



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

Plan de Mantenimiento Preventivo RCM en la Red de Media Tensión 22.9Kv en la Provincia  
de Cajabamba para la Mejora de la Confiabilidad en el Consorcio SESGA-REYSER S.R.L

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Jorge Denis Cerna Jara (ORCID: [0000-0003-1790-4455](https://orcid.org/0000-0003-1790-4455))

Leonardo Ulises Jara Mendoza (ORCID: [0000-0002-8324-9180](https://orcid.org/0000-0002-8324-9180))

ASESOR:

Mg. Teófilo Sifuentes Inostroza (ORCID: [0000-0001-8621-236X](https://orcid.org/0000-0001-8621-236X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
Sistema y Planes de Mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

## DEDICATORIA

A mis padres y abuelos por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, a mi sobrino; que con este trabajo es un comienzo para ser un modelo para él y a mi hermana que siempre me ha dado el impulso para esforzarme y ser mejor.

Dedicado con todo mi corazón a mi madre Diana Mendoza y a mi abuela Felicita Espejo por su amor y su apoyo incondicional pues sin ellas esto no sería posible y en especial al eterno recuerdo de mi abuelo Francisco Mendoza quien fue más que un padre, desde de aquí hasta el cielo para ti.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por habernos permitido llegar a esta etapa; de manera especial al Ing. Martín Sifuentes que con su ayuda ha sido posible la elaboración de la presente tesis; al Ing. Jorge Inciso por sus pautas metodológicas y consejos del desempeño como ingenieros ante el campo laboral. Finalmente, a los docentes que nos han ido formando a lo largo de esta experiencia llamada vida, por ellos que la presente tesis está elaborada y justificada como base para nuevas investigaciones, sigan cumpliendo con esa noble vocación que es la docencia. Este trabajo es gracias a ustedes.

## Índice de Contenidos

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
Mantenimiento.....	6
Objetivos del mantenimiento.....	6
Mantenimiento predictivo .....	7
Mantenimiento correctivo.....	7
Mantenimiento preventivo.....	7
Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	8
Indicadores de Mantenimiento.....	9
Análisis de modos y efectos de falla .....	13
Sistema Eléctrico .....	13
Características de los sistemas de distribución.....	13
Sistema de distribución primario o de media tensión (MT): .....	13
Sistema de distribución secundario o de baja tensión (BT): .....	13
III. METODOLOGIA .....	14
Tipo y diseño de investigación.....	14
Población muestra y muestreo .....	14
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
Procedimientos .....	16
Método de análisis de datos .....	17
Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS .....	18
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES .....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	66
Referencias .....	67
ANEXOS .....	71

## Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de Criticidad .....	12
Tabla 2: Técnicas con sus instrumentos de recolección de datos .....	15
Tabla 3: Indicadores de Mantenimiento Iniciales según Subestaciones Evaluadas ..	18
Tabla 4: Distribución del MTBF y la Tasa de Fallas en el Último Año.....	19
Tabla 5:Distribución del MTTR y la Tasa de Fallas en el Último Año .....	20
Tabla 6:Distribución del MTTR y MTBF Correspondiente a las Subestaciones en el Tramo Evaluado .....	21
Tabla 7: Análisis de criticidad .....	23
Tabla 8: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5151 .....	24
Tabla 9: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5151 .....	25
Tabla 10: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5151 .....	27
Tabla 11: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5150.....	29
Tabla 12: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5150.....	30
Tabla 13: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5150.....	32
Tabla 14:Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5288.....	34
Tabla 15:Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5288.....	35
Tabla 16: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB5288.....	37
Tabla 17: Cronograma de actividades anuales del Plan de Mantenimiento .....	39
Tabla 18: Cronograma de actividades anuales del Plan de Mantenimiento .....	42
Tabla 19:Cronograma de actividades anuales del Plan de Mantenimiento .....	46
Tabla 20: Comparación de los indicadores de mantenimiento .....	50
Tabla 21: Costo de operacional.....	54
Tabla 22: Ahorro por horas perdidas .....	54
Tabla 23: Costos asociado al mantenimiento predictivo.....	55
Tabla 24: Costos asociados al mantenimiento preventivo.....	55
Tabla 25: Costo total del beneficio útil.....	57
Tabla 26: Inversión de activos físicos.....	57
Tabla 27: Criterios de Criticidad .....	72
Tabla 28 Ficha de registro .....	73

Tabla 29 Ficha de Observación.....	74
Tabla 30 Operacionalización de las variables .....	99

### **Índice de Figuras**

Figura 1: Diseño de la red 22.9Kv desde I371709 .....	51
Figura 2: Resultados de la simulación desde I371709 .....	51
Figura 3: Resultados post mejora de la disponibilidad de la red desde I371709 .....	52
Figura 4 Capacidad total del sistema desde I371709 – Reconectador.....	53
Figura 5 Base de datos para obtener indicadores iniciales. ....	71
Figura 6 Diagrama Unifilar de sub estaciones de la red 22.9Kv.....	84
Figura 7: Opción de Simulación en ProModel .....	92
Figura 8: Locaciones de la simulación en ProModel .....	93
Figura 9: Tiempos muertos por la configuración “uso”.....	93
Figura 10: Programación de los arribos para la simulación.....	93
Figura 11: Programación de los procesos y enrutamiento .....	94

## **RESUMEN**

El proyecto de investigación tiene como área de estudio la provincia de Cajabamba departamento de Cajamarca con el objetivo de disminuir las interrupciones de servicio eléctrico mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la red de distribución de 22,9 KV, basado en la metodología RCM garantizando así la continuidad del servicio eléctrico, planteando como objetivo general el diseñar el plan de mantenimiento preventivo basado en (RCM) en la red de 22.9Kv de la provincia de Cajabamba correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679” se analizó los indicadores de mantenimiento de confiabilidad y disponibilidad iniciales y se mejoraron a través del diseño del plan de mantenimiento preventivo concluyendo que la aplicación del plan de mantenimiento puede ser aplicado en toda la red de distribución de la provincia de Cajabamba así también como en otras regiones.

