%
	Revisión y aprobación del ejercicio	3%

Elaboración propia

El PMO que preestablece CENS se divide en dos etapas, en la primera etapa se busca el desarrollo de un plan de mantenimiento actualizado PMA para cualquier circuito al que se le esté realizando la gestión de PMO, independientemente si ya existe un plan de mantenimiento presente o no, ya que el proceso busca el superávit de la gestión de la información y activos para cada vez que se realice el diseño un plan de mantenimiento actualizado. En conclusión, la primera etapa nos lleva hasta el objetivo de establecer el plan de mantenimiento actual.

En la segunda etapa indagamos principalmente en costos asociados a las tareas, personal interventor y el desarrollo en sí de el plan de mantenimiento actualizado con los respectivos fundamentos de la primera etapa. Es decir, la planificación de métodos de operación, actividades, los recursos que se disponen y la gestión de los mismos, los responsables en las intervenciones, fechas de finalización y la evaluación de resultados.

Y es así como el PMO resulta de la anidación de la información y planeación de estas dos etapas operativas.

2.1.1. Identificar circuitos para plan piloto

Este primer enfoque resulta como la iniciativa para recopilar información preliminar de todos los factores que intervienen en el análisis funcional de la gestión de los activos empresariales.

2.1.1.1 Criticidad de los circuitos regionales

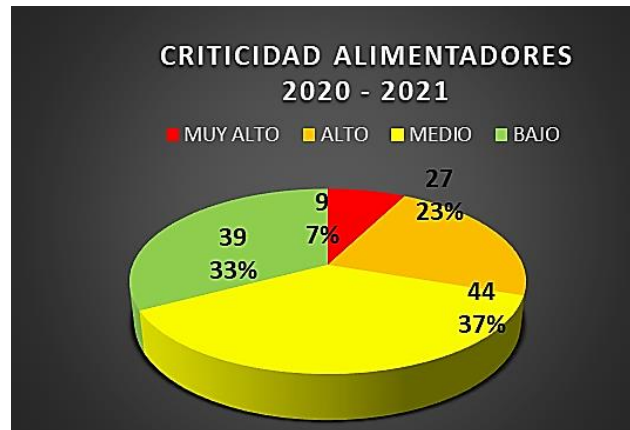
Para el proceso de la clasificación de los riesgos presentes, se hizo necesario realizar un estudio de los potenciales impactos de riesgos en los diferentes circuitos que presta sus servicios la regional Pamplona de CENS, donde para nuestro caso el análisis se dio al circuito SAMSAMORÉ ya que contiene un riesgo moderado pero que puede ser realmente corregido y optimizado.

En un estudio realizado por el equipo de sistema de gestión de los años 2020 – 2021 se determinó a nivel general, que existe una problemática donde los niveles críticos medio,

alto y muy alto abarcan la mayoría del estudio y evidentemente representa una alerta para tomar cartas sobre el asunto y mejorar estos indicadores.

Figura 2.

Indicador de criticidad alimentadores a nivel regional



Tomado de Grupo empresarial EPM (CENS)

Tabla 2.

Valoración de criticidad alimentadores a nivel regional

Valoración Criticidad				
Mínimo	Máximo	Rango	Cantidad Circuitos	Porcentaje Circuitos
32	80	MUY ALTO	9	7,56%
16	32	ALTO	27	22,69%
5	16	MEDIO	44	36,97%
0	5	BAJO	39	32,77%

Tomado de Grupo empresarial EPM (CENS)

Para nuestro caso de análisis es relevante revisar puntualmente el caso del alimentador SAMSAMORE, de modo que según resultados estadísticos entregados por la compañía tenemos:

Tabla 3.

Criticidad circuito SAMSAMORE

Circuito	Personas 20%						Ambiente 10%					
Código	Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación	Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación
SAMSAMORE	1	0,26%	0,26%	2	1	2	1	0,69%	0,69%	2	2	4

Calidad 30%						Reputación 10%					
Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación	Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación
7	4,98%	34,86%	1	8	8	7	0,45%	3,16%	1	2	2

Financiero 30%						Críticidad				
Probabilidad	Consecuencia	Valor	Probabilidad	Consecuencia	Calificación	Total Calificación	Índice de criticidad	Valor de Críticidad	Críticidad	Impacto Predominante
7	0,15%	1,07%	1	1	1	4	40,04%	8	MEDIO	Calidad

Tomado de Base de datos CENS (CENS)

Como podemos observar, eventualmente tenemos un indicador de criticidad de nivel MEDIO para nuestro circuito caso de estudio, teniendo esto en cuenta, podemos establecer un plan de mantenimiento actualizado para mejorar este indicador de manera oportuna antes de que siga incrementando. Por ello, se hace pertinente establecer además de un plan de mantenimiento actualizado, un PMO que actúe como potenciador de la previa metodología.

2.1.1.2. Seleccionar el circuito para la aplicación del plan de trabajo

Al establecer los diferentes circuitos se tuvo en cuenta la selección del circuito SAMSAMORE, ya que, al tener un estado de criticidad medianamente moderado, toda su extensión resulta ser un circuito potencial dado por el gran número de activos existentes y la gestión que se les da a los mismos, además este circuito en su registro de fallas ha estado manejando algunas problemáticas en cuanto al cumplimiento de indicadores de calidad que se le llevan en seguimiento como lo son indicadores de calidad media el SAIDI (Duración total en horas de los eventos promedios que percibe cada usuario del sistema de distribución local de un operador de red) y el SAIFI (Cantidad total de los eventos que en promedio perciben todos los usuarios del sistema de distribución local de un operador de red).

Asimismo, la organización nos proporciona un mapeo del resumen de los resultados de criticidad evaluados en los años 2020 – 2021 donde podemos observar:

Tabla 4.

Críticidad por efecto de impacto SAMSAMORE

Circuito	Valoración Críticidad por Objeto de Impacto				
Código	Personas	Ambiente	Calidad	Reputación	Financiero
SAMSAMORE	2	4	8	2	1

Valoración de criticidad		
Valor de Críticidad	Críticidad	Impacto Predominante
8	MEDIO	Calidad

Tomado de Base de datos de CENS (CENS)

Como podemos observar en las valoraciones de criticidad anteriores, encontramos que el impacto predominante del nivel de criticidad del circuito está fuertemente establecido por el factor de la calidad del servicio, lo cual nos define una problemática en términos generales, ya que existen otros factores como personas, reputación, ambiente, financiero que son componentes de igual relevancia, pero que para nuestro caso de estudio representa un déficit en la gestión del cumplimiento de las normas establecidas por los entes reguladores de energía en el país, representando así una potencial alarma para empezar con un ciclo de optimización.

2.1.1.3. Mapeo de eventos del circuito seleccionado

En este punto evaluamos el histórico de las sucesiones y registros de los comportamientos que ha tenido el circuito SAMSAMORE, de modo que podamos tener un enfoque más objetivo a los posibles casos que se presentan dependiendo del tipo de activos que se hayan manejado.

Para ello se presenta el total de eventos por modo de falla del circuito caso de estudio, donde podemos ver los diferentes modos de falla que han ocurrido en el mismo, de modo que se nos muestra un enfoque mucho más dinámico de las casusas más relevantes y comunes que en el año 2021 han ocurrido sobre este.

Tabla 5.

Histórico de eventos totales por modo de falla SAMSAMORE 2021

TOTAL DE EVENTOS POR MODO DE FALLA					
Código Causa	Modo de falla	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
7FL08.	RAMAS SOBRE LA RED	24	12,97%	24	12,97%
7FL10.	OPERACIÓN DE FUSIBLE POR CAUSA DESCONOCIDA	23	12,43%	47	25,41%
6FL03.	DISPARO CAUSA DESCONOCIDA	21	11,35%	68	36,76%
6FL10.	FALLA DE FUSIBLES CAUSA DESCONOCIDA	21	11,35%	89	48,11%
7FO12.	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	13	7,03%	102	55,14%
6FO12.	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	13	7,03%	115	62,16%
6FL08.	RAMAS SOBRE LA RED	10	5,41%	125	67,57%
7FT02.	FALLA DE FUSIBLES TRAF0 PROPIEDAD DE LOS USUARIOS	8	4,32%	133	71,89%
7FL01.	FALLA POSTE Y/O ESTRUCTURA	6	3,24%	139	75,14%
7FL06.	ANIMALES SOBRE LA RED	5	2,70%	144	77,84%
6FO08.	CATASTROFES NATURALES	5	2,70%	149	80,54%
7FL04.	LINEA ROTA	5	2,70%	154	83,24%
6FL01.	FALLA POSTE Y/O ESTRUCTURA	4	2,16%	158	85,41%
7PL03.	APERTURA PARA AISLAR Y REPARAR DAÑO SOBRE LA LÍNEA	4	2,16%	162	87,57%
3FO07.	INTERRUPCIÓN POR FALLA EN EL SIN	3	1,62%	165	89,19%
7FT01.	CAMBIO TRAF0 DISTRIBUCION FALLADO	3	1,62%	168	90,81%
6PL03.	APERTURA PARA AISLAR Y REPARAR DAÑO SOBRE LA LÍNEA	3	1,62%	171	92,43%
7PT03.	APERTURA PARA AISLAR Y REPARAR DAÑO SOBRE TRAF0	3	1,62%	174	94,05%
3FL04.	LINEA ROTA	2	1,08%	176	95,14%
6FL04.	LINEA ROTA	2	1,08%	178	96,22%
3FL08.	RAMAS SOBRE LA RED	1	0,54%	179	96,76%
6FL12.	FALLA EN PORTA FUSIBLE / CORTACIRCUITOS	1	0,54%	180	97,30%
7FL16.	APERTURA DEBIDO A CONEXIONES ILEGALES	1	0,54%	181	97,84%
3PO09.	DESCONEXIÓN POR CATASTROFES NATURALES	1	0,54%	182	98,38%
3PL01.	MANTENIMIENTO GENERAL DEL CIRCUITO	1	0,54%	183	98,92%
6PO04.	DESCONEXION POR SEGURIDAD CIUDADANA	1	0,54%	184	99,46%
7FT05.	FALLA BUJE / DPS / CORTACIRCUITOS DE TRANSFORMADOR	1	0,54%	185	100,00%
Total general		185	100,0%		

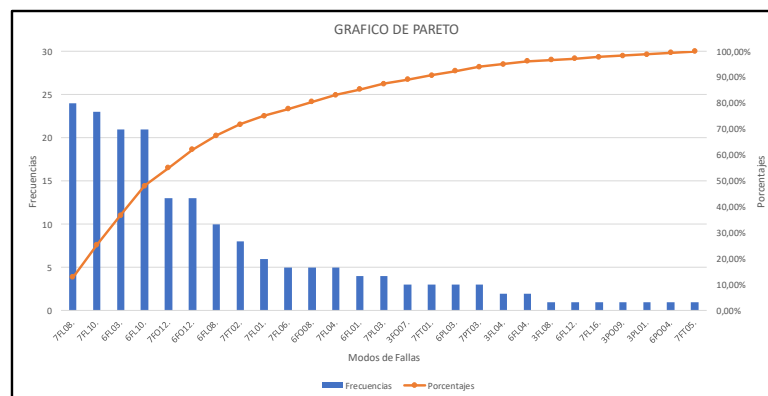
Tomado de Base de datos CENS (CENS)

En la siguiente figura se presenta en análisis mediante un gráfico de Pareto, la cual es una técnica que se aplica en CENS donde nos permite clasificar gráficamente toda la

información dependiendo de su grado de relevancia con el fin de obtener un estudio de los problemas más importantes a los cuales se les debe dar prioridad. En nuestro caso, como podemos observar existe una cierta precipitación de las frecuencias del modo de falla frente a los valores porcentuales de los mismos. Lo que se busca inicialmente con esta técnica es eliminar el incremento añadido por encima de la curva de los primeros modos de falla. Al tener una frecuencia por debajo de la curva podemos estar seguros de que no existen valores críticos sobredimensionados para estos fenómenos.

Figura 3.

Comportamiento de los modos de falla contra las frecuencias de los mismos 2021



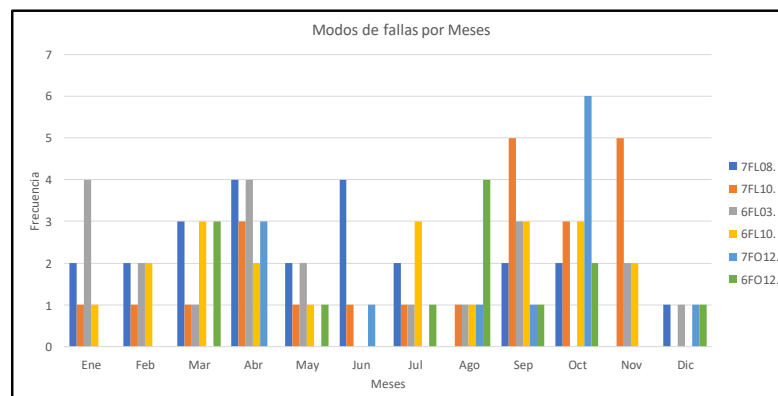
Tomado de Base de datos CENS (CENS)

A continuación, se presenta los modos de falla que toman valores más comunes respecto a su tasa de frecuencia y que están divididos por meses.

Y se evidencia un esquemático que se presenta a continuación para observar el tipo de eventos de falla que se presentan y suelen ser los más comunes por cada mes del año 2021.

Figura 4.

Eventos modo de falla por mes 2021



Tomado de Base de datos CENS (CENS)

Para realizar una mejor explicación de este fenómeno, vamos a tener un caso puntual, como lo es el siguiente breaker del circuito. En las siguientes figuras tenemos el análisis de uno de los breakers de los que componen el circuito SAMSAMORE, de modo que se tienen las frecuencias de cada causa de modo de falla y su índice porcentual acumulado. Cabe resaltar que estas frecuencias están dadas por año.

Tabla 6.

Frecuencia de causas asociadas a fallo de breaker SAMSAMORE 2021

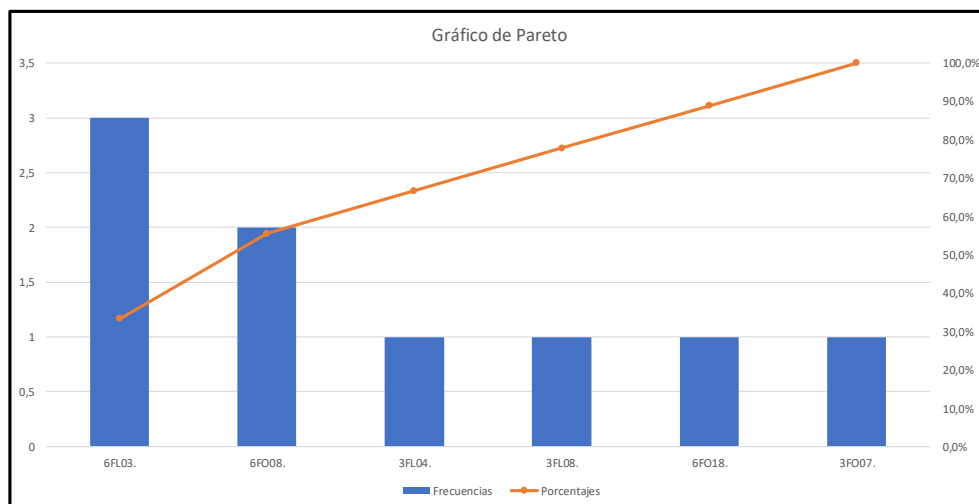
Breaker	Código Causa	Frecuencia	% Acumulado
SAMSAMORE	6FL03.	3	33,3%
	6FO08.	2	55,6%
	3FL04.	1	66,7%
	3FL08.	1	77,8%
	6FO18.	1	88,9%
	3FO07.	1	100,0%
	TOTAL	9	

Tomado de Base de datos CENS (CENS)

Como podemos observar en la siguiente figura, tenemos un sustancial incremento en la frecuencia del primer modo de falla. Evidentemente la figura nos indica que existe un sobredimensionamiento la frecuencia del primer modo de falla, y que se deben tomar acciones al respecto, ya que representa una clara señal de criticidad en la zona y el objetivo principal es reducir los valores impulsivos existentes por encima de la curva del grafico de Pareto.

Figura 5.

Comportamiento de los modos de falla asociados al breaker SAMSAMORE 2021



Tomado de Base de datos CENS (CENS)

2.1.2. Definición de circuitos troncales y ramales

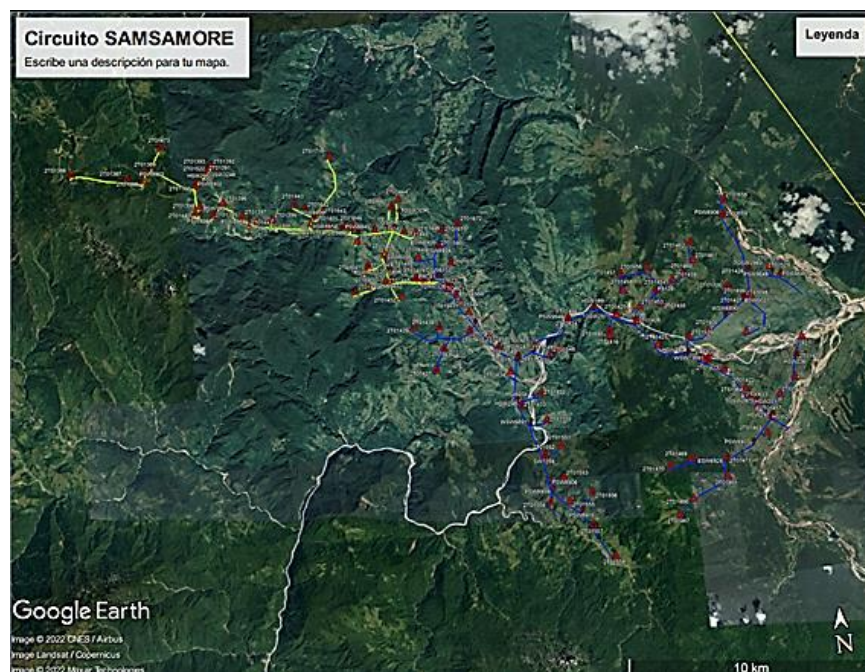
Posteriormente, en este ítem, lo que buscamos es realizar un estudio de la ubicación de activos y como es su sistema de jerarquía aplicable en la organización, para tener un enfoque mucho más macro estratégico del sistema a estudiar.