Palabras clave: Mantenimiento, confiabilidad, subestaciones eléctricas y distribución.

## **ABSTRACT**

The research project has as a study area the province of Cajabamba Department of Cajamarca with the aim of reducing interruptions in electrical service through the application of a preventive maintenance plan in the 22.9 KV distribution network, based on the methodology RCM thus guaranteeing the continuity of the electrical service, setting as a general objective the design of the preventive maintenance plan based on (RCM) in the 22.9Kv network of the Cajabamba province corresponding to the CJB005 feeder, from the recloser I371709 to the disconnecter I371679 " The initial reliability and availability maintenance indicators were analyzed and improved through the design of the preventive maintenance plan, concluding that the application of the maintenance plan can be applied throughout the distribution network of the Cajabamba province as well as in other regionships.

Keywords: Maintenance, reliability, electrical substations and distribution.



## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de una población está estrechamente ligada al acceso a servicios básicos como la prestación eléctrica; la carencia de este recurso es una problemática actual del país, para el cual se están planeando y ejecutando distintos proyectos para llevar este recurso a todas las localidades siguiendo el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER), pero esto no termina ahí ya que también intervienen factores climatológicos medioambientales imposibilitando la distribución de energía eléctrica; como descargas atmosféricas o floresta creciendo dentro de la franja de servidumbre, problemas que se reflejan en incidencias o cortes no programados obstaculizando actividades industriales y comercio. Estas interrupciones se traducen en pérdidas económicas de dichos sectores. El Comité de Operaciones Económicas del Sistema Interconectado Nacional, menciona que es necesario la expansión de nuevas redes de transmisión y distribución (Osinermin, 2016).

La energía eléctrica es un recurso esencial para los bienes y servicios que fortalecen la economía. De igual forma es elemental para la calidad de vida. Como tal, es necesario que el suministro de electricidad sea suficiente y confiable; ahora y en el futuro, con la finalidad de que la oferta y la demanda sean sostenibles.(OSINERMIN, 2016). En el Perú según el INEI nos dice que en el año 2018 los resultados mostrados fueron que un total de 39.5% de hogares han sufrido interrupciones de energía eléctrica, siendo la sierra la segunda región geográfica más afectada después de la selva con un 51.1% de viviendas afectadas en total. (INEI, 2018). Esto se debe principalmente por la carencia de una gestión de mantenimiento eficiente, efectivo y confiable.

Por ello a partir de lo planteado se dispone dimensionar el plan de mantenimiento preventivo, basados en el RCM para los componentes principales de la red de media tensión con la finalidad de respaldar la continuidad del servicio eléctrico.

En la actualidad precisamos de una eficiente calidad de energía y cada vez la demanda en el Perú aumentará. El presente trabajo busca resolver la problemática de los cortes de servicio con la ejecución de un plan de mantenimiento basado en la influencia a un nivel no mayor de 22.9 Kv de una red de distribución ubicada en la ciudad de Cajabamba departamento de Cajamarca, desde el recloser I371709 (Cungunday) hasta el seccionador I371679 (Pomabamba) correspondiente al alimentador CJB005.

La economía de la red eléctrica está relacionada a su diseño y particularmente también son las pérdidas que se producen en esta. Desde un punto de vista de calidad de servicio, se busca mejorar la estabilidad y confiabilidad del sistema. Es muy sustancial conocer los factores que influyen en la demanda eléctrica, hablamos de pérdidas como el efecto Joule, efecto de histéresis, malas conexiones a tierra, descompensación de fases y otros como vanos muy largos. Es entonces que surge la *formulación del problema*, ¿En qué medida beneficia la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo (RCM) en la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 con el fin de disminuir las interrupciones de servicio? La *justificación* del presente proyecto de investigación es importante porque se estará aplicando los conocimientos existentes de mantenimiento (RCM) para asegurar la continuidad del servicio eléctrico en la provincia de Cajabamba, además será un aporte fundamental para el crecimiento profesional, técnico y organizacional de la empresa, ya que permitirá incursionar en nuevas técnicas de mantenimiento con el uso apropiado de las normas, instrumentos y equipos de medición como: pinza amperimétrica, analizador de redes, registradores trifásicos y reveladores de tensión. *El propósito de este proyecto de investigación* es reducir la interrupción en el suministro de energía eléctrica; aumentando la confiabilidad de los activos, reducirá costos por tiempos muertos. Este plan de mantenimiento preventivo condicional, busca cumplir con el modelo de análisis de prioridad de riesgos. Abordaremos temas relacionados al mantenimiento como tipos, definiciones, prácticas, rutinas. Rigiéndose

según los nuevos reglamentos técnicos vigentes en Perú, para el sector eléctrico, garantizando con esto una mejora funcional de la confiabilidad para la empresa Sesga-Reyser la cual brinda continuidad de la prestación de servicio eléctrico a la población de Cajabamba, Para ello que se plantea el siguiente *objetivo general*: “Diseñar el plan de mantenimiento preventivo basado en (RCM) en la red de 22.9Kv de la provincia de Cajabamba correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679”. Y como *objetivos Específicos*: (1) Evaluación de los indicadores de mantenimiento que conforman la red de 22.9Kv correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 en la provincia de Cajabamba. (2) Identificar los equipos críticos en la red de distribución de media tensión correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 en la provincia de Cajabamba. (3) Analizar mediante AMEF (Análisis de modos y efectos de fallas) y NPR (Número de prioridad de riesgos) las fallas en la red de distribución. (4) Elaborar el plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 en la provincia de Cajabamba. (5) Determinar los indicadores post mejora para compararlos con los iniciales. (6) Analizar el costo beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la red de 22.9Kv correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 en la provincia de Cajabamba para beneficio de la concesionaria Sesga-Reyser.

Para ello nuestra *hipótesis* es: La aplicación del plan de mantenimiento preventivo basado en (RCM) en la red de 22.9Kv de la provincia de Cajabamba correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 en la ciudad de Cajabamba disminuirá las interrupciones de servicio eléctrico.