2.1.2.1 Solicitud de información al EAM (Gestión de activos empresariales, anteriormente SPARD)

Para acceder a la información de los activos de la organización, se debe realizar un requerimiento al profesional P1 que es el individuo encargado de recibir y gestionar la información de los mismos, esto se realiza mediante el EAM que es el sistema para la gestión de activos de orden físico para los negocios de transmisión y distribución. Como respuesta a esta solicitud se proporciona una hoja de datos elaborada en Excel donde se encuentran todos los activos, junto a su grupo y clasificación jerarquizada, además se proporciona un archivo .kmz que es para poder revisar la taxonomía de manera geográfica.

Figura 6.

Mapa circuito SAMSAMORE



Tomado de Base de datos taxonomía SAMSAMORE (CENS, 2021)

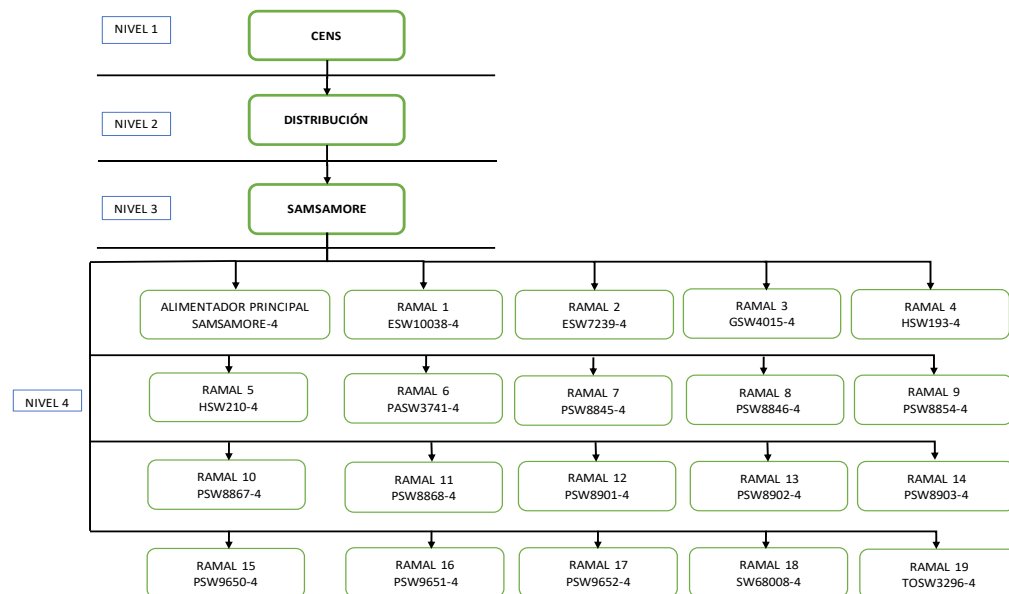
En este EAM se lleva seguimiento de los planes, las tareas, la mano de obra, el material, las herramientas, servicios y rutas que se deben tomar en cuenta para asignar un plan de mantenimiento actualizado antes de entrar en materia del plan de mantenimiento optimizado que cubrirá a este mismo.

2.1.2.2. Aplicación de taxonomía nivel 4

La taxonomía en este ámbito de desarrollo de un plan de mantenimiento actualizado antes del plan de mantenimiento optimizado, nos permite tener una jerarquización y establecer un orden de acuerdo a los criterios que se establezcan para estos atributos. La taxonomía se relaciona y realiza un modelo de sinergia con los niveles de criticidad que presente el circuito en general. La jerarquización de este modo está dada por niveles, estos niveles son los siguientes:

Figura 7.

Taxonomía nivel 4 circuito SAMSAMORE



Elaboración propia

En la anterior figura, la taxonomía para nuestro caso de estudio llega hasta el nivel 4 que son los circuitos ramales, estos a su vez tienen subcategorías que se clasifican en nodos y tramos, a estos se le denominan como conjunto de activos y están ubicados en el nivel 5, además cada uno de estos mismos también se subdividen en activos, que son los de materia de análisis, para así conformar la jerarquización de la gestión de los activos. Se puede hacer énfasis que generalmente los niveles de jerarquización para este tipo de casos, llega hasta el nivel 6, es decir, el nivel de los activos individuales de cada grupo.

2.1.2.3. Socialización del resultado

Se establecen múltiples reuniones a lo largo del desarrollo del PMO a medida de los avances realizados, además, se tienen en cuenta la retroalimentación por parte de los participantes que se mencionan a continuación para un desarrollo más eficaz de la metodología en el diseño del plan de mantenimiento. Se aprueba el respectivo avance y se da luz verde para continuar con la implementación.

Tabla 7.

Plan de trabajo - Socialización de avances

PLAN DE TRABAJO	
Cantidad de reuniones por semana:	3
Horario martes	09:00 am - 10:30 am
Horario viernes	03:00 pm - 04:30 pm
Circuito	SAMSAMORE
Cantidad de reuniones	12

Participantes	Cantidad de participaciones
Helfar Rico	10
Gerardo Parra	10
Carlos Augusto Bayona	12
Francisco Rubio	12
Jorge Gutierrez	12
Omar Sánchez	12

Elaboración propia

2.1.3. Establecer plan de mantenimiento actual

En esta etapa se realizan las correspondientes rutas o revisiones para las tareas asociadas a un nuevo plan de mantenimiento actualizado. Hay que hacer énfasis en que esta parte de la metodología va a estar centrado en utilizar la información abordada de los anteriores ítems, de manera que, podamos determinar los indicios de las fallas que existan en el sistema y podamos acogerlas sobre un plan de intervención pertinente mediante diferentes herramientas que la conforman.

Para ello, no se puede tomar tan a la ligera este ítem, ya que la información que determinemos es la que se tiene en cuenta frente a el desarrollo de un plan de mantenimiento optimizado como tal. Con esto presente, se tienen en consideración las siguientes objetividades:

2.1.3.1 Identificación de actividades rutinarias del circuito

Cuando se hace énfasis en las actividades de orden rutinario aplicables sobre un circuito, se habla exactamente de la aplicación de diversas asignaciones que se le van a realizar sobre este, teniendo en cuenta que va a estar estrechamente relacionado con las principales causas de fallas que existen sobre la red de distribución eléctrica.

Así es como se designa el personal capacitado para cada una de las problemáticas que abarcan dichos modos de falla, entonces tenemos los siguientes modos de fallas según el histórico del circuito.

Principales causas de fallas en redes de distribución eléctrica:

- Apertura por animales en la red
- Apertura por disparo de protecciones
- Apertura por elementos sobre la red
- Apertura por condiciones climáticas y atmosféricas

- Apertura por terceros
- Apertura por causas desconocidas
- Aperturas por forestación

Con estos tipos de causas presentes, se establecen las respectivas actividades para la recesión de este tipo de fenómenos. Estas actividades predefinidas son intervenidas por los equipos de trabajo especializados en determinada área en compañía de los profesionales de acuerdo con la distribución del circuito caso de estudio.

2.1.3.2 El diseño de un cronograma de actividades

Con el propósito de establecer un cronograma de actividades pertinente, se realiza un análisis basado en la identificación de las actividades rutinarias del circuito examinando con los profesionales del área de mantenimiento de la empresa, la respectiva disponibilidad y duración de cada una de estas tareas, de manera que se organice una agenda donde sea posible realizar todas las actividades.

De este modo se estipuló que estas actividades estarán dadas a un plazo de un año, más puntualmente el: 07/01/2022 debido a cuestiones de agenda y disponibilidad del personal.

2.1.3.4 La asignación de actividades al circuito

En beneficio de las actividades asignadas al circuito SAMSAMORE se definen inicialmente con una variedad de trabajos de prediseño para el plan de mantenimiento preventivo dirigido a la formalización de un plan de mantenimiento actualizado, en ellas encontramos la introducción de la serie de inspecciones del circuito, herramientas fundamentales para saber la situación en que se encuentran los activos que lo conforman mediante sus respectivos protocolos de operación.

Inspección de cortacircuitos de repetición:

- Validación del sitio de trabajo
- Diligenciamiento de formatos y preparación
- Ejecución de la actividad
- Notificación de hallazgos
- Finalización de la actividad

Inspección con dron:

- Validación de ubicación y condiciones de terreno
- Equipamiento de equipo y prueba piloto
- Ejecución de la actividad
- Finalización del vuelo y desarticulación del equipo

- Diligenciamiento de hallazgos y elaboración de informe

Inspección de cuadrillas:

- Comprobación del sitio de trabajo
- Equipamiento de herramientas y elementos de protección del personal
- Ejecución de la actividad
- Finalización de la inspección
- Diligenciamiento de hallazgos y elaboración de informes

Inspección visual:

- Comprobación del sitio de trabajo
- Equipamiento de herramientas y elementos de protección del personal
- Ejecución de la actividad
- Finalización de la inspección
- Diligenciamiento de hallazgos y elaboración de informes

Inspección termográfica:

- Validar ubicación y condiciones del sitio de trabajo
- Equipamiento de dispositivos y herramientas
- Ejecución de la actividad
- Finalización de termografía y aseguramiento del equipo
- Diligenciamiento de datos y elaboración de informes

Intervención forestal:

- Socialización con los usuarios
- Solicitar consigna
- Diligenciar datos
- Ejecución de la actividad
- Recolección de residuos
- Cierre de la actividad

Todas estas asignaciones corresponden a el análisis preliminar del circuito que estamos estudiando para obtener un enfoque macro estratégico a las otras asignaciones de circuito que son de acción tales como intervención forestal en resolución del PMO que se detallarán más adelante.

2.1.3.5. La formalización de un plan de mantenimiento actualizado.

Para instaurar el planteamiento de la formalización como tal de un plan de mantenimiento actualizado debemos llevar a cabo una unificación de todos los ítems anteriores para establecer así un modelado o estructuración de una plantilla que lo compile. De modo que centremos el personal a intervenir con sus costos asociados, las rutas que definamos para los mismos y las herramientas necesarias para hacer cumplir los objetivos propuestos.

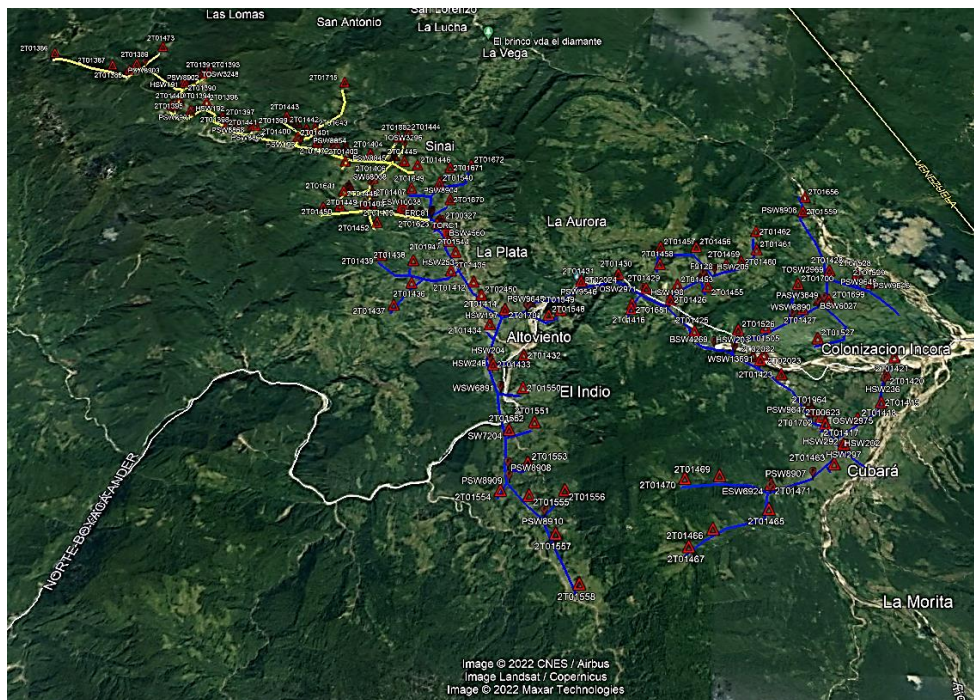
Para el desarrollo de estos ítems, se tiene una nueva metodología anidada a estos últimos que va acorde a el planteamiento del PMA, de modo que, contiene el análisis de estos puntos y otros en general que son de gran ayuda para establecer un PMA.

En este orden de ideas, se define el análisis de estos factores de acuerdo a una segunda etapa que es la de la definición un plan de mantenimiento acorde a datos estipulados que faltan, ya que, por ejemplo, la relación de los costos por personal definido resulta ser un factor clave a la hora de determinar un plan de mantenimiento que beneficie a la organización en términos económicos y estratégicos, por este motivo y otros factores no se puede proceder a la ligera.

Sin embargo, se hace clave adelantar el trazo de los puntos o divisiones del circuito de tal manera que estén sujetos a un seccionamiento operacional para las futuras tareas que se propongan. De este modo, como podemos ver en la figura, se consigue dividir secuencialmente el circuito SAMSAMORE. Estaría dividido principalmente en cuatro secciones taxonómicas claves.

Figura 8.

División taxonómica inicial SAMSAMORE



Tomado de: Google Earth archivo kmz. Elaboración propia.

La taxonomía en nuestro circuito lo comprende la primera extensión de color verde, la segunda y tercera se conforma por la sección ubicada en la subestación local, y la cuarta es comprendida por la extensión de color azul. Como podemos ver en la imagen, dentro del cuadro de color rojo se encuentra la sección asociada a los activos de la subestación, de igual manera se encuentra la sección de color amarillo la cual es la sección de las salidas de la subestación a los diferentes reconectores presentes en dirección a la sección amarilla y azul.

Figura 9.

Seccionamiento subestación y límites geográficos de extensión



Tomado de: Google Earth archivo kmz. Elaboración propia.

Esto no quiere decir que estas sean las rutas predefinidas para la planeación y ejecución de un plan de mantenimiento actualizado, sino que corresponde a taxonomía, además este plan va a depender de otros factores como la longitud de cada circuito ramal, las posibles agrupaciones que se les pueda realizar e incluso por criticidad de cada uno de los nodos presentes. Sin mencionar que cada uno de ellos también pueden ser clasificados por costos asociados a las tareas que se les debe realizar, este procedimiento se realizara más adelante cuando se tenga el mapeo total de activos y un estimado de los costos asociados para cada tarea.

Una vez definidos todas las consignas en la plantilla EAM el especialista en procesos de programación generará un documento en el cual se establecen ordenes de trabajo (OT's) para el personal que interviene en este tipo de actividades para ser remitidas al área de revisión y planeación para finalmente llegar a manos del personal de inspección.

2.1.3.5.1. Recopilación de información preliminar

Este ítem es clave y resulta ser la base del análisis funcional de la gestión de los activos de la organización. De modo que, como actividad inicial tenemos la recolección y centralización de la información de los activos empresariales en términos de transmisión o distribución de energía.

Una vez realizado y validado la inspección de la información de la instalación caso de estudio, se debe tener presente quienes son los interventores que realizan las diferentes labores y tareas en el circuito SAMSAMORE. Para ello se cuenta con un estudio basado en historiales de mantenimiento que están establecidos y debidamente diligenciados en la empresa.

En la organización y con ayuda de persona de mantenimiento, se establecen diversos interventores para dichas tareas y ordenes de trabajo (OT) de manera que resulte lo más adecuado posible para el caso que se presente, para ello se hace necesario recopilar dicho personal por funciones y los sujetos de cada grupo participante en las intervenciones de los eventos.

Una vez designadas las cuadrillas o grupos interventores, se les asigna un código de funcionalidad único, una descripción de las actividades que realiza dicha cuadrilla, el tipo de personal, la cantidad de personas por tipo, el total de trabajadores y los valores de contratación respectivamente.

Tabla 8.

Personal interventor de eventos y costos asociados

Código Cuadrilla	Descripción Actividades	Personal Cuadrilla	Cantidad Personas	Total trabajadores	Valor del contrato Mes	Valor del contrato Día	Valor del contrato Hora	Total hora cuadrilla
M32	Se encarga de realizar mantenimiento correctivo y preventivo	Jefe de cuadrilla Liniero Auxiliar	1 2 1	4	\$ 18.061.371,14	\$ 602.045,70	\$ 66.893,97	\$ 66.893,97
M05	Se encarga de realizar mantenimiento correctivo y preventivo	Liniero	1	1	\$ 5.430.351,66	\$ 181.011,72	\$ 20.112,41	\$ 20.112,41
M03	Se encarga de realizar mantenimiento correctivo y preventivo	Liniero	2	2	\$ 11.471.074,84	\$ 382.369,16	\$ 42.485,46	\$ 42.485,46
P20	Se encarga de la ejecución de podas en el área rural.	Jefe de cuadrilla Técnico Electricista	1 4 1	6	\$ 15.595.446,25	\$ 519.848,21	\$ 57.760,91	\$ 57.760,91
P18	Cuadrilla de Pamplona que presta servicios de poda en área urbana	Jefe de cuadrilla Técnico	1 4	5	\$ 17.284.053,45	\$ 576.135,11	\$ 64.015,01	\$ 64.015,01
AR	Inspecciones y apoyo a cuadrilla	Técnico operativo	1	1	\$ 1.941.984,00	\$ 64.732,80	\$ 8.091,60	\$ 8.091,60
T01	Se encarga de la inspección inicial con drones y termografía	Tecnologo - D2	2	2	\$ 2.361.467,00	\$ 78.715,57	\$ 9.839,45	\$ 19.678,89
M58	Se encarga de realizar mantenimiento correctivo y preventivo	Tecnologo - D2	1	5	\$ 2.361.467,00	\$ 78.715,57	\$ 9.839,45	\$ 42.205,85
		Técnico operativo	4		\$ 1.941.984,00	\$ 64.732,80	\$ 8.091,60	

COSTOS LOGISTICOS GENERALES:	DESAYUNO	\$ 7.507,00
	ALMUERZO Y CENA	\$ 13.196,00
	TOTAL	\$ 20.703,00
	TOTAL ADICIONAL	\$ 30.019,35

Tomado de: Costos plan de mantenimiento DNA EPM. Elaboración propia.