El presente estudio tiene como base los siguientes antecedentes a nivel internacional, nacional y local relacionado a nuestra realidad problemática descrita:

(Mahecha Mendez, 2019) en su trabajo de investigación “Metodología para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a la subestación de distribución de energía eléctrica” en Tolima - Colombia, tiene como objetivos “Proponer un modelo de gestión del mantenimiento de las subestaciones de distribución de energía, que ayude a mejorar la confiabilidad y reducir los riesgos durante la operación del sistema eléctrico”, “Construcción de un modelo para la gestión y mantenimiento de subestaciones de distribución de energía” y “Desarrollar un plan de mantenimiento basado en el modelo de gestión de mantenimiento propuesto”, donde concluye: proponiendo una metodología para desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento, que a través de la intervención de los equipos más importantes de la subestación, busca mejorar su confiabilidad, impacto en la subestación y su generación a su vez en el sistema eléctrico regional. Él las estrategias de gestión del mantenimiento que se pueden implementar en los sistemas eléctricos.

Con ello ganamos un ejemplo de una matriz de gestión de mantenimiento para subestaciones de distribución de energía eléctrica ya que es uno de los componentes críticos en estudio para los cuales realizaremos el plan de mantenimiento preventivo.

(Villanueva Cornejo, 2017) en su trabajo de investigación: “Desarrollo de la Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2KV de San Gabán – Ollachea”, se planteó como objetivo principal “Diseño un sistema para la gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad de las Redes Eléctricas del Sub Sistema de Distribución del Servicio Eléctrico 22.9/13.2 KV San Gabán – Ollachea”, sintetizando sus conclusiones obtenemos que “Se ha modelado el planteamiento de la Gestión de mantenimiento de las Redes 22.9/13.2 KV en San Gabán – Ollachea; Designando componentes críticos como sistemas de protección y conectores, lo que ayuda a predecir fallas en las líneas principales de la red. El plan de mantenimiento sigue la gestión estratégica ya que forma parte de las acciones y decisiones de largo plazo de la empresa”.

En la anterior investigación encontramos contribuciones en base al análisis de modos y efectos de falla aplicados a subsistemas de distribución mostrando la manera correcta de registrar datos de operación referente a las interrupciones del sistema y un análisis de criticidad establecido jerárquicamente en sistemas, equipos y componentes.

(Salas, 2019) en su investigación “Propuesta de implementación del plan de mantenimiento basado en criterios de RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) para una línea de transmisión de 500Kv” plantea como objetivo general “Proponer la implementación del plan de mantenimiento basado en criterios de RCM para una línea de transmisión de 500kV en ENGIE Energía Perú S.A., con la finalidad de asegurar la confiabilidad, disponibilidad y optimizar los costos de mantenimiento” también tiene como último objetivo específico “Realizar una evaluación de la propuesta” de lo cual, concluye que “La propuesta de implementación RCM considera un mayor costo, sin embargo, existe un mejoramiento en la calidad y soporte Técnico, que se Manifiesta, en la optimización de las actividades de mantenimiento predictivo (inspección visual, termográfica, efecto corona, entre otras), mantenimiento preventivo (lavado de aisladores, limpieza manual de aisladores, entre otros) y en la inclusión de nuevas actividades de mantenimiento como medición de puesta a tierra e inspección de servidumbres, que no fueron consideradas en el sistema actual”. La red que (Salas, 2019) analizó tiene características de ser una red de transmisión con dimensiones mayores a la red propuesta en esta tesis, aun así, nos sirve como guía para cumplir con el desarrollo del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

(Castañeda, 2019) en su proyecto de investigación: “Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT” sintetizando sus conclusiones: “Se calculó la máxima demanda de potencia eléctrica es de 160 KVA; se realizó el cálculo del banco de condensadores, para un factor de potencia de 0.8 Siendo el

resultado de un banco de potencia de 50 KVAR; de los cálculos realizados se logra una mejora de la confiabilidad de las instalaciones eléctricas al 100% y de lo cual se obtuvo la disponibilidad de energía eléctrica, se aseguró brindar cobertura al incremento de carga del Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT”.

Con lo cual, obtendríamos valiosa sustentación para desarrollar el presente proyecto de investigación, en relación a las medidas, fines, flujos, capacitaciones que en su estudio presenta podemos involucrarnos en la efectividad pre-experimental.

La investigación tiene como bases teóricas a la propuesta de un plan de mantenimiento para el sistema eléctrico de media tensión, por ello nuestras teorías relacionadas se basan en el mantenimiento de activos y los sistemas de distribución eléctrica, utilizando la siguiente teoría relacionada al tema:

**Mantenimiento:** Se define usualmente al mantenimiento como la sistematización de técnicas destinadas a mantener las instalaciones y equipos industriales en funcionamiento el tiempo mayor posible (logrando alcanzar la mayor disponibilidad) y con la máxima eficiencia. (Garrido, 2012, pág. 28).

El mantenimiento se puede definir como el seguimiento continuo de las instalaciones (en el caso de las fábricas) o de las piezas (en el caso de los productos), así como todas las tareas de reparación o revisiones necesarias para cerciorar la funcionalidad y el bienestar de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican a equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, de comercio o específicos de algún servicio y a cualquier otro tipo de bien productivo (Abella, 2015, pág. 4).

**Objetivos del mantenimiento:** La organización del mantenimiento debe de ser guiada por los objetivos siguientes:

- Evita, reduce y en este caso repara las fallas sobre bienes preciados.
- Disminuye la gravedad de las fallas.
- Evita accidentes, incidentes y mejorar la seguridad humana.
- Conserva los bienes productivos en óptimas condiciones.

- Balancea el costo de mantenimiento.

El mantenimiento tiende a extender la vida útil de los activos, lograr un desempeño aceptable y disminuir el número de fallas. Algo falla cuando deja de brindarnos el servicio requerido o cuando aparecen efectos no deseados, dependiendo de las especificaciones de diseño en que se encuentre instalado el respectivo activo. (Sanclemente & Nieto Alvarado, 2010, pág. 20).

**Mantenimiento predictivo:** Es aquel que su fundamento es pronosticar fallas posibles en un punto específico. Este tipo de mantenimiento se basa en el seguimiento, registro y análisis de variables que permiten determinar el estado de la máquina o pieza. A través de este mantenimiento es posible realizar intervenciones y reparaciones en el sistema antes de que se produzca la avería. Para este tipo de mantenimiento, en primer lugar se realiza un estudio del dispositivo, en este caso la celda de media tensión, se evalúa su estado y se revelan los factores causantes del mal funcionamiento o daño. Luego se busca la solución más adecuada para el monitoreo de estas variables. (Villanueva, 2019, pág. 18).

Cuando se requiere tener datos para determinar la probabilidad de falla futura de un activo, se utilizan técnicas predictivas que consisten en llevar un análisis completo de las inspecciones y los datos de pruebas. Los datos se analizan estadísticamente a intervalos regulares de mantenimiento para predecir fallas. Algunas de las técnicas que se emplean en el campo de subestaciones eléctricas son las termográficas y de ultrasonido. (Merchán, 2017, pág. 26).

**Mantenimiento correctivo:** Es aquel tipo de mantenimiento que se realizan a un equipo o componente cuando deja de realizar sus funciones por causas no conocidas en el momento, reactivando en el menor tiempo posible el funcionamiento, proponiéndose identificar las razones y motivos por el cual dejó de funcionar y generando así ciertas acciones que van a evitar esta falla. (Garrido, 2012, pág. 10).

**Mantenimiento preventivo:** También conocido como mantenimiento programado, este mantenimiento se lleva a cabo antes de que ocurra una falla o

avería, y se realiza bajo condiciones controladas sin fallas en el sistema. Se realiza sobre la base de la experiencia y pericia del personal responsable, quienes son los encargados de determinar el tiempo requerido para realizar dicha operación; El fabricante también podrá especificar el tiempo adecuado a través de las instrucciones técnicas. Tiene las siguientes características:

- Se ejecuta en el momento en el que la producción no está en operación, por lo que se aprovecha la inactividad de la fábrica o planta.
- Se realiza de acuerdo a un programa pre-elaborado, detallando las acciones a seguir y las actividades a realizar, de manera que las herramientas y repuestos a emplear estén disponibles.
- Tiene una fecha estimada, así como horarios preestablecidos de inicio y término aprobados por la junta directiva de la empresa.
- Por lo general se realiza para un área en específica y a ciertos equipos particulares. Aunque también es posible realizar el mantenimiento general de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa obtener un registro de todos los dispositivos, y también brinda la posibilidad de actualizar la información técnica del dispositivo. (Merchán, 2017, pág. 25).

**Mantenimiento centrado en la confiabilidad:** Es el proceso de garantizar que cada componente físico del equipo o instalación realice su función prevista en todo momento. Por lo tanto, es necesario mantener el estado original del diseño o funcionamiento normal. Por ello para poder hacer esto, el equipo debe poder realizar las funciones para las que fue seleccionado y que esta tenga en cuenta las condiciones reales de funcionamiento. (Hung, 2009).

El mantenimiento basado en la confiabilidad:

- Delimita el contexto operativo, las funciones y los estándares de desempeño deseados asociados al activo.



- Determina cómo un activo puede llegar a fallar mientras cumple con sus funciones
- Define las causas de cada una de las fallas funcionales en otras palabras los modos de falla.
- Describe qué ocurre cuando la falla sucede es decir los efectos de falla.
- Clasifica las consecuencias producidas por las fallas.
- Determina que acciones realizar para predecir o prevenir cada falla a lo que llamamos tareas e intervalos de tareas.

(Amendola, 2006, pág. 46).

**Indicadores de Mantenimiento:** para un desempeño óptimo de las funciones de los equipos se requiere medir sus características esenciales.

- **Confiabilidad:**

Es la probabilidad de que una máquina o sistema de producción realice su función en condiciones específicas y por un cierto período de tiempo, también conocida como confiabilidad. (Rodríguez, 2008, pág. 6).

La probabilidad de que un componente o sistema de producción realice su función prevista sin fallas, durante un período de tiempo específico bajo ciertas condiciones de operación. En otras palabras, la confiabilidad de un componente, es la probabilidad de que éste opere sin ningún contratiempo, al ser requerido por el sistema de producción. (Leal, 2009).

$$C = (e^{-\frac{\lambda * t}{100}}) * 10. \quad (1)$$

C = Confiabilidad.

T = Tiempo total de estudio (horas).

$\lambda$  = Tasa de fallas.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}. \quad (2)$$

MTBF= Tiempo promedio entre fallas (horas).

- **Mantenibilidad:**

Es la probabilidad de restaurar un dispositivo en un estado fallido a un estado específico, dentro de un tiempo determinado y con el uso de ciertos recursos. Por lo tanto, el tiempo medio de reparación (TMDR) caracteriza la mantenibilidad del equipo. Es una propiedad inherente de un elemento, asociada con la posibilidad de volverlo a poner en servicio cuando se realiza el mantenimiento requerido según lo especificado. (Abella, 2015, pág. 16).

$$M = (1 - e^{-\frac{\mu \cdot t}{100}}). \quad (3)$$

M = Mantenibilidad.

T = Tiempo total de estudio (horas).

$\mu$  = Tasa de fallas.

$$\mu = \frac{1}{MTTR}. \quad (4)$$

MTTR = Tiempo promedio de reparación.

- **Disponibilidad:**

La capacidad del equipo para realizar con éxito la función requerida en un momento dado o durante un período de tiempo específico, es la disponibilidad

funcional del equipo dentro de los requisitos del sistema de producción. (Duffuaa, 2010).

La “disponibilidad o probabilidad en la que un elemento o equipo entre nuevamente en funcionamiento, esté en operación y se mantenga así durante un periodo de tiempo”, se mide con base de la razón de servicio y se calcula en función del tiempo promedio entre fallas y el tiempo fuera de servicio. (Martínez, 2007, pág. 84).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100. \quad (5)$$

D= Disponibilidad (%).

MTBF= Tiempo promedio entre fallas (horas).