Cabe resaltar que en la organización no todo el personal resulta ser de planta, es decir, no existe personal completo que pueda atender todo el tipo de intervenciones que sean asignadas, en dicho caso, están los interventores contratistas, encargados de suplir la falta de personal con individuos debidamente calificados para realizar las tareas. Para este caso en particular, las filas con códigos P18, AR, T01 y M58 son personal interventor de planta, mientras que las filas de códigos M32, M05, M03 y P20 son personal interventor contratista.

Se enfatiza mucho en este aspecto, ya que este tipo de datos son los que nos permiten diagnosticar con qué tipo de recursos humanos se cuentan para las tareas de mantenimiento a partir de un histórico de interventores y este análisis lo realiza el equipo de mantenimiento de la empresa. Al mismo tiempo se hace énfasis en que pueden existir variaciones logísticas frente a las diferentes actividades, esto va a depender de la experiencia del personal, de su calificación y de los recursos que se dispongan en el momento de mediación.

2.1.3.5.2. Recopilación de tareas actuales

Entrando en detalle de las tareas actuales, debemos describir las tareas pertinentes que se asocian a el desarrollo de un plan de mantenimiento optimizado, donde para ello, tenemos que revisar el histórico de asignaciones de estas tareas y detallarlas de manera que nos supongan un contexto de lo que se ha realizado en el circuito. Es decir, ¿Qué actividades se van a realizar?, ¿Cuántas se realizarán? y ¿Qué planes de trabajo tenemos para realizar las ordenes de trabajo?

Todo esto se embarca en un mapeo de los posibles casos que se puedan presentar en el circuito dependiendo del tipo de la gestión de activos. Para ello se realiza un cuadro esquemático que contenga toda la información detallada del proceso y el personal interventor. Y va de acuerdo al plan:

2.1.3.5.3. PLAN

Entrando en materia de los planes que se busca realizar, en este caso específico tenemos un esquemático donde vamos a tener que determinar las tareas que se le realizan al respectivo circuito en materia de tareas de mantenimiento de los activos. Este resulta ser el punto de inflexión para las ordenes de trabajo y el desarrollo de las mismas. Aquí se encuentran diferentes variables, tales como la descripción de los planes de trabajo, el tipo, la actividad de costos asociados, la duración de los mismos, la prioridad e incluso si para la tarea se necesita la desconexión total de una ubicación total o solo la inactividad del activo como tal.

Tabla 9.

Planes de trabajo definidos

Código del plan de trabajo	Descripción del plan de trabajo	Tipo de plantilla del Plan de Trabajo. Los posibles valores son: MANTENIMIENTO, PROYECTO	Tipo de Acción	Actividad de costos para fines contables
[JOBPLAN.JPNUM]	[JOBPLAN.DESCRPTION]	[JOBPLAN.TEMPLATETYPE]	[JOBPLAN.SLXTIPOACCION]	[JOBPLAN.SLXACTCOSTEO]
UPPER 15	ALN 100	ALN 16	UPPER 12	UPPER 12
Requerido=S	Requerido=S	Requerido=S	Requerido=S	Requerido=S
PLAN DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN	TIPO PLANTILLA	TIPO DE ACCIÓN	ACTIVIDAD DE COSTO
INSPERTOS	INSPECCIÓN DE CORTACIRCUITOS DE REPETECIÓN	MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR	742
INSPEDRON	INSPECCIÓN CON DRON	MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR	742
INSPECUADS	INSPECCIÓN CON CUADRILLA DESENERGIZADA	MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR	742
INTERFORE	INTERVENCIÓN FORESTAL	MANTENIMIENTO	PODAR	743
INSPEVISUAL	INSPECCION VISUAL	MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR	743
INSPETERMO	INSPECCION TERMOGRAFICA	MANTENIMIENTO	INSPECCIONAR	743

Duración del plan de trabajo	Planta en la que se podrá ver y utilizar el plan de trabajo. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las plantas	Organización en la que se podrá ver y utilizar el plan de trabajo. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las organizaciones.	¿La ejecución del plan requiere parada del activo? 1 - Requiere inactividad del activo 0 - No requiere inactividad del activo	¿La ejecución del plan requiere parada de la ubicación? 1 - Requiere inactividad de la ubicación 0 - No requiere inactividad de la ubicación
[JOBPLAN.JPDURATION]	[JOBPLAN.SITEID]	[JOBPLAN.ORGID]	[JOBPLAN.AOS]	[JOBPLAN.LOS]
DURATION 8	UPPER 8	UPPER 8	YORN	YORN
Requerido=N	Requerido=N	Requerido=N	Requerido=S	Requerido=S
DURACIÓN	PLANTA	ORGANIZACIÓN	¿REQUIERE INACTIVIDAD DEL ACTIVO?	¿REQUIERE INACTIVIDAD DE LA UBICACIÓN?
60:00	0533_DE	CENS	0	0
90:00	0533_DE	CENS	0	0
90:00	0533_DE	CENS	0	0
150:00	0533_DE	CENS	1	1
45:00 - cto troncal	0533_DE	CENS	0	0
45:00 - cto ramal				
45:00	0533_DE	CENS	0	0

Prioridad de la orden de trabajo que utilice el plan de trabajo (1-Emergencia, 2-Atencion Inmediata , 3-Normal)	Actividad de intervención para activos sujetos a la normatividad de PCBs.
[JOBPLAN.PRIORITY]	[JOBPLAN.SLXACTINTERVENCION]
INTEGER 12	UPPER 8
Requerido=N	Requerido=N
PRIORIDAD OT	ACTIVIDAD INTERVENCION
3	
3	
3	
3	
3	
3	

Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la anterior tabla, Inicialmente a cada plan de trabajo se le asigna un código respectivamente, cada uno de estos planes contiene ciertas variables que son adaptadas a lo que se busca realizar en un PMO, de manera que resulten lo más pertinente posible. Ciertamente podemos destacar que existen ciertas variables en cuanto a costos como lo son las tareas de inspección encargadas a los contratistas, asignándoles un código especial para la referenciación de los mismos, si es una actividad de inversión se da el código 742 mientras que para las actividades de costos de planta es el código 743, esto es realmente importante ya que nos determina y nos da la idea principal para establecer la relación de costos que la empresa debe manejar.

Igualmente otro punto a destacar es que para el caso puntual de la intervención forestal, existe la variable de inactividad en la ubicación del activo, es decir una desconexión total

de un circuito ramal por dicha acción, esto realmente es un caso que debe ser plenamente realizado con la mayor brevedad posible, debido a que los entes regulatorios de energía eléctrica como la CREG, llevan un seguimiento del DIU (número total acumulado en horas de los eventos percibidos por el usuario, en un periodo de doce meses que termina en el mes de evaluación) y FIU(número total acumulado en eventos percibidos por el usuario, en un periodo de doce meses que termina el mes de evaluación), los cuales son índices en las desconexiones que se realizar por cierto periodo de tiempo y que no deben sobrepasar un límite establecido para no incumplir con las normas que rigen la regulación de la energía en el país.

2.1.3.5.4. PLAN DE TAREAS

En esta parte de la planeación para el desarrollo de un plan de mantenimiento actualizado, tenemos el plan de tareas que resulta ser la justificación de cada una de las tareas de los planes de las actividades. En este se describieron todas las intervenciones que se derivan del plan de trabajo central que se planea realizar, aquí ponemos la cantidad de tareas a realizar con un número que va de en cifras de diez, con el propósito de que, si resultan imprevistos en una tarea, se le haga una respectiva modificación y subcategoría a la misma como lo puede ser por ejemplo una variación abrupta en las condiciones climáticas de una zona en la tarea de validación del sitio de trabajo. De este modo, tenemos certeza de los acontecimientos y metodologías que debemos aplicar para las actividades, esto es norma de la empresa y está estipulado en los manuales de operación para las diferentes labores de mantenimiento establecidos, la cual se conoce como SINERGIA, que es una aplicación web de la empresa EPM – CENS encargada de establecer las conductas regulares para cada tipo de acciones que se tienen en cuenta.

Tabla 10.

Planes de trabajo

Código del plan de trabajo	Identificador de tarea	Descripción de la tarea
[JOBTASK.JPNUM]	[JOBTASK.JPTASK]	[JOBTASK.DESCRPTION]
UPPER 15	INTEGER 16	ALN 100
Requerido=S	Requerido=N	Requerido=S
PLAN DE TRABAJO	TAREA	DESCRIPCIÓN
INSPECRTOS	10	VALIDACIÓN DEL SITIO DE TRABAJO
	20	DILIGENCIAMIENTO DE FORMATOS Y PREPARACIÓN
	30	EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD
	40	NOTIFICACIÓN DE LOS HALLAZGOS
	50	FINALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD
INSPEDRON	10	VALIDAR UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL TERRENO
	20	ALISTAMIENTO EQUIPO Y PRUEBA PILOTO DE VUELO
	30	EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD
	40	FINALIZACIÓN DEL VUELO Y ASEGURAMIENTO DEL EQUIPO
	50	DILIGENCIAMIENTO DE LOS HALLAZGOS Y ELABORACIÓN DE INFORMES
INSPECUADS	10	VALIDACIÓN DEL SITIO DE TRABAJO
	20	ALISTAMIENTO DE HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL DE TRABAJO
	30	EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD
	40	FINALIZACIÓN DE LA INSPECCIÓN
	50	DILIGENCIAMIENTO DE LOS HALLAZGOS Y ELABORACIÓN DE INFORMES
INTERFORE	10	SOCIALIZACIÓN CON LOS USUARIOS
	20	SOLICITAR CONSIGNA
	30	DILIGENCIAMIENTO DE PERMISOS
	40	EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD
	50	RECOLECCIÓN DE RESIDUOS
	60	CIERRE DE LA ACTIVIDAD
INSPEVISUAL	10	COMPROBACIÓN DEL SITIO DE TRABAJO
	20	ALISTAMIENTO DE HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL DE TRABAJO
	30	ELABORACIÓN DE LA ACTIVIDAD
	40	FINALIZACIÓN DE LA INSPECCIÓN
	50	DILIGENCIAMIENTO DE LOS HALLAZGOS Y ELABORACIÓN DE INFORMES
INSPETERMO	10	VALIDAR UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL SITIO DE TRABAJO
	20	ALISTAMIENTO EQUIPO
	30	EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD
	40	FINALIZACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ASEGURAMIENTO DEL EQUIPO
	50	DILIGENCIAMIENTO DE LOS DATOS Y ELABORACIÓN DE INFORMES

Elaboración propia.

Seguidamente se realiza una descripción de carácter detallada para cada una de las acciones que se realizan con el fin de conocer los protocolos regidos por la organización para la seguridad de los individuos y los activos para cada una de las labores. Además, se tiene en cuenta el tiempo de cada una de estas descripciones detalladas y una serie de secuencias que resultan ser un método eficaz de implementación en el campo de la ejecución.

Tabla 11.

Descripción detallada de las tareas

Descripción detallada de la tarea	Duración del plan de trabajo	Secuencia de realización de las tareas.
[JOBTASK.DESCRPTION_LONGDESCRIPTION]	[JOBTASK.TASKDURATION]	[JOBTASK.TASKSEQUENCE]
CLOB (sin límite)	DURATION 8	INTEGER 12
Requerido=N	Requerido=S	Requerido=S
DESCRIPCION LARGA	DURACIÓN	SECUENCIA
Validar los riesgos presentes del sector caso de inspección, las condiciones del clima y del terreno	00:15	1
Se diligencia los documentos SSTT y riesgos, alistamiento de herramientas y elementos de protección	00:15	2
Se desabilitan los riecerres y se procede a relizar la inspección de cada portafusible y luego se realiza la inspección visual del estado de los cortacircuitos	00:45	3
Se notifica por medio de un grupo de WhatsApp lo encontrado en terreno	00:10	4
Asegurar las herramientas y elementos de protección personal	00:15	5
Planeación de los puntos a inspeccionar, validar los riesgos presentes, adecuación del sitio donde se va realizar el vuelo y el aterrizaje del DRON Visibilidad de la superficie Direccion y velocidad del viento	00:30	1
Se ensambla el equipo, control, se pone en servicio y se realiza un sobrevuelo a baja altura donde se procede a realizar pruebas de estado del equipo en vuelo	00:15	2
Se realiza la inspección de los puntos planeados en el vuelo	02:00	3
Recepción del dron, desarme del equipo, control y diligenciamiento de la App de inspección	00:30	4
Realización de informe y entregas al analista	4:00	5
Validar los riesgos presentes en el sector a inspeccionar, las condiciones del clima y del terreno	00:15	1
Validar el estado de los binoculares, GPS, gafas, casco y demás herramientas requeridas	00:15	2
Realizar la inspección punto a punto de las estructuras, toma de coordenadas y diligenciamiento de la App de inspección (Plantilla de inspeccion)	06:00	3
Aseguramiento de las herramientas utilizadas y elementos de protección personal	00:15	4
Realización de informe y entregables a el analista	04:00	5
Se socializa con los usuarios	04:00	1
Se solicita a el jefe de consigna la autorización para el inicio de labores de mantenimiento en el caso que se requiera	00:10	2
Se diligencia los documentos AT's, Trabajos en alturas, Charlas de SSTT, Pausas Activas, se socializa los riegos presentes	00:15	3
Realizar poda y corte de maleza de las estructuras de las zonas de servidumbre	06:00	4
Recolección de residuos, disposición final de los mismos y registro de información	06:00	5
Se informa a el jefe de consigna la finalización de las labores y retiro del personal en el caso que se requiera	00:10	6
Validar los riesgos presentes en el sector a inspeccionar, las condiciones climaticas que se puedan presentar y del terreno	00:15	1
Validar el estado de los binoculares, GPS, gafas, casco y demás herramientas requeridas para la realización de la actividad	00:15	2
Realizar la inspección punto a punto de las estructuras, toma de coordenadas y diligenciamiento de la App de inspección (Plantilla de inspeccion)	06:00	3
Aseguramiento de las herramientas utilizadas y elementos de protección personal	00:15	4
Realización de informe y entregables a el analista	04:00	5
Planeación de los puntos a inpeccionar, validar los riesgos presentes, asegurar el área donde se va a realizar la actividad, validar que las condiciones climáticas sean las óptimas para tomar los registros, validar los datos de tempertura y humedad relativa del sitio de trabajo	00:30	1
Con los datos registrados de temperatura y humedad relativa se procede a ingresar la información en la cámara termográfica, se debe registrar la distancia a la cual se captura la imagen termografica	0:20	2
Se realiza la inspección de los puntos planeados a realizar la prueba termográfica	2:00	3
Revisión de los datos y verificación del DELTA de temperatura que nos indica la condición del equipo, aseguramiento del dispositivo medidor y diligenciamiento de la App de inspección	0:45	4
Realización de informe y entregables a el analista	04:00	5

Elaboración propia.

2.1.3.5.5. PLAN DE MANO DE OBRA

Aquí se estipulan las asignaciones de cada plan de trabajo a las cuadrillas o grupos interventores mediante la resolución de su especialidad y al tipo de actividad en la que está calificada, así como su cantidad de recursos humanos, las horas establecidas de ejecución, el tipo de planta y la organización a la que pertenecen, en nuestro caso es CENS.

Tabla 12.

Plan de mano de obra

Código del plan de trabajo	Identificador de tarea	Código de especialidad	Código de la cuadrilla
[JOBLABOR.JPNUM]	[JOBLABOR.JPTASK]	[JOBLABOR.CRAFT]	[JOBLABOR.AMCREWTYPE]
UPPER 12	INTEGER 12	UPPER 12	UPPER 12
Requerido=S	Requerido=N		
PLAN DE TRABAJO	TAREA	ESPECIALIDAD	TIPO DE CUADRILLA
INSPCRTOS		M05	INSPECCIÓN
INSPEDRON		T01	INSPECCIÓN
INSPCUADS		M32	INSPECCIÓN
INTERFORE		P20	INTERVENCIÓN
INSPEVISUAL		T01	INSPECCIÓN
INSPETERMO		T01	INSPECCIÓN

Cantidad de mano de obra de cada especialidad	Horas planificadas para cada mano de obra	Planta en la que se podrá ver y utilizar la tarea. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las plantas	Organización en la que se podrá ver y utilizar la tarea. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las organizaciones.
[JOBLABOR.QUANTITY]	[JOBLABOR.LABORHRS]	[JOBLABOR.SITEID]	[JOBLABOR.ORGID]
INTEGER 12	DURACIÓN 8	UPPER 8	UPPER 8
Requerido=S	Requerido=S	Requerido=N	Requerido=N
CANTIDAD	HORAS	PLANTA	ORGANIZACIÓN
1	60:00	0533_DE	CENS
2	90:00	0533_DE	CENS
4	90:00	0533_DE	CENS
6	150:00	0533_DE	CENS
2	09:00	0533_DE	CENS
2	09:00	0533_DE	CENS

Elaboración propia.

2.1.3.5.6. PLAN DE MATERIAL

Para proceder con el planeamiento de servicios, encontramos también que se debe realizar un análisis a los materiales que van a ser utilizados durante la intervención. Es de resaltar que estos materiales son repuestos o elementos que son de único uso y se debe estipular de que almacén de la organización provienen.

Tabla 13.

Plan de material

Código del plan de trabajo	Identificador de tarea	Código de ítem	Descripción del ítem en JD, usado dereferencia para llenar la planilla
[JOBITEM.JPNUM]	[JOBITEM.JPTASK]	[JOBITEM.ITEMNUM]	[JOBITEM.DESCRPTION]
UPPER 15	INTEGER 12	UPPER 30	ALN 120
Requerido=S	Requerido=N	Requerido=S	Requerido=S
PLAN DE TRABAJO	TAREA	ITEM	DESCRIPCION DE ITEM
INSPCRTOS		219686	FUSIBLES
INSPEDRON			NA
INSPCUADS			NA
INTERFORE			NA
INSPEVISUAL			NA
INSPETERMO			NA

Cantidad de material planificado	Código del almacén al cual se solicita el material planificado.	Planta en la que se podrá ver y utilizar la tarea. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las plantas	Organización en la que se podrá ver y utilizar la tarea. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las organizaciones.
[JOBITEM.ITEMQTY]	[JOBITEM.LOCATION]	[JOBITEM.SITEID]	[JOBITEM.ORGID]
DECIMAL 15,2	UPPER 35	UPPER 8	UPPER 8
Requerido=S	Requerido=N	Requerido=N	Requerido=N
CANTIDAD	ALMACEN	PLANTA	ORGANIZACIÓN
9	A101, A141	0533_DE	CENS
		0533_DE	CENS
		0533_DE	CENS
		0533_DE	CENS
		0533_DE	CENS
		0533_DE	CENS

Elaboración propia.