MTTR= Tiempo promedio de reparación (horas).

La disponibilidad puede dar valores entre 0 y 1; mientras más cercano al 1 resulte será positivo; en este sentido, puede mejorarse el valor de la disponibilidad mejorando la confiabilidad (aumentando el MTBF) o mejorando la mantenibilidad (es decir disminuyendo el MTTR).

### **Análisis de Criticidad**

El análisis de criticidad es una metodología para establecer una jerarquía o priorizar procesos, sistemas y equipos, y crear una estructura que facilite la toma de decisiones precisas y efectivas, y dirigir esfuerzos y recursos a las áreas donde son más críticos y/o necesarios para mejorar la confiabilidad operativa, con base en las realidades actuales. (Díaz C. A., 2012).

Para determinar la criticidad se utiliza una matriz en base a un código de colores compuesta por dos ejes, uno de frecuencia y otro el de consecuencia de la falla. (Romero, 2016).

**Tabla 1. Matriz de Criticidad**

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
	Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5

**Matriz de Criticidad**

En la Matriz de Criticidad se identifican con letras los niveles de criticidad:

- B Criticidad Baja color verde
- M Criticidad Media color amarillo
- A Criticidad Alta color rojo

*Fuente: Urrego, 2017.*

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

**Criticidad = Frecuencia x Consecuencia**

La consecuencia se determina por los siguientes criterios (ver anexo N°1):

$$C = (I.O) + (F.O) + (C.M) + (Imp) \tag{6}$$

Dónde:

C: Consecuencia.

I.O: Impacto operacional.

F. O: Flexibilidad operacional.

C.M: Costo de mantenimiento.

Imp.: Impacto de seguridad y medio ambiente.

**Análisis de modos y efectos de falla:** También conocido por sus siglas AMEF, o del inglés FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), el análisis del modo y efecto de fallas está definido como un procedimiento para poder detectar riesgos a partir del análisis de fallas potenciales, lo que permite implementar acciones que eviten la presencia de fallas y se aumente la calidad.

**Sistema Eléctrico:** Un sistema eléctrico de potencia está integrado por 4 etapas, la de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, su función global es la de llevar energía desde los puntos donde se genera hasta los puntos de utilización o consumo de forma segura cumpliendo con los estándares de calidad exigidos. (Ramírez Castaño, 2004, pág. 2).

### **Tensiones normalizadas:**

Las tensiones normalizadas para Perú, Código Nacional Electricidad:

- ✓ Redes de baja tensión (B.T.): Estas tensiones son de 380/220V y 440/220V.
- ✓ Redes de media tensión (M.T.): Estas tensiones son de 20; 22.9; 13.2; 33; 19 KV.
- ✓ Redes de alta tensión (A.T.): Estas tensiones son de 60, 138 y 220 KV.
- ✓ Redes de muy alta tensión (M.A.T.): 500 KV.  
(MINEM, 2012).

### **Características de los sistemas de distribución**

**Sistema de distribución primario o de media tensión (MT):** Este sistema con tensiones de funcionamiento entre 10 y 33 KV. Esta red contiene toda el área de los sitios de consumo población e industria, enlazando las subestaciones de distribución con los centros de transformación eléctrica.

**Sistema de distribución secundario o de baja tensión (BT):** Su característica esencial es que operan después de la etapa de MT y su nivel de tensión es el que comercialmente obtienen los puntos de consumo finales (380 y 220 V). (Uceda S, 2017).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **Tipo y diseño de investigación**

El estudio es de tipo *aplicada*, (Muntane Relat, 2010) explica: “La investigación aplicada busca la aplicación de los conocimientos que se adquieren, depende de los resultados y de los avances de la investigación básica para ser aplicadas a un problema”. La presente investigación es aplicada porque se enfoca en la solución de un problema que es la falta de mantenimiento preventivo en las redes de distribución eléctrica, lo que la solución de este problema es un tema de utilidad ya que representa el mejoramiento de un servicio indispensable en la comunidad.

El diseño de investigación es *pre-experimental*, (Chavez, 2019) “Sirven para tener un acercamiento al fenómeno que se estudia, administrando un estímulo a un grupo para generar las hipótesis y a si medir las variables y observar sus efectos” La presente investigación es pre experimental por que buscamos ver los efectos de las variables sobre el grupo de estudio.

#### **Población muestra y muestreo**

- La población del presente trabajo de investigación es la red de distribución correspondiente al alimentador CJB005 de la provincia de Cajabamba.
- La muestra es el tramo de media tensión 22.9Kv desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679.
- El muestreo es intencionado, no probabilístico porque es elegido por el investigador. El tipo de muestreo es consecutivo por conveniencia.

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 2: Técnicas con sus instrumentos de recolección de datos**