Para nuestro caso en particular, solo tenemos en cuenta la inspección de cortacircuitos, ya que, los disparos de cortacircuitos fusibles son eventos frecuentes en CENS debido a varias razones que más adelante vamos a analizar. De este modo, se hace necesario tener presente que bajo cualquier inspección de cortacircuitos que se realice, es fundamental llevar al menos 9 fusibles para cualquier previsto que se presente o incluso para el cambio en materia de mantenimiento.

2.1.3.5.7. PLAN DE HERRAMIENTAS

Así mismo como los materiales, también es necesario llevar un registro de las herramientas que se utilizan para cada plan de acción en materia. De modo que encontramos diferentes herramientas que son de carácter indispensable para el desarrollo de las tareas, para ello encontramos en los manuales de operación las diferentes herramientas según los protocolos establecidos por la organización.

Tabla 14.

Plan de herramientas

Código del plan de trabajo	Identificador de tarea	Código de Herramienta	Número de horas de uso de la herramienta	Cantidad de herramientas
[JOBITEM.JPNUM]	[JOBITEM.JPTASK]	[JOBITEM.ITEMNUM]	[JOBITEM.HOURS]	[JOBITEM.ITEMQTY]
UPPER 15	INTEGER 12	UPPER 30	DURATION 8	DECIMAL 15.2
Requerido=S	Requerido=N	Requerido=S	Requerido=S	Requerido=S
PLAN DE TRABAJO	TAREA	HERRAMIENTA	HORAS HERRAMIENTA	CANTIDAD DE HERRAMIENTAS
INSPECRTOS		PÉRTIGA	60:00:00	1
		GUANTES AISLADOS		1
		EPP - Elementos de protección personal		1
INSPEDRON		DRON	90:00:00	1
		BINOCUALRES		1
		EPP - Elementos de protección personal		2
INSPECUADS		BINOCUALRES	90:00:00	1
		MACHETE		1
		GPS		1
		CÁMARA		1
		EPP - Elementos de protección personal		4
INTERFORE		MACHETE	150:00:00	6
		MOTOSIERRA		1
		CUERDAS		2
		EPP - Elementos de protección personal		6
INSPEVISUAL		BINOCUALRES	9:00	1
		MACHETE		1
		GPS		1
		CÁMARA		1
		EPP - Elementos de protección personal		2
INSPETERMO		CáMARA TERMOGRÁFICA	9:00:00	1
		TERMOHIDRÓMETRO		1
		EPP - Elementos de protección personal		2

Elaboración propia.

Como podemos observar en la figura, todos estos planes de trabajo que analizamos se componen de elementos de protección respectivos, así como las herramientas que vamos a utilizar en las inspecciones o las intervenciones, también teniendo como base un tiempo de duración previsto que este ligado a el tiempo de duración en plan de mano de obra.

2.1.3.5.8. PLAN DE SERVICIO

Singularmente, definimos que se establecen varios servicios en cuanto a la planeación de cada plan de trabajo, estos son encaminados a únicamente en nuestro caso al medio de transporte que se utiliza para cada una de las prácticas.

Tabla 15.

Plan de servicio

Código del plan de trabajo	Identificador de tarea	Código de ítem de servicio	Descripción del ítem de servicio, ya sea el mismo del Maestro de servicios o descripción abierta
[JOBITEM.JPNUM]	[JOBITEM.JPTASK]	[JOBITEM.ITEMNUM]	[JOBITEM.DESCRPTION]
UPPER 15	INTEGER 12	UPPER 30	ALN 120
Requerido=S	Requerido=N	Requerido=S	Requerido=s
PLAN DE TRABAJO	TAREA	CODIGO ART. DE SERVICIO	DESCRIPCION
INSPECRTOS			MOTO
INSPEDRON			CAMIONETA CONTRATADA
INSPECUADS			CAMIONETA CONTRATADA
INTERFORE			CAMIONETA CONTRATADA
INSPEVISUAL			CAMIONETA CONTRATADA
INSPETERMO			CAMIONETA CONTRATADA

Cantidad de unidades de servicio planificado	Proveedor del servicio	Planta en la que se podrá ver y utilizar la tarea. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las plantas	Organización en la que se podrá ver y utilizar la tarea. En caso de quedar en blanco se podrá ver y utilizar en todas las organizaciones.
[JOBITEM.ITEMQTY]	[JOBITEM.VENDOR]	[JOBITEM.SITEID]	[JOBITEM.ORGID]
DECIMAL 15,2	UPPER 12	UPPER 8	UPPER 8
Requerido=S	Requerido=N	Requerido=N	Requerido=N
CANTIDAD	DISTRIBUIDOR	PLANTA	ORGANIZACIÓN
1		0533DE	CENS
1		0533DE	CENS
1		0533DE	CENS
1		0533DE	CENS
1		0533DE	CENS
1		0533DE	CENS

Elaboración propia.

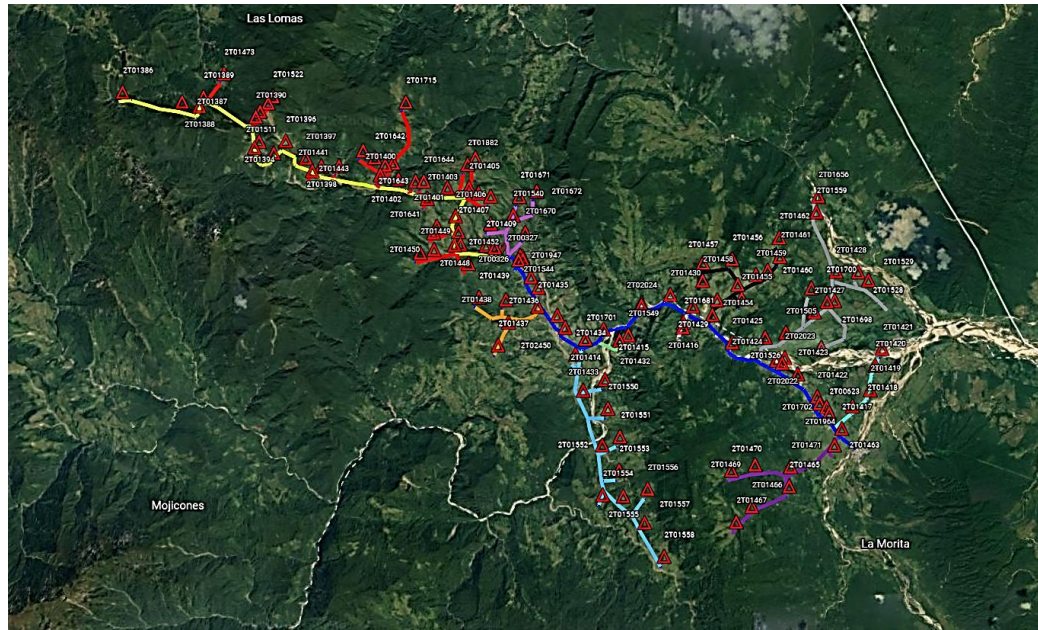
Finalmente, con todos estos datos establecidos y analizados de los diferentes planes, entramos en la etapa final del diseño de un plan de mantenimiento actualizado, entonces ya para finalizar tenemos que describir las rutas trazadas y activos en los que se planea intervenir, así como los cronogramas y costos asociados.

2.1.3.5.9. RUTAS

Partimos analizando las respectivas rutas a las cuales se les va a cubrir un plan de mantenimiento actualizado acorde a su situación, taxonomía y tiempo esperado de ejecución, de modo que la distribución de las rutas es la siguiente:

Figura 10.

Trazamiento de rutas



Tomado de: Google Earth archivo kmz. Elaboración propia.

Como podemos observar en la figura, encontramos con la delimitación de las rutas trazadas con ayuda del personal profesional de mantenimiento de CENS, de modo que resulten rutas eficientes según las características que nos fueron proporcionadas por el Agente Recaudador (AR) que es el personal que conoce a profundidad todas estas rutas y establece los tiempos de ejecución respectivos.

De este modo, se describen a continuación el seguimiento de las rutas más específicamente:

Primera ruta: Color verde – desde subestación Samoré hasta el transformador pasando por el seccionamiento HSW296 y reconector ERC81 hacia el oeste, siguiendo el circuito troncal hasta el transformador 2T01386 vereda Miralindo. [Tiempo estimado 3 días]

Segunda ruta: Color rojo – desde subestación Samoré hasta alto de la virgen pasando por el seccionamiento HSW296 y reconector ERC81 hacia el oeste siguiendo todas las derivaciones del circuito troncal. [Tiempo estimado 5 días]

Tercera ruta: Color azul oscuro – desde subestación Samoré hasta Cubará pasando por seccionamiento HSW296 hacia el este, siguiendo el circuito troncal hasta el seccionador HSW297 entre Gibraltar y Cubará, contando con las respectivas derivaciones HSW13691, MVLS96428, TOSW2975, JESW5098, JESW5099 y JESW5062. [Tiempo estimado 3 días]

Cuarta ruta: Color rosa – derivación desde troncal con seccionamiento HSW210 pasando por vereda Limoncito (parte superior de la ruta azul). [Tiempo estimado 1 días]

Quinta ruta: Color naranja – derivación desde troncal con seccionamiento HSW253 pasando por vereda Uncacias. [Tiempo estimado 2 días]

Sexta Ruta: Color Azul celeste - derivación desde troncal con seccionamiento HSW197 pasando por vereda Troya. [Tiempo estimado 4 días]

Séptima ruta: Color verde oscuro – derivación desde troncal con seccionamiento HSW247 pasando por vereda Carabobo. [Tiempo estimado 2 días]

Octava ruta: Color blanco – derivación desde troncal con seccionamiento TOSW2971 pasando por arranque pozo Ecopetrol (se solicita permiso para ingreso). [Tiempo estimado 1 días]

Novena ruta: Color negro – derivación desde troncal con seccionamiento HSW198 pasando por vereda california. [Tiempo estimado 3 días]

Décima ruta: Color gris – derivación desde troncal con seccionamiento HSW203 pasando por vereda El Porvenir. [Tiempo estimado 4 días]

Onceava ruta: Color menta – derivación desde troncal con seccionamiento HSW201 pasando por vereda La Pista. [Tiempo estimado 1 días]

Doceava ruta: Color morada – derivación desde troncal con seccionamiento HSW202 pasando por vereda Bongota. [Tiempo estimado 2 días]

Se resalta que el trazamiento de estas rutas está de acuerdo al personal interventor en las acciones de mantenimiento respectivas, el conjunto de activos que las conforman y su tiempo estimado de ejecución.

Para realizar el seguimiento de estas rutas, es efectivo realizar una formulación de esta misma y de los activos que la conforman. **Ver anexo 1. RUTAS**

Una vez planteado el anterior seguimiento de las rutas, se prosigue estableciendo la serie de órdenes de trabajo respectivas, junto a su frecuencia de aplicación y a su respectiva fecha de aplicación como tal. **Ver anexo 1. MP**

Para finalizar con el proceso del diseño del plan de mantenimiento actualizado, establecemos los costos asociados para cada una de estas órdenes de trabajo (OT) según los criterios evaluados y las rutas predefinidas, asignándoles sus respectivas unidades interventoras para el proceso y el tipo de trabajo que se espera para cada una de las mismas ordenes de trabajo por ruta y plan de trabajo. **Ver anexo 1. Costos_MP**

Finalmente, este sería nuestro plan de mantenimiento actualizado, donde tenemos establecidas las rutas para la tarea de mantenimiento, el plan de mantenimiento preventivo y los respectivos costos de la operación para cada una de las tareas, así como

la asignación de las respectivas unidades que van a intervenir en el desarrollo de las mismas.

2.1.4. Identificación de zonas con alta criticidad

Para empezar a hablar de un plan de mantenimiento optimizado, es crucial establecer los criterios que evalúan las zonas potencialmente críticas con el propósito de reevaluar la problemática que existe después del prediseño del plan de mantenimiento optimizado. Para este propósito se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

2.1.4.1. Solicitud de insumos para criticidad y análisis de criticidad de nivel 4

A grandes rasgos, es fundamental reunir toda la información preliminar del plan de mantenimiento existente del circuito, sin embargo, los datos que se recopilen deben ser evaluados según los criterios empresariales que existan en el momento de realizar el análisis.

2.1.4.1.1. Análisis de resultados de criticidad

De acuerdo al análisis metodológico de criticidad de nivel 4 vista anteriormente, ahora se hace relevante estudiar los modos de falla que se presentan según los estudios de criticidad de nivel 3, ya que estos son una derivación de los de nivel 4 y son subsecuentes a los respectivos ramales que conforman las agrupaciones de los activos, de manera que se presentan a continuación el análisis de los modos de falla.

2.1.4.1.2. Análisis de modos de falla y análisis de criticidad

Durante el proceso de análisis de los diferentes modos de falla existentes, se tienen presente los tipos de activo que se buscan estudiar. Para ello se diseña un bosquejo de información sobre estos elementos, de manera que determinamos la clasificación del equipo, su tipo, los componentes (que en nuestro caso no aplican) y los respectivos modos de falla que se han presentado a lo largo del histórico de fallas en la empresa. Por lo tanto, los modos de falla para cada uno de estos activos se presentan.

Como podemos observar en la siguiente figura, encontramos que para nuestros activos encontramos diversos modos de falla para cada uno de ellos y con esta información se busca establecer un análisis enfocado a la determinación de un plan de mantenimiento acorde junto a los costos asociados y posibles rutas para el incremento en la eficiencia de las intervenciones.

Tabla 16.

Análisis de modos de falla para los activos

Clase Equipo	MODOS DE FALLA		
	Tipo de Equipo	Componente	Modos de Falla
Transformador de distribución	No aplica	-	Descarga atmosférica
	No aplica	-	Sobrecarga del transformador
	No aplica	-	Puntos calientes
	No aplica	-	Cortocircuito por baja tensión
DPS	No aplica	-	Fisura del elemento
	No aplica	-	Expulsión de válvula sin detección
	No aplica	-	Perdida de aislamiento
Sistema de puesta a tierra	No aplica	-	Dimensionamiento
	No aplica	-	Rotura de la bajante
	No aplica	-	Deterioro de elementos
	No aplica	-	Cambio de resistividad
	No aplica	-	Robo de material
	No aplica	-	Falta de sistema de puesta a tierra
Fusibles	No aplica	-	Quema de fusible
	No aplica	-	Instalación de alambre
Cortocircuito	No aplica	-	Cortocircuito por pérdida de portafusible
	No aplica	-	Fogeo del elemento
	No aplica	-	Apertura de puente por la entrada o salida del elemento
	No aplica	-	Puntos calientes
	No aplica	-	Mal accionamiento mecánico
Poste	No aplica	-	Deterioro de elemento
	No aplica	-	Daño de templetes
	No aplica	-	Accidente de tránsito
	No aplica	-	Problemas de orden público
	No aplica	-	Material energizado
	No aplica	-	Vandalismo
Aisladores	No aplica	-	Perdida de aislamiento por suciedad
	No aplica	-	Dimensionamiento
	No aplica	-	Animales sobre la red
	No aplica	-	Vandalismo
Cruceta	No aplica	-	Deterioro del elemento
	No aplica	-	fisura del elemento
	No aplica	-	Daño del espigo-pin
	No aplica	-	Dimensionamiento
	No aplica	-	Interventoría de diseño
Herrajes	No aplica	-	Deterioro del elemento
Conductor	No aplica	-	Apertura para aislar y reparar daño sobre la línea
	No aplica	-	Vanos extensos
	No aplica	-	Falla en puentes
	No aplica	-	Ramas sobre la red
	No aplica	-	Mala instalación
	No aplica	-	Vandalismo
	No aplica	-	Puntos calientes
	No aplica	-	Cortocircuito por falla en el aislamiento tipo pin
	No aplica	-	Animales sobre la red
	No aplica	-	Interventoría de diseño
Nodo físico			Incumplimiento distancias de seguridad

Elaboración propia.

De aquí es donde se imparte la clasificación de criticidad según el nivel de criticidad que se maneja, en nuestro caso puntual el nivel 4, de manera:

Tabla 17.

Clasificación de criticidad nivel 4 según los modos de falla

ITEM	MODOS DE FALLA	CONSECUENCIA
1	Apertura por línea primaria rota.	ALTA
2	Apertura por rama o árbol sobre la red.	ALTA
3	Apertura por falla en elemento de red.	MEDIA
6	Apertura por fauna sobre la red.	MEDIA
7	Apertura por condiciones atmosféricas	MEDIA

Tomado de Base de datos SINERGIA (CENS, 2021)

2.1.5. Optimizar el plan de mantenimiento

En esta etapa de optimización de nuestro plan de mantenimiento actualizado encontramos el punto de inflexión del proceso. Entonces, de esta manera la implementación de la metodología del PMO será elegida bajo una plantilla designada por la empresa, de modo que nos devuelva estadísticas sobre la eficiencia de la comparativa entre el PMA y si se es pertinente aplicarle un PMO. Con todo esto se busca delimitar la pertinencia de cada una de las tareas que se proponen. A diferencia del PMA, el PMO busca puntualmente la mejora de las frecuencias en las tareas respectivas y los tiempos de los planes actuales teniendo en cuenta los costos asociados junto con los modos de falla preestablecidos.

Posteriormente se analiza el DNA empresarial (Registro de cantidad de energía no distribuida por un periodo de tiempo) del circuito SAMSAMORE para establecer y esclarecer las diferentes costos de pérdida por paradas del servicio, concepto que se tiene en cuenta para enmarcar una visión detallada y global de nuestro plan de mantenimiento actualizado, es aquí, donde se hace énfasis que la optimización del PMA se apoya en el desarrollo de la metodología de activos lineales lo que nos hace tener en cuenta solo los activos potencialmente fundamentales del circuito, como lo son los transformadores.

2.1.5.1. Descripción de taxonomía en plantilla PMO

Para nuestro caso puntual, la descripción taxonómica no se realiza a nivel empresarial, ya que, en nuestro trazamiento de rutas tenemos diferentes grupos de activos que están de forma estratégicamente ubicados en secciones específicas para un análisis mucho más detallado y con menos nodos ramales. Como podemos ver inicialmente, se trataban 20 nodos que maneja la empresa a nivel taxonómico, sin embargo, con nuestro trazamiento de rutas, podemos establecer 12 nodos de derivaciones del circuito, son 8 nodos menos, lo cual nos otorga una ventaja geoestratégica para las tareas que se buscan realizar en el plan de mantenimiento optimizado.

2.1.5.2. Identificación de costos del circuito por planes de mantenimiento

Los costos del plan de mantenimiento estipulado están dados por diversos tipos de costos, los cuales son:

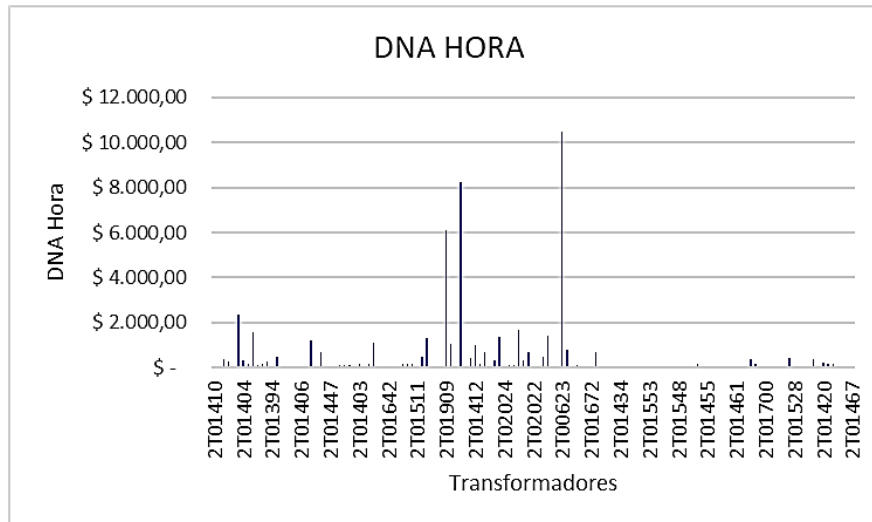
2.1.5.1.1. Costo por alimentador

Inicialmente se realiza un análisis de costos enfocado al alimentador SAMSAMORE por energía que no fue efectivamente suministrada y que se encuentra ligado a al consumo

del ramal y la falla lo que se representa por cada transformador aplicado en el alimentador total de SAMSAMORE, visto de una manera mucho más gráfica:

Figura 11.

Costos DNA (Registro de cantidad de energía no distribuida por un periodo de tiempo) deHora por transformador del circuito SAMSAMORE



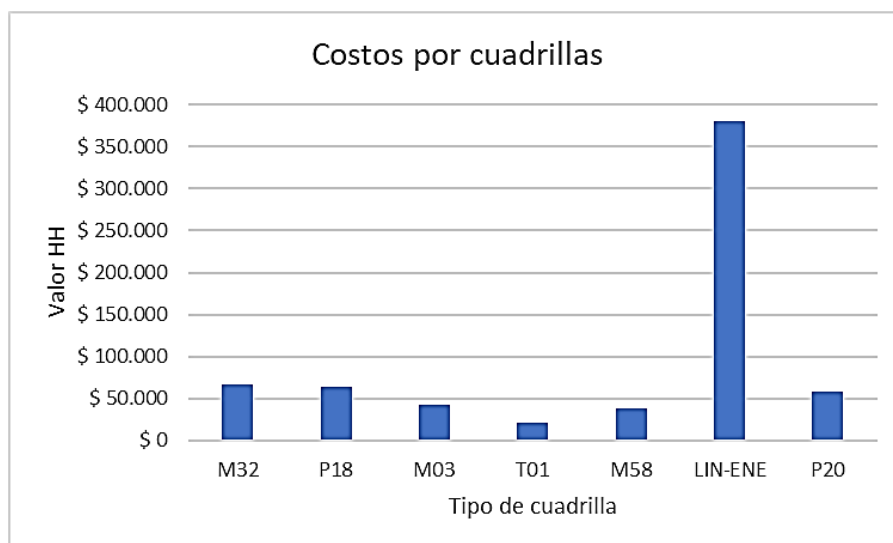
Elaboración propia.

2.1.5.1.2. Costos por cuadrilla

En el siguiente grafico se muestran los respectivos costos por cuadrillas interventoras en las diferentes tareas asignadas:

Figura 12.

Costos de valor HH por tipo de cuadrilla SAMSAMORE



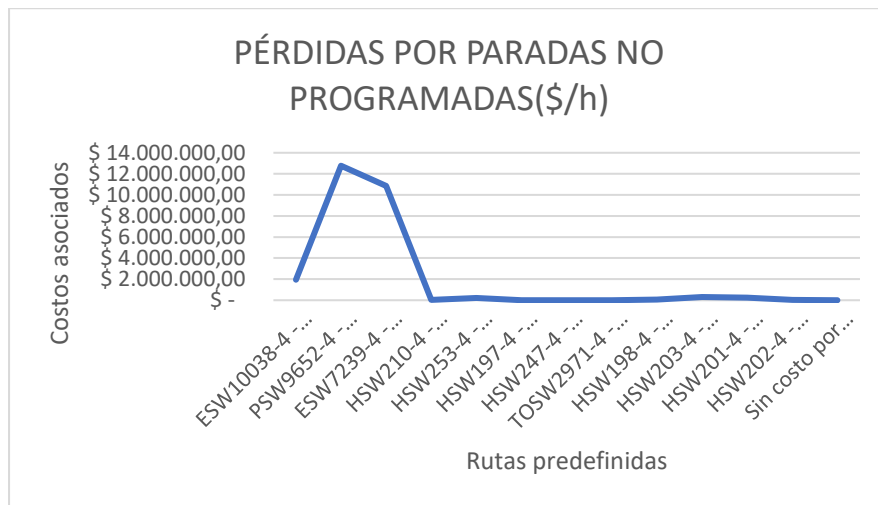
Elaboración propia

2.1.5.1.3. Perdidas por paradas no programadas

Se hace relevante de igual manera establecer las perdidas por paradas no programadas que son valores establecidos en el DNA empresarial (Registro de cantidad de energía no distribuida por un periodo de tiempo) del circuito SAMSAMORE y nos indican paradas por causas de fallas presentes tanto en circuito troncal como ramales.

Figura 13.

Perdidas asociadas por paradas no programadas por ruta predefinida SAMSAMORE



Elaboración propia.

2.1.5.3. Estructura del plan de mantenimiento actual

Para ver de mejor manera el plan de mantenimiento actual estipulado, nos podemos dirigir al anexo 2, PMO SAMSAMORE en el apartado de PMA. Aquí podemos encontrar el tipo de mantenimiento estipulado para cada una de las rutas trazadas y se establecen los tipos de tarea correspondientes aplicables al ramal seleccionado.

Tabla 18.

Estructura PMA

PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL (PMA)													
Origen Tarea PMA	Detalle Origen PMA	Tarea PMA	Detalle Tarea PMA	Estimación PMA	Estado equipo para la tarea PMA	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)	Costo PMA (\$/h)
BRISAM	Plan de trabajo cargado en el EMI para mantenimiento preventivo.	Inspección con DRON	Se planifican los puntos a inspeccionar según la ubicación del sitio donde se realiza el mantenimiento preventivo. Se hace un levantamiento de la zona y se realiza la inspección de los equipos de alta tensión (transformadores, exchadores, etc.). Se elabora el informe de la inspección y se entrega al jefe de mantenimiento para su análisis.	Inspección	En línea	360.0	12.0	9.00	5.00	Personal Interno	TOD - Tecnología de Inspección	2	18.0
BRISAM	Plan de trabajo cargado en el EMI para mantenimiento preventivo.	Inspección visual de cuadrilla	Se verifica los riesgos presentes en la zona, se realiza la inspección visual de los equipos (transformadores, exchadores, etc.). Se elabora el informe de la inspección y se entrega al jefe de mantenimiento para su análisis.	Inspección	En línea	360.0	12.0	38.00	38.00	Personal Interno	MIR - Cuadrilla de mantenimiento correctivo y preventivo.	4	72.0
BRISAM	Plan de trabajo cargado en el EMI para mantenimiento preventivo.	Intervención forestal	Se realiza la socialización con los usuarios de los árboles que se van a intervenir, se elabora el plan de trabajo para la autorización de los trabajos, se diligencian los documentos de APT y se elabora el plan de trabajo de poda y corte de ramas en las estructuras de intervención, se elabora el acta de registro de información y se indica al jefe de consignar la finalización y retiro de personal.	Monitoreo de Condición	Fuera de línea	180.0	6.0	38.00	38.00	Personal Interno	TOD - Operación de poda (4 intervenciones)	4	144.0

Elaboración propia.

Es de gran índole resaltar que el plan de mantenimiento actual establecido va a ser el mismo para cada una de las rutas, ya que no existe discrepancia entra las metodologías optimas aplicadas para estas rutas trazadas, ya que, en concordancia con el personal de mantenimiento de la organización y con el personal de aprobación de los planes de mantenimiento, se llegó a la conclusión de que estos tres tipos de tarea son los más pertinentes para las rutas en general, ya que, debido a la complicitad de la zona y la dificultad del acceso a algunas partes de los circuitos ramales, se hace efectiva estas tres tareas para todos los circuitos asociados.

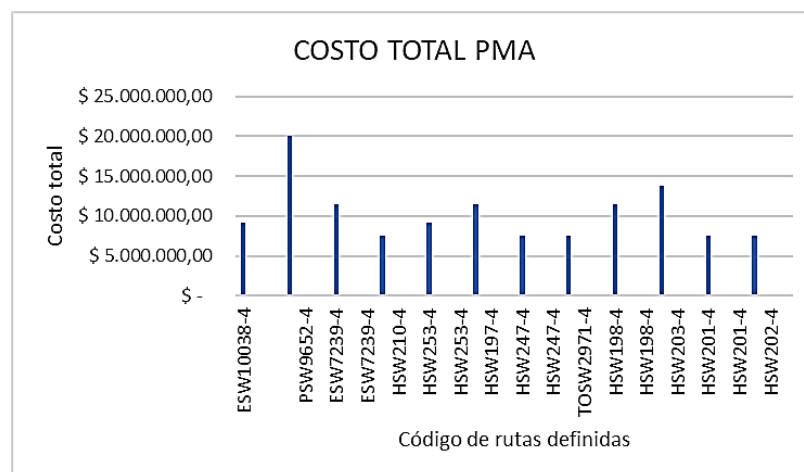
De este modo, se detalla cada una de las tareas respectivamente según los datos del EAM preestablecidos en los puntos anteriores.

2.1.5.3.1. Costos del PMA

Igualmente se establecen los respectivos costos asociados para este PMA para la ejecución de las actividades definidas para cada uno de estos circuitos ramales y troncal, de manera en que nos basamos en el formato de PMO organizacional.

Figura 14.

Costos de PMA



Elaboración propia.

Se destaca que en la figura tenemos un costo total asociado con las tres tareas de mantenimiento establecidas para el circuito, contando también con las respectivas premisas según el tipo de interventores de las tareas y los costos de la ejecución de pérdidas de las paradas no programadas para cada una de las rutas establecidas en el PMA.

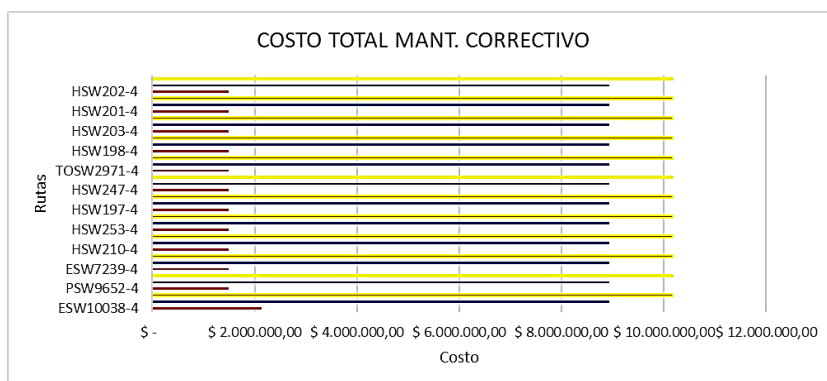
2.1.5.3.2. Estructura del plan de mantenimiento correctivo

Antes de empezar a hablar sobre la metodología del PMO como tal, establecemos un mantenimiento correctivo realizando un análisis a las posibles causas de modo de fallo que puedan ser presentadas al no realizar las tareas de mantenimiento descritas para cada uno de los ramales establecidos en el plan de mantenimiento actualizado.

Como podemos observar en la siguiente figura, se presentan los costos asociados para cada una de las rutas según su tarea correctiva pertinente. De color amarillo tenemos los costos asociados de mantenimiento correctivo a causas retribuidas al no uso de inspección con dron, de color azul a la inspección visual de cuadrillas y de color rojo a la intervención de podas.

Figura 15.

Costos mantenimiento correctivo



Elaboración propia.

De este modo a continuación se detallan aún más este orden de tareas:

Tabla 19.

Mantenimiento correctivo para modos de fallo

Mantenimiento correctivo					
Cuenta MFs	Modo Falla Relevante	Tipo de Falla	Efectos Principales	Actividad Correctiva	Consecuencia
0	Deterioro de elemento	Evidente	Salida del circuito. Rotura de línea. Falla en protecciones. Transformadores en fallo. Quema de fusibles. Pérdida fatal.	Reporte de fallos y cambio de elementos dañados que puedan ocasionar nuevamente fallos en la red de distribución	Operacional
0	Deterioro del elemento	Evidente	Salida del circuito. Rotura de línea. Falla en protecciones. Transformadores en fallo. Quema de fusibles. Pérdida fatal.	Reporte de fallos y cambio de elementos dañados que puedan ocasionar nuevamente fallos en la red de distribución	Operacional
0	Ramas sobre la red	Evidente	Salida del circuito. Rotura de línea. Falla en protecciones. Impacto indicadores calidad de la energía Transformadores en fallo. Quema de fusibles.	Reporte de fallos y se pone en marcha el proceso para la realización de las podas	Operacional

Tomado de Base de datos SINERGIA (CENS). Elaboración propia.

2.1.5.4. Optimización del plan de mantenimiento actual

Una vez estructurado nuestros modelos de operación y las labores de mantenimiento correctivo apropiadas para los modos de falla, debemos definir una optimización del PMA que acarree grandes beneficios para la empresa como para la calidad de su servicio.

Un ejemplo claro de este concepto aplicado a nuestro modelo es que inicialmente se establecieron diferentes cuadrillas para las rutas predefinidas, no obstante hay algunas que pueden ser mínimamente modificadas o reestructuradas dependiendo de la ruta que exista ya si es de fácil acceso o de difícil acceso, para una ruta de fácil acceso no es conveniente enviar toda una cuadrilla de 4 o 5 personas para una inspección visual, ya que una sola persona que conozca muy bien su función, podría desempeñarla y esto a su vez acarrea menos costos para la empresa y una mayor eficiencia en el proceso, en este orden de ideas también se tiene presente que las horas de duración de la tarea van a disminuir, y su frecuencia de inspección va a ser un tanto más prolongada. Esto en términos de costos para la empresa representa un superávit y fácilmente es aceptada bajo una dirección de variables definidas que cumplan con los objetivos de las intervenciones.

Esquematizando de manera más esta optimización partimos de la premisa de los costos que resultan de cada tarea de mantenimiento para una de las rutas estipuladas tenemos

Tabla 20.

Tareas y variables PMA

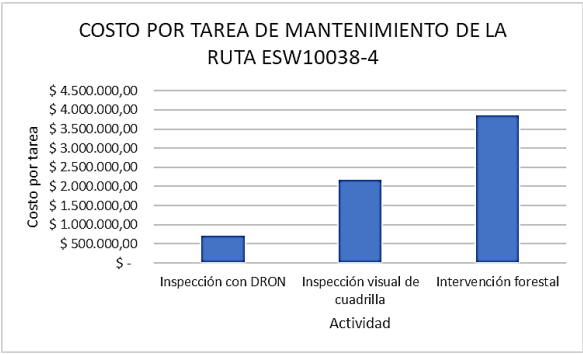
Cod. Activo	Tarea PMA	Intervalo (Días) PMA	Intervalo (Meses) PMA	Duración Tarea PMA (Hh:mm:ss)	HH PMA Totales (Año)	Especialidad PMA	No Personas PMA	Costo Mano de Obra PMA	Costo Logístico PMA
ESW10038-4	Inspección con DRON	180,0	6,0	9:00	40,56	T01 - Tecnólogo de inspección	2	\$ 413.960	\$ 300.194
	Inspección visual de cuadrilla	180,0	6,0	18:00	154,11	M58 - Cuadrilla de mantenimiento correctivo y preventivo.	4	\$ 2.881.388	\$ 570.368
	Intervención forestal	90,0	3,0	18:00	308,22	P20 - Ejecución de podas (4 interventores)	4	\$ 4.389.829	\$ 570.368

Tomado de Base de datos SINERGIA (CENS). Elaboración propia.

Y su respectiva gráfica de costos

Figura 16.

Costo de cada tarea para la ruta ESW10038-4 SAMSAMORE del PMA



Elaboración propia.

Ahora bien, partiendo de estas premisas, se modela un plan de mantenimiento con ayuda de los profesionales que integran el equipo de mantenimiento de la empresa, de modo que el nuevo modelo de información se da de la siguiente manera:

Tabla 21.