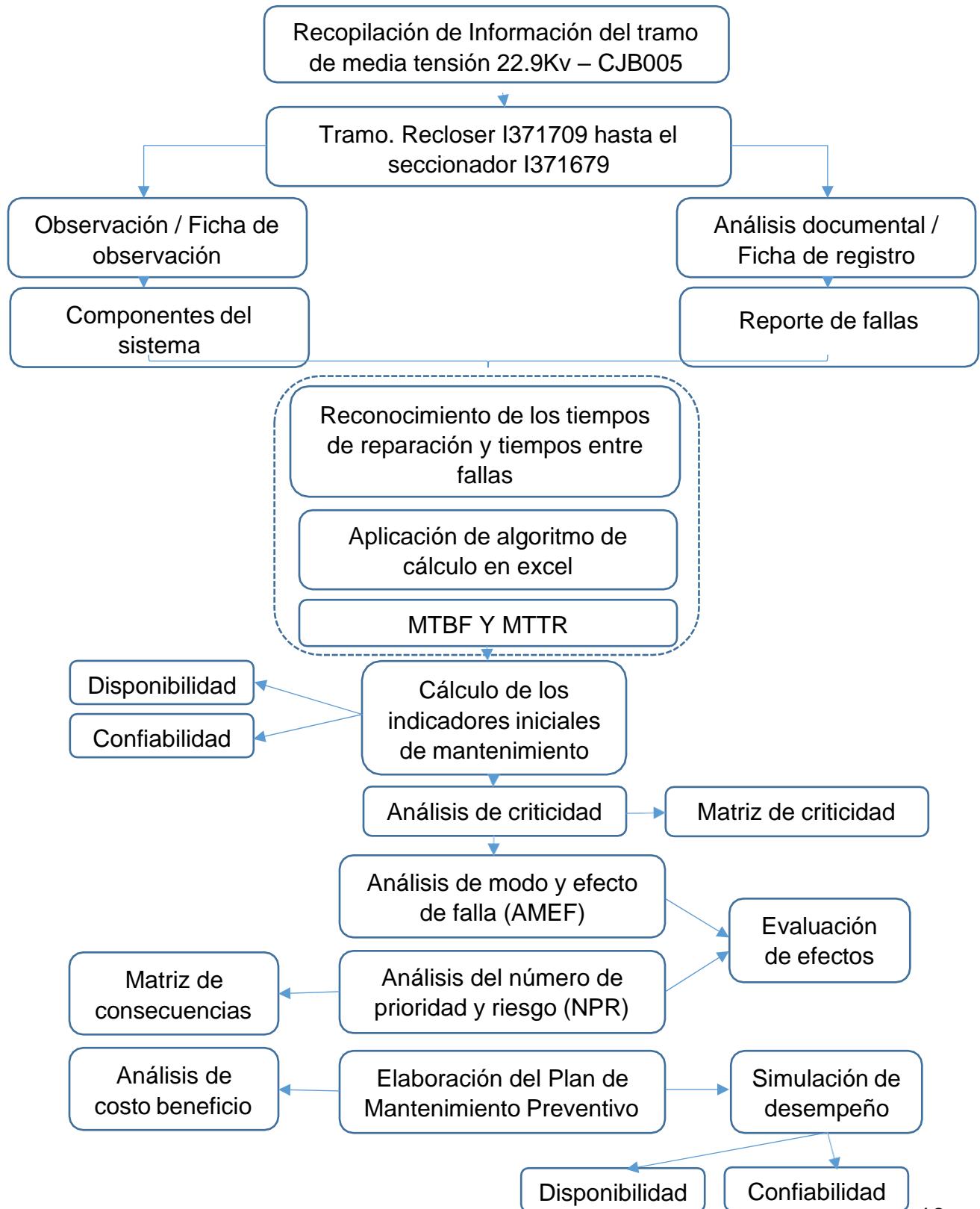
Técnica	Instrumento	Validación
Análisis documental	Ficha de registro	especialista
Observación	Ficha de observación	especialista

*Fuente: Elaboración propia.*

La técnica utilizada para el levantamiento de datos es el análisis documental con la que recolectaremos datos de las fallas de los equipos, la frecuencia de cada falla, la causa y el costo que demanda corregir estas fallas en la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 mediante el instrumento de recolección de datos la ficha de registro (ver Anexo N° 2).

La segunda técnica a emplear para la recolección de datos que no existen en los documentos de la empresa es la observación con la que recolectaremos datos de los componentes del sistema en la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de 22.9Kv en la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 mediante el instrumento la ficha de observación (ver Anexo N°3).

## Procedimientos





## **Método de análisis de datos**

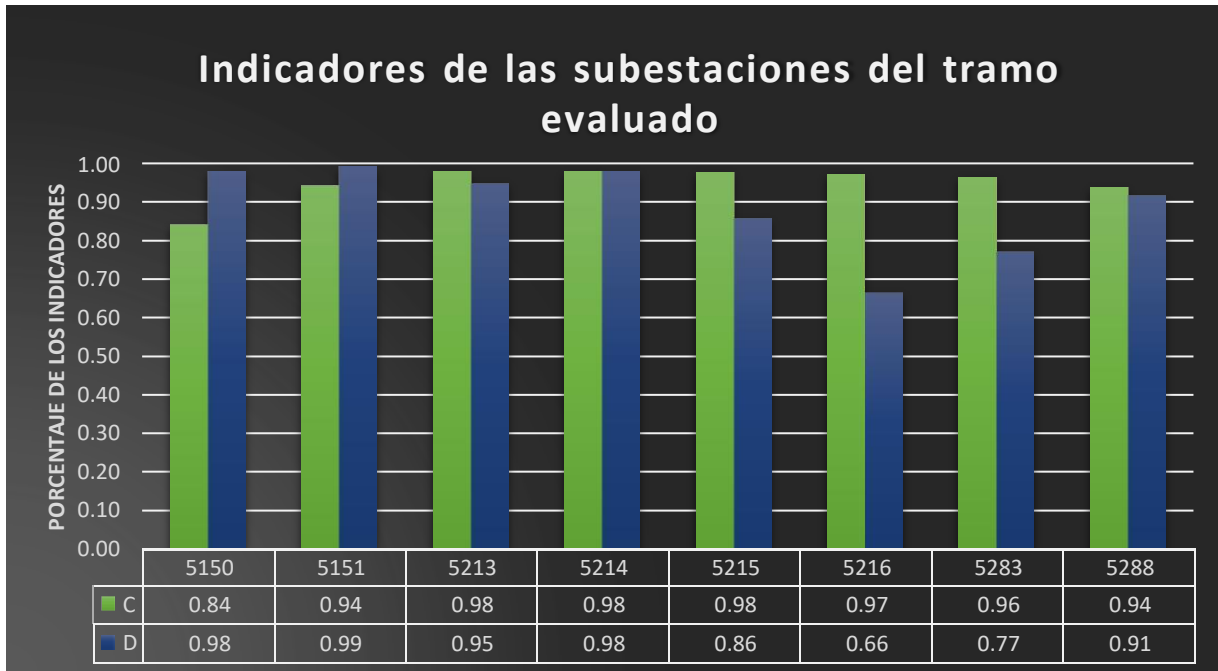
Este trabajo de investigación tiene como base el diagnóstico del estado actual de la red de media tensión de Cajabamba tomando como muestra el tramo de 22.9Kv desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679 en base a los documentos recolectados de la empresa entre ellos los reportes de fallas y las acciones tomadas como tareas correctivas, estos serán analizados para extraer la información necesaria para la investigación con la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, el resultado posterior es que al realizar y aplicar el plan de mejora mediante un plan de mantenimiento preventivo, se comparó con los indicadores iniciales mediante el software ProModel con el diagnóstico de confiabilidad y disponibilidad final, esto nos permitirá demostrar la mejora del sistema.