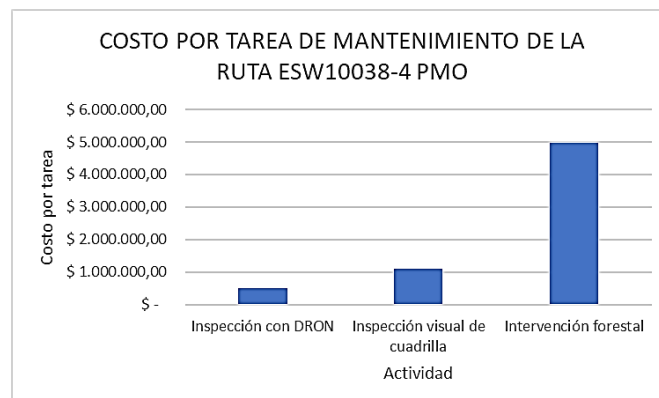
Tareas y variables PMO

Cod. Activo	Tarea PMO	Intervalo (Días) PMO	Intervalo (Meses) PMO	Duración Tarea PMO (hh:mm:ss)	Hh PMO Totales (Año)	Especialidad PMO	No Personas PMO	Costo Mano de Obra PMO	Costo Logístico PMO
ESW10038-4	Inspección con DRON	360,0	12,0	9:00	9,13	T01 - Tecnólogo de inspección	1,0	\$ 201.806	\$ 292.689
	Inspección visual de cuadrilla	360,0	12,0	9:00	18,25	M58 - Cuadrilla de mantenimiento correctivo y preventivo.	2,0	\$ 796.173	\$ 315.203
	Intervención forestal	180,0	6,0	18:00	146,00	P20 - Ejecución de podas (4 interventores)	4,0	\$ 4.389.829	\$ 570.368

Tomado de Base de datos SINERGIA (CENS). Elaboración propia.

Figura 17.

Costo de cada tarea para la ruta ESW10038-4 SAMSAMORE del PMO



Elaboración propia.

Con respecto a las figuras, en esta última tabla se presenta de color amarillo los diferentes cambios y modificaciones a algunas variables propias de el plan de mantenimiento de acuerdo a la trazabilidad de las rutas y la eficiencia de la operación, todo esto con ayuda del personal de mantenimiento respectivo. Todo esto para términos de un año.

Como podemos observar en las dos graficas de datos, encontramos una clara disminución de costos en las tareas de PMO debido a que se realiza un rediseño a la tarea de mantenimiento en perspectiva única de enfoque hacia la ruta predefinida, no abarcando un nivel general sino siendo más objetivo.

Es importante definir que para la intervención forestal no se encuentra una disminución de costo como tal asociado, debido a que es un valor permanente, solo que cambia su

frecuencia de aplicación y esto acarrea a largo plazo una disminución más gradual de los costos.

2.2. Descripción de las herramientas conceptuales y metodológicas utilizadas en la práctica empresarial.

La metodología aplicada en el trabajo se plantea de manera en que se tiene en cuenta el seguimiento de respectivas estrategias de trabajo con respecto a actividades coordinadas para obtener un valor esperado a partir de la gestión de activos, en consecuencia, de una serie denominada como el ciclo de vida del activo. Dicho ciclo no es más que el resultado de un análisis a las tareas de mantenimiento que son las más comúnmente usadas en el entorno empresarial: correctivas, preventivas, a condición y predictivas, donde la última es la que se centra en la gestión de activos y es la promotora de ciclo de vida del activo.

2.2.1. Gestión de activos

El ciclo de vida del activo se descompone en 8 ítems característicos de la metodología, los cuales son: planeación – diseño – compras – almacenes – construcción – operación – mantenimiento – disposición final. Donde el enfoque central se le hace en el ítem de mantenimiento, este ítem contiene a su vez una derivación de subtemas que abarcan diferentes metodologías de mantenimiento, para nuestro caso es el PMO. Pero primero se hace relevante tener un contexto operacional en la estrategia de optimización para la gestión de los activos.

Figura 18.

Ciclo de vida del activo



Tomado de Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

2.2.2. Normatividad y análisis empresarial

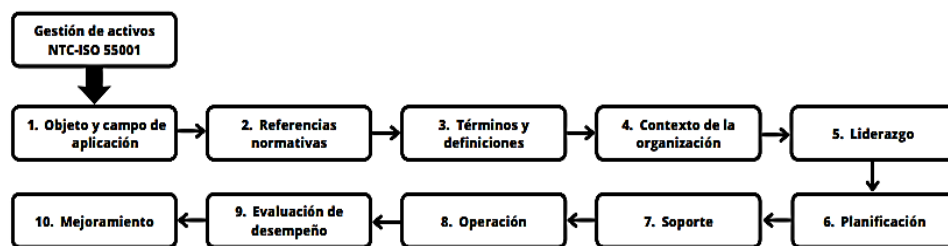
En el 2014 se publica la norma ISO 55000, la cual es la promotora de tres documentos que hasta el año 2015 en ICONTEC adopta la norma NTC – ISO 55000, NTC-ISO 55001 y NTC-ISO 55002 como norma establecida para la gestión de los activos organizacionales. Como resultados de estas normas, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) pone a su disposición la implementación de dichas normas donde establecen que, el Operador de Red debe incluir en el plan de inversión los activos de carácter necesarios para la implementación y certificación de un evidente sistema de gestión de activos acorde con la norma de la NTC-ISO 55001 como práctica en un plazo de cinco años contados a partir de la entrada en vigencia de la presente

resolución que se estipula. En el cual se establece una condicional de los activos de uso en niveles de tensión 3 y 4 podrán tener una remuneración adicional una vez cumplida su vida útil operacional.

En la norma NTC-ISO 55001 podemos encontrar una diversidad de condicionales y puntos estratégicos para la regulación y aprobación de requisitos en la norma de gestión de activos:

Figura 19.

Contexto operacional de gestión de activos

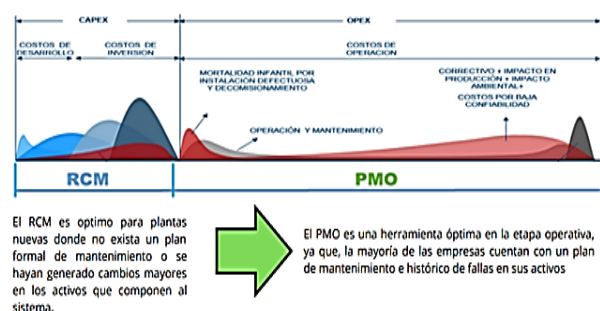


Elaboración propia.

De acuerdo al análisis de estas normas, la empresa CENS maneja su propia política en estos términos de gestión de activos durante todo su ciclo de vida, con criterios basados principalmente en los criterios de optimización del desempeño y el costo, administrando los índices de riesgo, considerando de igual manera a la naturaleza, escala, contexto y operaciones de sus negocios que establece, y teniendo en cuenta sobre todo la seguridad de todas las personas involucradas, cumpliendo así con la normatividad vigente en busca de la contribución a la sostenibilidad y desarrollo de la estrategia del grupo EPM.

Figura 20.

Inversión y operación PMO frente a RCM



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Una vez realizado este análisis del estudio de conceptos preliminares, el PMO se basa en el punto 6. Planificación, donde la organización debe centralizar actividades programáticas para lograr los objetivos de la gestión de activos, donde entran en discusión los diferentes tipos de

actividades de carácter regulatorio como lo son: El manejo del cambio, el análisis de fallas, la criticidad de los activos, la salud de los activos y en el que nos centramos el PMO.

2.2.3. Estructuración PMO y cumplimiento norma ISO 55001 – Numeral 6.1

El diseño eficaz para estructurar un excelente PMO (Plan de mantenimiento optimizado) tiene la particularidad de ser un proceso realmente metódico, donde se siguen una serie de avances que nos permiten progresar a medida en que vamos haciendo una anidación de información preliminar existente. Este concepto en concreto se edifica en el planteamiento de diversas cuestiones, como analizar el método y criterios para tomar decisiones y priorizar paulatinamente las actividades a realizar, ¿Qué hacer?, ¿Qué recursos se requieren?, ¿Quién será el responsable?, ¿Cuándo se espera que finalizará el proceso?, ¿Cómo se evaluarán los resultados?, entre otras. Este enfoque de objetivos-planes-riesgos conforman la estructura principal del PMO, el cual se espera que refuerce la gestión de activos que traduce los objetivos de la organización en decisiones, planes y actividades, utilizando una perspectiva efectiva y flexible para analizar las instalaciones que ya cuentan con un mantenimiento como en nuestro caso de estudio, donde conocemos las características de falla de todos los activos que participan en el mismo.

2.2.4. Metodología para el diseño de un plan de mantenimiento actualizado y posterior PMO

Para desarrollar un plan de mantenimiento optimizado en un circuito es necesario plantear y establecer un plan de mantenimiento independientemente si existe o no uno establecido, este plan de mantenimiento recibe el nombre de: plan de mantenimiento actualizado, ya que, este tipo de planes son cada vez más completos y abarcan nuevas tendencias en la gestión de datos. De este modo, damos inicio al cumplimiento de los objetivos destinados por el estándar organizacional.

2.2.5. Identificar circuitos para plan piloto

Para dar inicio al diseño preliminar de un plan de mantenimiento actualizado PMA, se debe identificar el circuito en el cual vamos a realizar la gestión de este plan. Esto con el fin de entender y saber por qué es necesario realizar las respectivas intervenciones que se piensa impartir.

2.2.5.1 Revisar los circuitos críticos de la regional – CRITICIDAD NIVEL 3

La criticidad en un circuito de esta índole se basa en realizar un análisis a profundidad de los riesgos asociados para cada uno de los activos que conforman el sistema, de manera que, entre mayor sea el riesgo del proceso que se produce por la actividad, mayor será la criticidad de este.

La metodología de criticidad en CENS para los circuitos se fundamenta bajo su política respectiva de la gestión de activos establece criterios de optimización del desempeño y también de los costos asociados para la resolución de los problemas presentes, teniendo en cuenta la seguridad de los individuos, los sistemas involucrados y el cuidado del medio ambiente, centrado en el cumplimiento de las normatividades que rigen el negocio con una mejora continua, de ahí la resolución de los planes de mantenimiento.

Figura 21.

Factores de los niveles de criticidad

CONSECUENCIA

Se refiere al resultado, positivo o negativo del suceso / evento

		MINIMA	MEJOR	MODERADA	MAYOR	MÁXIMA
		1	2	4	8	16
MUY ALTA	Seguro	5	10	20	40	80
ALTA	Probable	4	8	16	32	64
MEDIA	50/50	3	6	12	24	48
BAJA	Improbable	2	4	8	16	32
MUY BAJA	Imposible	1	2	4	8	16

PROBABILIDAD

Se refiere a la mayor o menor posibilidad de que ocurra un suceso / evento

Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Con la información de la anterior tabla, se deduce que el nivel de criticidad existente en un sistema está dado por una ecuación matemática de nivel de riesgo.

$$\text{Nivel de riesgo} = \text{Consecuencia de falla} * \text{Probabilidad de que la falla se materialice}$$

(1). Cálculo de los niveles de riesgo para la criticidad de activos

Bajo este producto podemos diagnosticar la criticidad de los activos presentes y establecer su categoría mediante el rango de eventos establecidos.

Figura 22.

Niveles de criticidad

NIVEL DE RIESGO		CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS	
Producto entre la probabilidad de falla del activo por la consecuencia que genera la falla.		MUY ALTA	32 a 80
Probabilidad de falla: 3		ALTA	16 a 24
Consecuencia de falla: 2		MEDIA	5 a 12
Nivel de criticidad: 6		BAJA	1 a 4
		NIVEL DE CRITICIDAD	

Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Para la determinación de los criterios que se tienen para la evaluación de los objetos de impacto se establecen mediante valores cuantitativos regidos por una serie de características impuestas por diversas normativas.

En el apartado de probabilidad se estipulan los fenómenos que pueden causar interrupciones en el servicio de la prestación de energía eléctrica, estos eventos son los

menos deseados por la organización frente a los entes reguladores de energía eléctrica en el país.

Figura 23.

Variable de probabilidad

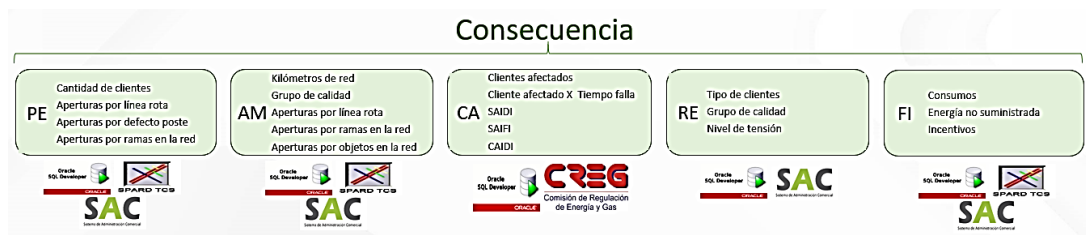


Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Frente a las posibles consecuencias, la normativa de CENS se enfoca fundamentalmente en el cumplimiento con el SAIDI y el SAIFI, índices que no deben superar cierto límite para evitar penalizaciones establecidas por la comisión de regulación de energía y gases CREG, sin mencionar que la organización tendría un déficit en su reconocimiento frente a la confiabilidad del servicio para criterios definidos en los niveles de tensión 13.8 y 34.5 kV.

Figura 24.

Variable de criticidad



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

2.2.5.2. Seleccionar el circuito para la aplicación del plan de trabajo

El circuito que se piensa seleccionar para la aplicación de los planes de trabajo, debe cumplir con ciertas características como lo son: su criticidad, extensión, número de usuarios, el número de activos existentes y la gestión actual frente a los modos de falla. Esto con el fin de cumplir con los indicadores establecidos por los diferentes entes reguladores de energía en la nación.

2.2.5.3. Mapeo de eventos del circuito seleccionado

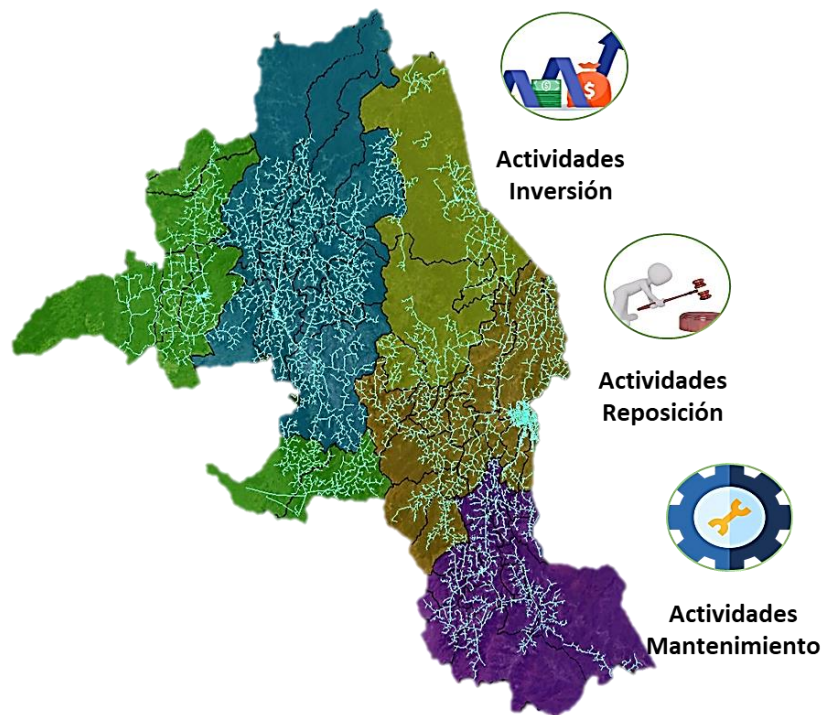
En cuanto al mapeo de eventos se refiere, se realiza un estudio sobre cómo se comporta el circuito caso de estudio, es decir, los tipos de falla que se han presentado, su frecuencia y como se han desarrollado a lo largo de los meses, de manera que nos dé un enfoque general de lo que pasa y proponer el desarrollo de actividades de mantenimiento respectivas.

2.2.5. Definir circuitos ramales y troncales

La definición de los circuitos ramales y troncales nos proporciona el establecimiento de un punto de vista macro geográfico al cual se le da alta relevancia para el estudio de metodologías asociadas a actividades de inversión, actividades de reposición y actividades de mantenimiento.

Figura 25.

Área de influencia de CENS



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

El control y la administración eficaces de los activos por parte de las organizaciones, toman un papel fundamental para alcanzar un superávit a través de la gestión de los riesgos, un análisis en detalle en términos de la geolocalización de los mismos y las oportunidades a fin de alcanzar el equilibrio que se desea entre los diferentes factores de costo, riesgo y desempeño.

2.2.5.1. Solicitud de información al EAM (anteriormente SPARD)

Últimamente se ha hecho gran hincapié a la implementación de diversos softwares para el análisis de sistemas eléctricos, ya que estos son una herramienta que nos permiten detallar fenómenos reales a través de sistemas computacionales que gestionan la

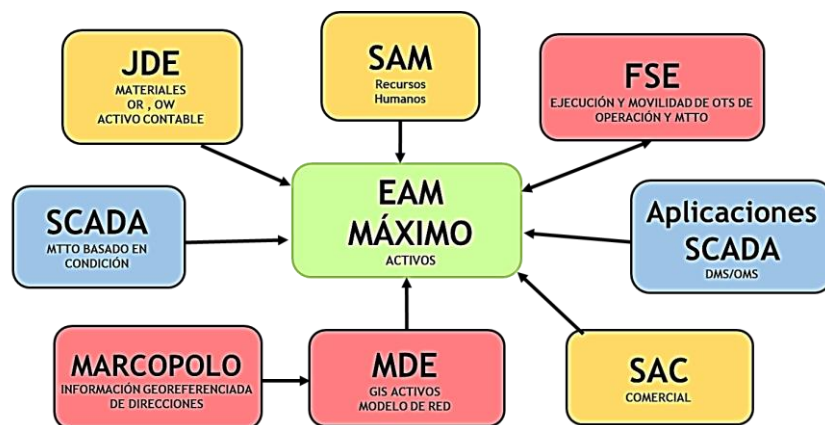
información recaudada de las redes con el propósito de administrar y analizar la información puntual con el objetivo de tener una gran versatilidad en términos de eficiencia en la operación, el mantenimiento y la inversión para activos y brindar un servicio confiable.

CENS establece este software de análisis como el SPARD, este software además de analizar los sistemas de distribución, visualiza los elementos activos de la red eléctrica y elementos gestionables de una base de datos asociada, igualmente clasifica estos elementos a través de mapeos didácticos que crea el usuario. Sin embargo, esta metodología ha quedado en el pasado, actualmente la organización utiliza la implementación del EAM-MAXIMO que es el sistema de información para la gestión de activos

Este EAM-MAXIMO tiene como objetivo disponer de información relevante para la toma de decisiones en el ciclo de vida de los activos para la realización de mejores prácticas en general, una herramienta muy completa.

Figura 26.

Jerarquización del EAM



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Las ventajas para las mejores prácticas por el EAM son:

- ✓ Fortalecer la planeación y maximizar la productividad en campo
- ✓ Estimar de los recursos y solicitar los materiales que se requieren para atender la OT
- ✓ Unificar el proceso de activos y actualizar la información
- ✓ Administrar la vida útil de los activos
- ✓ Identificar las desviaciones de lo planeado vs lo ejecutado
- ✓ Hacer cumplir los requisitos de Información de Activos (Numeral 7.5 de la Norma ISO 55.001)
- ✓ Gestionar los permisos operativos y actividades del activo soportadas y correctamente documentadas

2.2.5.2. Aplicación taxonómica nivel 4

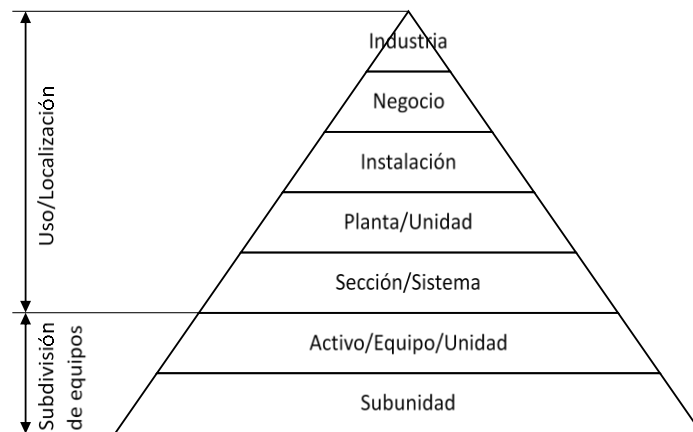
En CENS el manejo de la taxonomía de sus circuitos busca el correcto diseño de la gestión de su información de los activos presentes, mejorando aspectos tales como su estructura organizacional, atributos, toma de decisiones y cumplimiento de objetivos.

Para ello se establece una política de gestión de activos en el ciclo de vida de cada uno de estos, con criterios basados en optimización y costos, sin dejar de lado el cumplimiento con la normatividad vigente y sostenibilidad empresarial.

El modelo que establece la empresa para el seguimiento de este ítem está relacionado con la guía GUI 306 GIA 021 de su base de políticas empresariales. Donde encontramos una guía de jerarquización predefinida de los activos centralizados, según por su ubicación o localización.

Figura 27.

Jerarquía de activos centralizados



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Dicho modelo, está estructurado por niveles, de tal modo que están ligados unos a otros mediante un modelado de UBICACIONES – ACTIVOS, partiendo de un orden que va de manera:

Nivel 1 – Industria – Empresa general

Nivel 2 – Negocio – Alcance del sistema de gestión de activos

Nivel 3 – Instalación – Primer agrupador

Nivel 4 – Planta/Unidad – Segundo agrupador

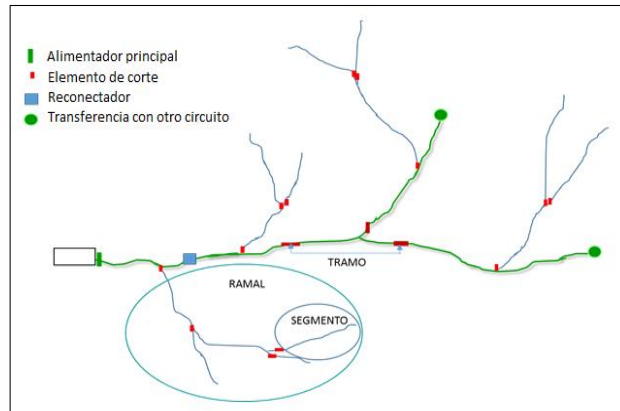
Nivel 5 – Sección/Sistema – Tercer agrupador

Nivel 6 – Equipo/Unidad/Subunidad – Activos

Para una mejor ejemplificación, se establece un bosquejo de la siguiente manera:

Figura 28.

Estructura geográfica de taxonomía



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Como se observa en la anterior figura, el alimentador principal es el que inicia desde la celda principal de la subestación y termina en el elemento de corte de transferencia, que eventualmente comunica con otro circuito. Como segundo criterio en caso de que no exista un elemento de transferencia, el circuito troncal inicia respectivamente desde la subestación hasta el próximo elemento de corte que va después del reconectador.

En perspectiva da lugar a una esquematización de diagrama de bloques según el conjunto y jerarquía de este análisis, de manera que el escalafón de toda esta gestión va metódicamente asociado al nivel de agrupación.

2.2.5.3. Socialización del resultado

La evaluación de la metodología debe ser inspeccionada y reevaluada por los diferentes interventores del equipo de trabajo para establecer un marco conceptual de la información centralizada hasta el punto del trabajo y se requiere de esta manera la aceptación del personal objeto de valoración.

CENS estipula un equipo de trabajo estándar conformado por diferentes profesionales y tecnólogos especialistas en el tema, esto esta ordenado por los participantes y una cantidad de participaciones por parte de los mismos. Conformados de la siguiente manera:

- Profesional P2: Distribución – Regional

Es el encargado de establecer la coordinación y administración en el seguimiento de las actividades que se asocian a procesos de mantenimiento del SDR (sistema de distribución eléctrica regional), el correcto desempeño de funcionamiento en la empresa y el desarrollo de proyectos en la infraestructura de transmisión y distribución ofreciendo calidad, confiabilidad y seguridad en la prestación del servicio eléctrico, cumpliendo con la normativa y los objetivos empresariales.

- Profesional P1: Mantenimiento de redes – Análisis, inspección y diagnostico

Es el profesional encargado de llevar a cabo las actividades que tienen que ver con el análisis, inspección, diagnóstico y planeación de los mantenimientos del sistema de distribución eléctrica, teniendo como objetivo el cumplimiento en las normativas de los entes reguladores y la correcta contribución en los servicios de energía eléctrica basados en calidad, confiabilidad y seguridad.

- Profesional P1: Mantenimiento de redes – Gestión de requerimientos

Este profesional direcciona y ejecuta las actividades relacionadas a la atención de los usuarios, asociados igualmente al mantenimiento del sistema de distribución eléctrica y teniendo como objetivo el cumplimiento en las normativas de los entes reguladores y la correcta contribución en los servicios de energía eléctrica basados en calidad, confiabilidad y seguridad.

- Profesional P1: Mantenimiento de redes – Programación

Es el responsable de llevar a cabo el sistema de programación para la ejecución de tareas de mantenimiento en cuanto a la optimización de tiempo y recursos organizacionales, y tiene como objetivo el cumplimiento en las normativas de los entes reguladores y la correcta contribución en los servicios de energía eléctrica basados en calidad, confiabilidad y seguridad.

- Profesional P1: Mantenimiento de redes – Verificación

Es el profesional gestor de la realización de actividades relacionadas con la verificación y ejecución del respectivo mantenimiento del sistema de distribución eléctrica y tiene como objetivo el cumplimiento en las normas de los entes reguladores y la correcta contribución en los servicios de energía eléctrica basados en calidad, confiabilidad y seguridad.

- Tecnólogo de mantenimiento de redes – Ejecución

Es la persona encargada de realizar las actividades interventoras de ejecución que se asocian con la orientación operativa del mantenimiento del sistema de distribución eléctrica, aplicando toda la metodología empresarial con el fin de verificar que se cumplan todas las normativas de los entes reguladores y la correcta contribución en los servicios de energía eléctrica basados en calidad, confiabilidad y seguridad, sin dejar de lado a la optimización de los procesos en calidad de su función empresarial.

- Agente recaudador (AR)

Es el individuo que se encarga de desarrollar las actividades correspondientes a la rama de procesamiento en el mantenimiento del sistema de transmisión y distribución, desarrollo de infraestructuras de los mismos, reducción e inspección en pérdidas de energía, la venta de productos, la afiliación de clientes, el cumplimiento de las normativas y disposiciones tanto internas como externas y los requerimientos de los usuarios teniendo presente la estrategia empresarial del

macro grupo EPM, con el fin de verificar que se cumplan todas las normativas de los entes reguladores y la correcta contribución en los servicios de energía eléctrica basados en calidad, confiabilidad y seguridad.

2.2.6. Establecer un plan de mantenimiento actual

Resulta imperativo anidar toda la información recopilada ya que esto nos permite desarrollar un plan de mantenimiento acorde a todas las funciones que se han estudiado. No obstante, este será un plan de mantenimiento actualizado donde podamos describir el modo de operación en términos de gestión de activos y personal interventor.

2.2.6.1. Identificación de actividades rutinarias del circuito

Esta cuestión requiere analizar la designación detallada de cada una de las actividades de origen rutinario que son aplicables a los circuitos, a fin de obtener un veredicto de saber cuáles actividades son las más oportunas para mejorar la eficiencia en el mantenimiento del circuito y sus características como la frecuencia de aplicación, el cubrimiento de sus rutas, los tipos de plan de trabajo e incluso la prioridad que representa la tarea.

2.2.6.2. El diseño de un cronograma de actividades

Es necesario desarrollar la programación de una agenda adecuada para realizar y concretar cada una de las tareas de mantenimiento designada en el anterior ítem para realizar las implementaciones apoyándonos con una fecha variable basada en la fecha en que se completa la última orden de trabajo (OT).

2.2.6.3. La asignación de actividades al circuito

En el prediseño se definen trabajos para el plan de mantenimiento dirigido al circuito caso que se estudie que se encamine al diseño de un plan de mantenimiento optimizado donde dichas actividades sean de carácter relevante, ya que, esto va a determinar los diferentes costos que suponen para una organización, esto va de la mano con el análisis funcional de cada activo donde diagnostiquemos las tareas potenciales para prevenir las fallas.

2.2.6.4. La formalización de un plan de mantenimiento optimizado

En la etapa final para el plan de mantenimiento optimizado se establece una compilación de la información de toda la metodología hasta este punto, de modo que, se diagnostiquen las mejores opciones en cuanto a economía y eficiencia a la hora de establecer dicho plan. Para ello se cuenta con los siguientes factores:

2.2.6.4.5. Recopilación de información preliminar

Esta etapa es partidaria para reconocer y recopilar toda la información preliminar existente en el sistema de activos de la empresa en términos de transmisión o distribución, donde esta última es nuestro caso de estudio definido. En este ámbito revisamos la estructuración actual de los planes de mantenimiento existentes, identificando factores como la información de las instalaciones, las estructuras de

ejecución y las actividades que se realizan para el mantenimiento estándar del circuito caso de estudio:

Particularmente, en este procedimiento, validamos todo el contenido existente a lo que se refiere a manejo de activos en la organización, es decir, centralizamos la información que existe sobre el circuito caso de estudio, para ello se le da un enfoque donde tenemos en cuenta el histórico del comportamiento de dicho circuito, su nivel de criticidad en el estado actual, su logística que maneja.

Figura 29.

Recopilación de información preliminar



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

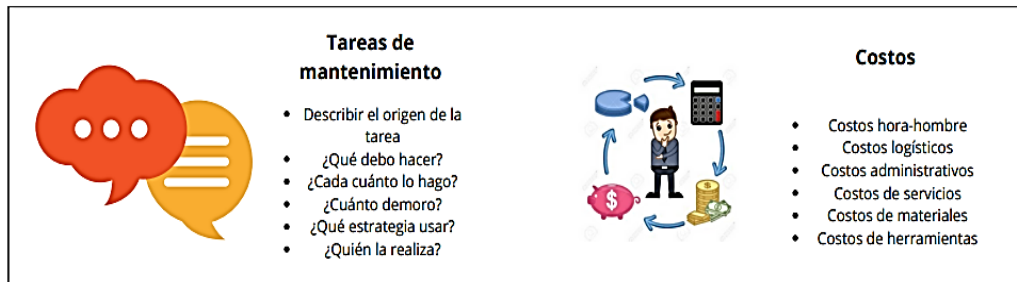
en su modo de operación con ayuda de un modelado geográfico que nos proporciona la herramienta Google Earth mediante el uso de un archivo de extensión .kmz y una tabla en Excel de todos los activos presentes para realizar las revisiones pertinentes de todos estos activos que se presentan en el circuito que estemos analizando.

2.2.6.4.6. Recopilación de tareas actuales

Es relevante agrupar las actividades del plan de mantenimiento que está implementado actualmente para conocer las mejores opciones al momento de realizar una optimización de los mismos, estas actividades pueden o no estar formalizadas en los sistemas de información de la compañía, en nuestro caso puntual es una realidad la existencia de esta base de datos donde podemos de igual manera encontrar los respectivos instructivos para cada tarea de mantenimiento, este instructivo todas las organizaciones lo tienen, en este caso CENS tiene un sistema de gestión de activos llamado SINERGIA en el cual podemos encontrar el funcionamiento de los procesos, tareas y órdenes de trabajo, por otro lado se tiene el histórico de fallas y otras herramientas que nos proporcionan los involucrados en este tipo de actividades:

Figura 30.

Recopilación de tareas actuales



Tomado de: Aplicativo SGA (Sistema de gestión de activos) (CENS, 2021).

Cuando se habla de un PMO en la organización, es necesario realizar un formato de diligenciamiento de datos de las tareas de mantenimiento que se han realizado en el circuito caso de estudio, para ello contamos con el formato EAM (gestión activos empresariales) donde en esta plantilla se lleva un claro seguimiento a los planes de trabajo que son requeridas para las Órdenes de Trabajo (OT), es decir, se lleva un seguimiento a las actividades que se van a realizar, cuando se van a realizar y un mapeo de los posibles casos en los que se pueden presentar dependiendo del tipo de activos bajo una tarea de relación de inversión-costos. Para la recopilación de estas tareas se tienen presentes los siguientes factores:

- Plan
- Plan de tareas
- Plan de la mano de obra
- Plan del material
- Plan de las herramientas
- Plan del servicio

2.2.6.4.7. Análisis de modos de falla

Para el análisis de los modos de falla se debe tener en cuenta a todos los interventores de planta, donde se trabaja en equipos que diagnostican e identifican para qué modos de fallas se enfatizan las tareas de mantenimiento que se buscan promover.

Por ejemplo, la inspección visual de los circuitos nos sugiere que es una actividad de carácter preventivo, donde a simple vista se pueden detallar los potenciales puntos de falla que tiene un sistema en concreto. Sin embargo, no es posible visualizar a otros más minuciosamente, por lo tanto, es relevante realizar un estudio y evaluación de los posibles modos de falla que se puedan presentar en las redes de distribución y extraer los que se pueden identificar con las diferentes inspecciones e intervenciones que se buscan esquematizar.

2.2.7. Optimizar el plan de mantenimiento

Una vez establecida la relación de los modos de falla que intervienen en los circuitos según su taxonomía específica de cada plan de mantenimiento, entra la fase de optimizar estos planes de modo que, exista una relación directa de costo-beneficio para cada uno de estos planteamientos.

En este modo de optimización se establece la identificación de la toma de decisiones según la taxonomía que tenga el circuito, o en su caso, a las rutas trazadas que designe el personal autorizado de planeación en mantenimiento.

Además, durante el recorrido del diseño de la optimización de los planes, se tienen en cuenta los costos adversos para cada tipo de nivel taxonómico o ruta establecida, los costos por personal interventor e incluso las pérdidas por paradas que no son programadas, todo esto corresponde a un eje de prediseño a las tareas de mantenimiento optimizadas en base del planteamiento del PMA.

2.2.7.1. Estructura del plan de mantenimiento actual

Se realiza una organización de todos los ítems anteriormente estipulados para establecer un PMA, esto va a depender si existe como tal un plan de mantenimiento en el circuito que se estudie para determinar las posibles actualizaciones según las variables que se definan por el personal encargado del mantenimiento de la regional respectiva, también siguiendo los conceptos preliminares de taxonomía y costos asociados de las tareas a efectuar.

2.2.7.1. Estructura del plan de mantenimiento correctivo

Una vez concretado el plan de mantenimiento actualizado del anterior ítem, ahora se hace necesario mejorar dicha metodología, de modo que resulte efectivo en términos de costos tanto a corto como a largo plazo, para esto se establece una comparativa entre el diseño de un plan de mantenimiento correctivo basado en los diferentes modos de falla que puedan existir al no establecer un plan de mantenimiento y un plan de mantenimiento que este actualizado.

2.2.8. Optimización de un plan de mantenimiento actual

Finalmente, para concretar todo el proceso que lleva el diseño de un PM, un PMA y un PMO, en este modelo de optimización se definen cuáles son los planes que son pertinentes para que continúen en el proceso, igualmente los planes que deben ser eliminados y cuáles son los planes que estarán optimizados. Para ello se lleva a cabo la digitación y modificación de estos criterios según modelos técnicos en cuanto eficiencia se refiere, para ello se hace una reunión con profesionales en la rama de mantenimiento de la empresa y se definen el rediseñamiento de las tareas que deban ser corregidas.

3.1. Descripción de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados. (Aportar evidencias, fotos, reportes, etc.)

Frente a la finalización de las actividades correspondientes al diseño del plan de mantenimiento optimizado, es trascendental establecer que para el desarrollo del trabajo se tuvo en consideración de la objetividad que no existía un plan de mantenimiento establecido para el circuito caso de estudio, sino que, las tareas que se realizaban eran únicamente correctivas, lo cual se hizo imprescindible el diseño de un plan de mantenimiento base que cubriera las necesidades según los niveles taxonómicos establecidos por la empresa.

Una vez con este enfoque definido, procedemos al análisis de los resultados esperados.