## **Aspectos éticos**

La ética de un investigador debe enmarcarse dentro del respeto y de la honestidad de sus afirmaciones y la exposición de sus teorías, con unas condiciones mínimas de dignidad y calidad (Ojeda de López, Quintero, & Machado, 2007, pág. 354). En este sentido los investigadores han tomado en cuenta los principios éticos fundamentales, comprometidos a respetar la veracidad de los resultados obtenidos en la investigación y el respeto hacia la información suministrada por la empresa, así mismo la no divulgación de información sensible de la empresa.

#### IV. RESULTADOS

**Tabla 3: Indicadores de Mantenimiento Iniciales según Subestaciones Evaluadas**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Se realizó la evaluación de los indicadores de mantenimiento RCM, para ello se analizó el tiempo de estudio (Hr) de cada subestación, la CB 5150 presentó el mayor tiempo de estudio proporcional con el mayor número de fallas; ver anexo (14), resultando que la menor confiabilidad es de la sub estación 5150 que presentó 84% en el año 2020, y la menor disponibilidad presentó la CB 5216 con 66.16%.

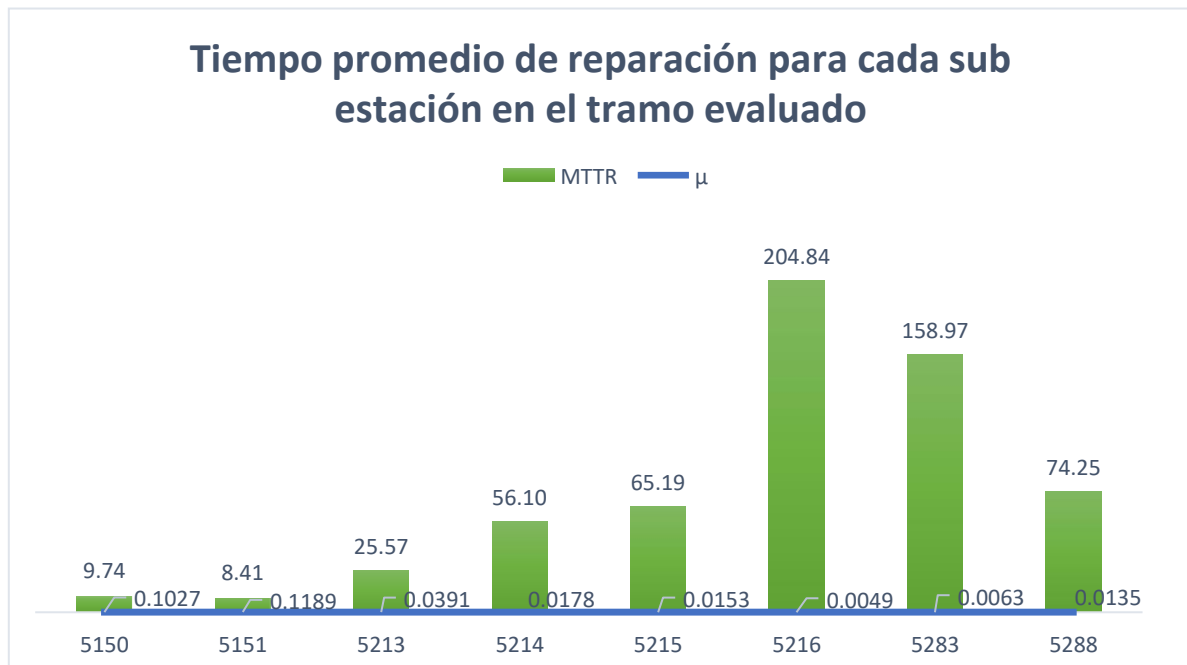
**Tabla 4: Distribución del MTBF y la Tasa de Fallas en el Último Año**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Se realizó la evaluación de los indicadores de mantenimiento basándonos en el tipo RCM, se obtuvo el mayor MTBF en el tramo evaluado, correspondiente a la CB 5214 y su tasa de fallas  $\lambda = 0.0003852$  durante el año 2020.

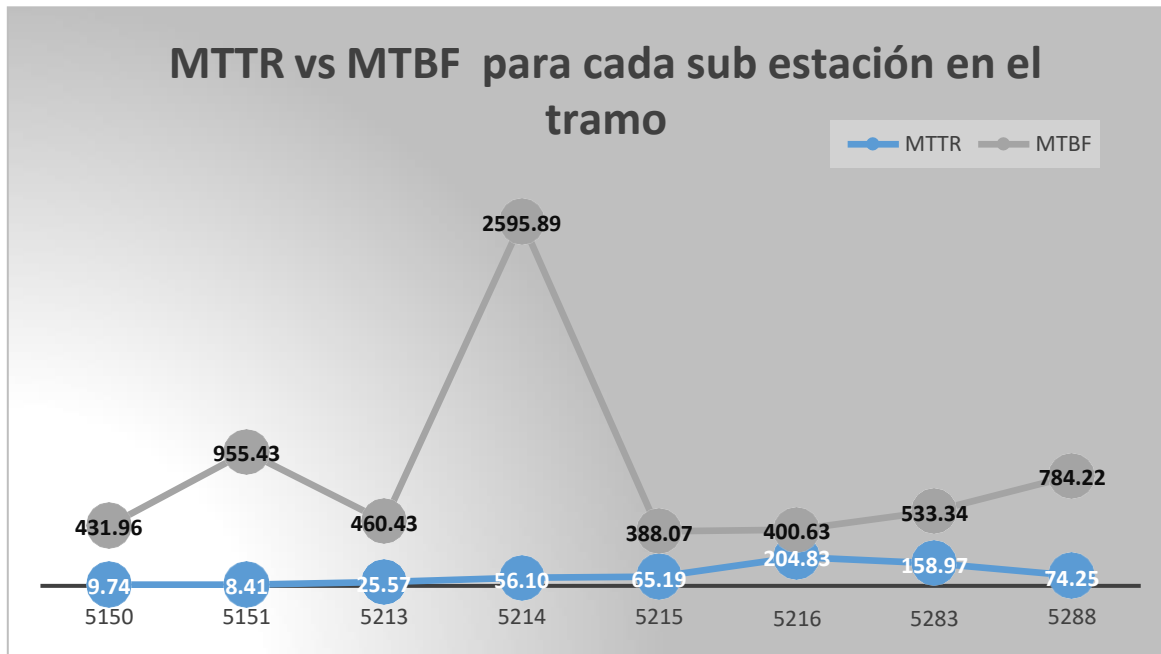
**Tabla 5: Distribución del MTTR y la Tasa de Fallas en el Último Año**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Se realizó la evaluación de los indicadores de mantenimiento basándonos en el tipo RCM, se obtuvo el mayor MTTR en el tramo evaluado, correspondiente a la CB 5216 y su tasa de fallas  $\mu = 0.0048819$  durante el año 2020.