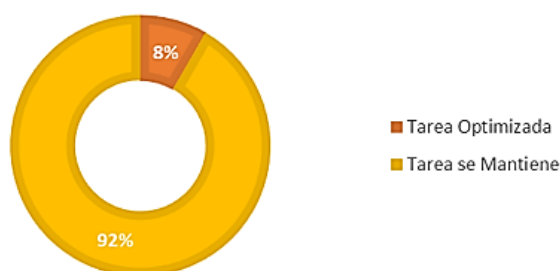
3.1.1. Índices en los niveles de optimización

Como se puede observar en el siguiente gráfico, existe un 8% de optimización en el diseño de las tareas de mantenimiento base del circuito SAMSAMORE, se hace énfasis en que las tareas de mantenimiento planteadas como actualizadas fueron satisfactoriamente aprobadas por el modelado de la gestión de activos empresariales, lo que nos quiere decir que las tareas que se diseñaron para establecer un plan de mantenimiento inicial en el circuito, son tareas que no fueron removidas durante la optimización de las mismas, y que en cambio, fueron modificadas respecto a múltiples factores, tales como las frecuencias de mantenimiento, el personal interventor y las horas de ejecución para cada una de las rutas que se definieron para el proyecto.

Ilustración 1.

Indicador de los niveles de efectividad PMO y PMA

**DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE TAREA
EVALUADA**



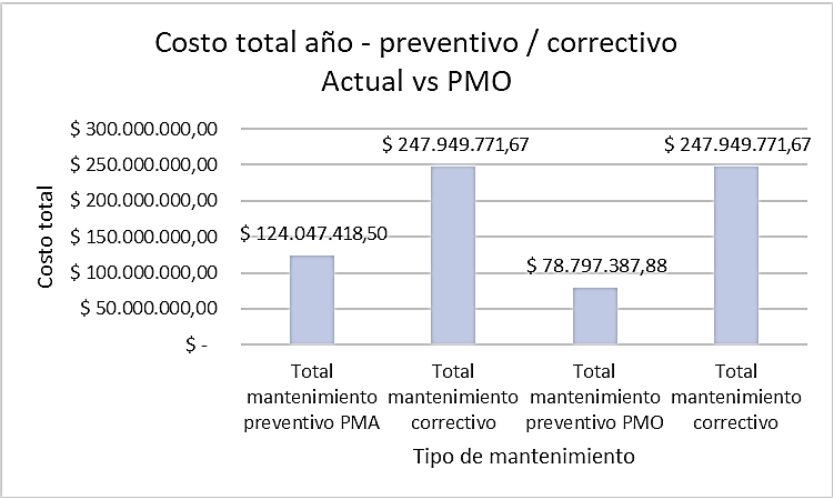
Elaboración propia.

3.1.2. Costo total por año según mantenimiento preventivo/correctivo – PMA vs PMO

Como podemos observar en la ilustración de distribuciones en términos de costos, encontramos que, existe una diferencia de \$ 45.250.030,62 respectivamente entre la aplicación de las tareas de mantenimiento totales en cuanto PMO de PMA. Lo cual, para fines económicos y estadísticos, la implementación de la tarea de PMO se hace satisfactoria abarcando casi un 18% de reducción de costos con respecto a los del PMA

Ilustración 2.

Costo total por año de mantenimiento preventivo vs correctivo según PMA y PMO



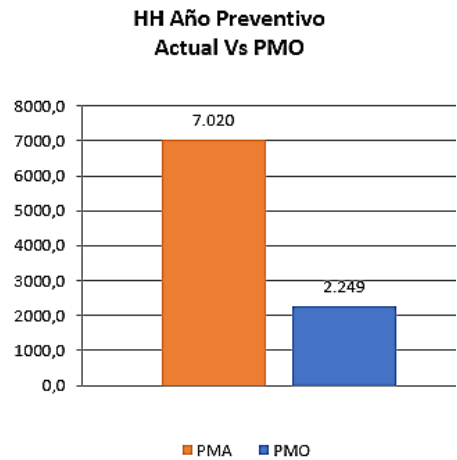
Elaboración propia.

3.1.3. PMA VS PMO HH

Al final se obtiene una comparativa del diseño del PMA y del PMO fundamentados en la formalidad de un primer plan de mantenimiento para el circuito SAMSAMORE, y a su vez es promotor de futuras actualizaciones y optimizaciones en el trazado de nuevas metodologías de mantenimiento. Como podemos observar en el gráfico, existe una gran diferencia en el potencial Horas Hombre en el mantenimiento de carácter preventivo lo cual nos da como resultado un superávit en cuanto a costos de personal y tareas de mantenimiento del PMO frente al PMA.

Ilustración 3.

Comparativa HH PMA vs PMO por año



Elaboración propia.

3.2. Análisis de impactos de la práctica empresarial realizada (los que apliquen: económicos, ambientales, sociales, empresariales, investigativos, etc.)

Impacto económico: El diseño de un plan de mantenimiento optimizado es el resultado lineal de un conjunto de herramientas que nos permiten obtener una parquedad en cuanto al manejo eficiente de los recursos que se disponen para las tareas de mantenimiento convencionales, representando así un superávit en términos económicos frente a los diferentes problemas que pueda presentar la organización.

El modo de operación del PMO funciona estructuralmente como un impulsador y catalizador de los recursos, mejorando derivativamente las frecuencias de mantenimiento que son aplicables a los diferentes circuitos que gestiona la regional, de manera que como un beneficio colateral, se obtiene un aumento en la calidad del servicio a través de las estrategias que son tenidas en cuenta para el direccionamiento económico para futuras inversiones en términos de mantenimiento de no solo CENS sino de también del grupo EPM.

El costo de no tener un plan de mantenimiento establecido y menos su optimización, impacta directamente al uptime o tiempo en línea, la reputación de la compañía y el retorno de las inversiones. Es decir, si por una falla no se cumple con la prestación del servicio de energía a sus usuarios, se pierden contratos y se tienen que pagar penalizaciones que son seguidas por la comisión de regulación de energía del país.

En nuestro caso de estudio puntual, existen consecuencias económicas por ineficiencia del mantenimiento, de modo que, existan posibles fenómenos a el deterioro de los activos presentes, disminución de la calidad del servicio, interrupciones en el proceso de suministro, desgaste de elementos de protección, pérdidas constantes de clientes, accidentes laborales, entre otras. Por lo tanto, se da solución a todos estos problemas realizando la tarea del PMO como se estableció en este documento, que da como resultado un alto indicio en la optimización de personal, intervenciones, frecuencias de mantenimiento, costos asociados y modelos de reestructuración de tareas.

Impacto social: Dentro del impacto social para el PMO, se encuentran diferentes variables que lo hacen una tarea eficiente dentro de este factor, principalmente por la reputación que genera la empresa en términos de la prestación de distribución de una óptima calidad energética a sus usuarios y seguidamente una notable mejoría en el ejercicio lo que hace que sus clientes no presenten quejas o reclamos a los entes reguladores de energía en el país, disminuyendo así los indicadores de SAIDI y SAIFI que son indicadores altamente problemáticos para la organización.

De igual manera, la buena reputación de la empresa refleja una expansión social para la prestación del servicio a nuevas zonas del país, siendo representada como una entidad comprometida con la sociedad en disposiciones de confiabilidad, seguridad y flexibilidad de su sistema de distribución de energía eléctrica, que son variables extremadamente importantes para el bienestar de sus usuarios en general.

Impacto empresarial: En términos empresariales, las tareas del PMO escenifican un control en sus indicadores de la prestación del servicio de energía como lo son el SAIDI y SAIFI. La calidad de prestación del servicio de energía eléctrica tiene de igual manera a mejorarse significativamente al determinar y establecer en campo soluciones de protección (reconectores, interruptores y fusibles) de la red los cuales son definidos para actuar ante fallas del sistema. Bajo este criterio, la implementación de soluciones es clave para realizar maniobras que son controladas bajo lineamientos específicos y metodologías estandarizadas que identifican y seccionan dichas fallas disminuyendo así la cantidad de los usuarios que son afectados y que permita a los operadores de red como CENS mejorar los anteriormente mencionados indicadores SAIDI y SAIFI, indicadores de calidad energética.

Además de mejorar notablemente estos indicadores, el impacto de este proyecto forma parte del desarrollo para nuevas aplicaciones de mantenimientos optimizados a nivel de la empresa, teniendo como objetivo el mejoramiento de sus activos a nivel organizacional.

Impacto investigativo: El desarrollo de este proyecto busca de igual manera, generar un impacto en el ámbito de la investigación, siendo como plan piloto o plan guía de nuevas aplicaciones metodológicas en el ámbito del mantenimiento de los sistemas de distribución en las empresas, generando así nuevos modelos de gestión de activos basados en costo-riesgo-desempeño y funcionando como estímulo para nuevos proyectos.

Asimismo, sirve para la Universidad proyectos como este, de aplicación de herramientas conceptuales, teóricas y prácticas para resolver las diferentes problemáticas que se puedan encontrar en los sistemas de distribución eléctricos, que fortalecen la investigación sobre fundamentos en la gestión de activos, jerarquía de la taxonomía de las redes empresariales y la gerencia de organizaciones sin dejar de lado los valores empresariales indispensables como la seguridad, calidad y productividad de sus activos presentes. Resulta una contribución a la metodología de análisis de falla para poder identificar la causa inicial del problema para tener un modelo de respuesta eficiente de manera que su intervención se lo mas oportuna y eficaz, para que represente de manera indirecta un mejoramiento en las tareas de mantenimiento y evitar la reiteración de las fallas.

El impacto investigativo no se da únicamente por criterio eléctrico, sino que, en esta oportunidad se da también de manera indirecta el abordaje bajo línea de investigación el estudio de la coordinación y gestión de activos enfocado al mantenimiento optimizado de las redes de distribución eléctricas, haciendo hincapié a futuras metodologías teóricas sobre la gestión de los elementos activos en la infraestructura de un operador de red, es decir, como hacer que los equipos que son fuente de generación de valor tengan estrategias de operación para maximizar el tiempo de vida útil de los mismos y al mismo tiempo alcancen los objetivos corporativos que se formulan, adecuando así el desarrollo de políticas empresariales basadas en el funcionamiento persistente de los equipos sin variar los estándares de calidad de las actividades , logrando una serie de mejoras y beneficios a la empresa.

Capítulo 4. Recomendaciones

4.1.1. Mencionar temáticas, software, habilidades, etc. que haya usado en la práctica y que en su criterio faltaron en su formación como ingeniero eléctrico.

El uso de Python es una herramienta fundamental para ejercer actividades relacionadas con la programación en conjunto con las bases de datos de una empresa, de tal manera que podamos tener un desarrollo de habilidades que están fuera del aprendizaje de otros lenguajes de programación. Python en cambio, ofrece una nueva visión en el campo de la ingeniería debido a su alta demanda en el mundo contemporáneo y a la versatilidad que este tipo de lenguaje ofrece, ya que, es fácil de aprender a diferencia de otros lenguajes de programación como C o C++, además el potencial que tiene Python como herramienta de aprendizaje puede ser utilizado para enseñar fundamentos de programación que pueden ser bases para nuevos aprendizajes de lenguajes en este campo, sin mencionar que resulta ser un instrumento multidisciplinario ya que aparte de resultar indispensable en el campo de las ingenierías también resultan ser de alta utilidad en campos como la medicina para realizar diagnósticos clínicos en base de registros médicos, incluso para crear modelos computacionales para acelerar el proceso de desarrollo de nuevos medicamentos. Como ingenieros eléctricos en formación también es importante desarrollar técnicas de diseño mediante diferentes softwares que cada día van evolucionando, entonces igualmente se hace pertinente la asimilación de nuevos aprendizajes destinados al uso óptimo de estas herramientas tecnológicas. En términos de habilidades lo más importante es tener presente soluciones a diferentes problemáticas en cuestión de modos de falla de los equipos, para establecer un resultado que resulte satisfactorio para cubrir la necesidad.

4.1.2. Mencionar temáticas, software, habilidades, etc. que haya usado en la práctica y que efectivamente utilizó y aprendió en su formación como ingeniero eléctrico.

Esencialmente se requiere las habilidades de temáticas asociadas a las asignaturas tales como: Sistemas de potencia, Sistemas de distribución, Electrónica de potencia, Protecciones eléctricas y Líneas de transmisión. A parte de todo esto se hace prescindible el conocimiento de modos de falla de diferentes activos tales como DPS, transformadores, cortacircuitos, entre otros.

En términos de software, la programación en lenguaje C, modelados en AutoCAD y el uso básico de Excel.

4.2. Para futuros practicantes.

Para los futuros practicantes quiero recomendar principalmente una cosa, aprendan todo lo que más puedan durante su estadía en la empresa, ya que, en base a mi experiencia, el ingeniero debe ser una persona multidisciplinaria que debe estar en permanente contacto con todos sus compañeros para poder realizar todo tipo de trabajos de manera eficaz, eficiente y sencilla. También aprendí que al ser parte de un equipo no se puede andar con individualidades, todos somos en extremo realmente útiles. Una empresa es un espacio que está conformado por

múltiples individuos y todos debemos cooperar para que los proyectos salgan adelante. Por otro lado, pienso que el ingeniero en formación debe ser muy integral, debido a que al estar en ambientes donde existen individuos que ejercen múltiples ejercicios en su trabajo, resulta ser muy beneficioso para nosotros inculcar sus conocimientos que, en base a su pericia nos permite desarrollar un superávit en términos de formación como profesionales.

Asimismo, es de resaltar que como ingenieros en formación al ser nuestro deber adquirir conocimientos, no debemos quedarnos con lo que ya sabemos, puesto que el mundo está en constante evolución tanto en cultura como en innovaciones tecnológicas. Por esto se hace necesario afianzarnos a las nuevas metodologías que salen día por día y orientarnos a desarrollar nuevas competencias que estén en acción conjunta con los nuevos conocimientos que trae la humanidad.

Sobre todo, quiero resaltar el aspecto ético que debemos tener como profesionales, esto es porque para poder ser ingeniero primero hay que ser buena persona. En base a mi experiencia personal, he aprendido que no importa cómo te destagues en una labor o disciplina, porque al final lo que verdaderamente merece la pena es cómo te comportas con los demás, sin hacer lado a nadie o hiriéndole con comentarios negativos, la psicología de la buena persona no es dejarse solapar por los demás, sino que, es ser consciente de nuestros propios principios que nos identifican como ciudadano, profesional y persona.

Por último quiero destacar la participación y el compromiso que hay que tener con la entidad ya que es indispensable participar en los eventos y proyectos que realice la empresa, esto le permitirá tener un enfoque altamente dinámico y complementario que lo hará ser un profesional con un conocimiento extracurricular mucho más diligente a la hora de desempeñar su cargo, además creará una visión estratégica al conocer las diferentes metodologías de los demás puestos que conforman la organización, aparte de impulsar su criterio científico determinado y dado hacia la investigación.

Bibliografía

- Albarado Merchán, D. F. (2017). *Repositorio UPTC*. Obtenido de ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LAS PRINCIPALES SUBESTACIONES DE LA EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A. E.S.P. APLICADO POR LA EMPRESA ASISTENCIA TÉCNICA INDUSTRIAL LTDA.: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2722/1/TGT_1317.pdf
- BIMAN. (12 de Febrero de 2021). *Optimización de Planes de Mantenimiento - PMO - BIMAN*. Obtenido de BIMAN Conferencia PMO: <https://www.youtube.com/watch?v=rmleyCFWxws>
- BSI Group. (s.f.). *ISO 55001:2014 Gestión de activos*. Obtenido de ISO 55001 Gestión de Activos sustituye a PAS 55: <https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-55001-Gestion-de-activos/>
- CENS. (2021). Conferencia de Proyecto Gestion de Activos PGA. *PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS*. Norte de Santander, Colombia.

- CENS. (s.f.). SINERGIA GUI_306_GIR_003. *Planes de mantenimiento optimizado*. Norte de Santander, Colombia.
- CENS. (s.f.). SINERGIA GUI_306_GIR_003. *Criticidad de activos físicos*. Norte de Santander, Colombia.
- Cuéllar Velilla, G. A., & Oyola Miranda, C. A. (2010). *Biblioteca UTB*. Obtenido de OPTIMIZACION DE MANTENIMIENTO PLANEADO (PMO) EN PUERTO ZONA FRANCA ARGOS S.A. DE CARTAGENA: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0061422.pdf>
- emaint. (s.f.). *Optimizar y mejorar un programa de mantenimiento preventivo*. Obtenido de emaint: <https://www.emaint.com/es/works/optimize-preventive-maintenance/>
- López, S. Z. (2022). PLAN DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO PARA EL CIRCUITO PAMC3 EN LA EMPRESA CENS DE LA CIUDAD DE PAMPLONA NORTE DE SANTANDER. *PLAN DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO PARA EL CIRCUITO PAMC3 EN LA EMPRESA CENS DE LA CIUDAD DE PAMPLONA NORTE DE SANTANDER*. Pamplona, Colombia.
- Marin Vasquez, F., Herrea Gomez, B., & Tintinago, R. A. (2017). *Repositorio UTP*. Obtenido de MANTENIMIENTO DE LÍNEAS AÉREAS DESENERGIZADAS CON OPERACIÓN NORMAL A 13.2kV: <https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/e94e5f3b-006f-43a6-bcc1-4c82a99abce2/download>
- Mercado Rodriguez, E. A., & Restrepo Pérez, E. A. (2019). OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CIRCUITOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P. Medellín, Colombia.
- Nova Villanueva, F. H., & Lopez Romero, A. A. (2015). *MONOGRAFIA ESP.GM.ECCI*. Obtenido de PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN, PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO NACIONAL, BAJO LOS PARÁMETROS, DEL PILAR DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/137/MONOGRAFIA%20ESP.%20GM.%20ECCI..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Palencia, O. G. (20 de Junio de 2007). Conferencia Latinoamericana de Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad Operacional GMC 2007 . *El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado*. Santiago de Chile, Chile.
- Peláez Hoyos, C. M., & Herrera Aristizábal, S. (Abril de 2019). Optimización De Los Planes De Mantenimiento Dentro De La Gestión De Activos. *XXI Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos*.
- QUALITYMANT. (Septiembre de 2020). *Cómo optimizar un plan de mantenimiento preventivo*. Obtenido de QUALITYMANT: <https://qualitymant.com/como-optimizar-un-plan-de-mantenimiento-preventivo/>
- RELIABILITY WEB. (s.f.). *PMO – Optimización de Mantenimiento Parte 1*. Obtenido de RELIABILITY WEB: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/pmo-optimizacion-de-mantenimiento>