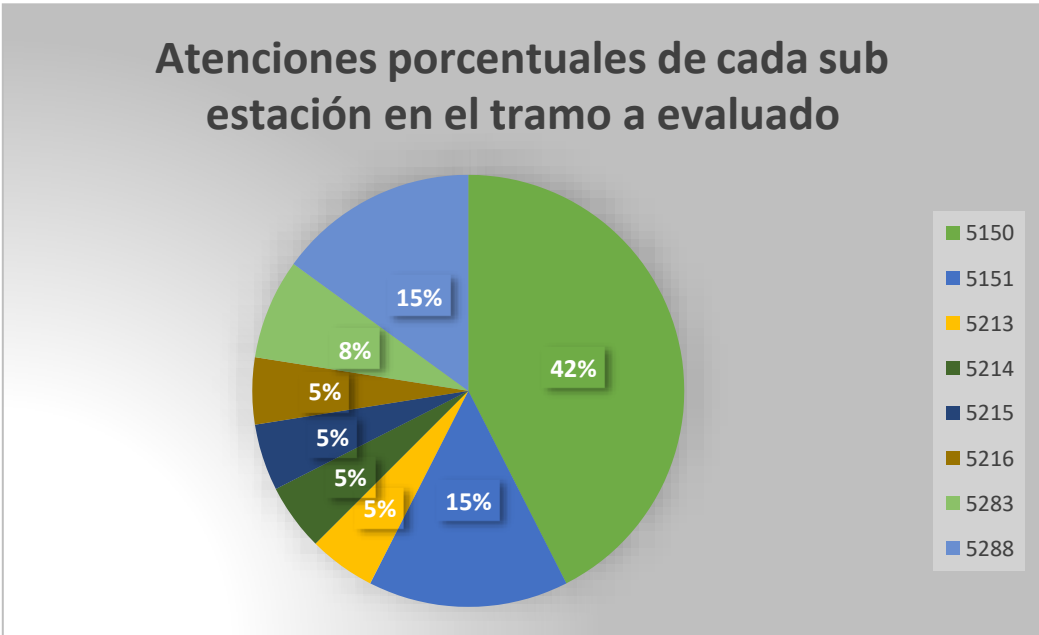
**Tabla 6: Distribución del MTTR y MTBF Correspondiente a las Subestaciones en el Tramo Evaluado**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Se realizó la evaluación de los indicadores de mantenimiento tipo RCM, para ello se obtuvo el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio de reparaciones (MTTR), de cada subestación correspondiente al año 2020. Resultando que la menor dispersión entre estos parámetros resultó en la CB 5216.

Gráfico de torta 1: Porcentaje de atenciones para cada subestación del tramo evaluado en el año 2020



Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó el análisis de criticidad para cada subestación, obteniendo que las subestaciones más críticas en el año 2020 fueron: CB 5150, CB 5151, CB 5288.

**Tabla 7: Análisis de criticidad**

Equipos Identificados	Análisis de Criticidad								
	Atenciones	F F	I O	F O	C M	ISA H	Consecuenci a	Criticida d	Nive l
CB 5150	17	4	6	1	2	2	24	96	Red
CB 5151	6	4	6	1	1	2	12	48	Red
CB 5213	2	2	6	1	1	1	6	12	Verde
CB 5214	2	2	6	1	1	1	6	12	Verde
CB 5215	2	2	6	1	2	2	24	48	Amarillo
CB 5216	2	2	6	1	1	1	6	12	Verde
CB 5283	3	3	6	1	1	1	6	18	Verde
CB 5288	6	4	6	1	2	2	24	96	Red

*Fuente: Elaboración Propia.*

Analizamos las subestaciones de la red de media tensión utilizando la matriz de criticidad del Anexo 5 y los criterios de criticidad del Anexo 6, se determinó su criticidad con el índice de **frecuencia x consecuencia**, siendo la consecuencia el resultado de la aplicación de los criterios de criticidad y la formula N°6 a cada una de las sub estaciones, resultando en 3 subestaciones criticas representadas en color rojo, 1 semicrítica representada en amarillo y 4 no criticas representadas de color verde.

**Tabla 8: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5151**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5151	apoyos	Conformado por postes, crucetas, ferreterías y retenidas	Cumplen la función de aislar los elementos de la tierra, mantener operativa la línea, sirviendo como apoyo y equilibrando las tensiones mecánicas que ejerce la línea manteniendo la verticalidad del poste y respetando las distancias mínimas de seguridad	No aísla los elementos de la línea de la tierra, no se respeta las distancias mínimas de seguridad	Rotura, caída del poste	impacto vehicular	Poste no mantiene la DMS, exposición a las personas.	10	3	3	90
					Rotura de cruceta	sobretensión mecánica	Peligro de falla entre fases	9	3	2	54
					Rotura de ferretería	corrosión	Peligro de ruptura del conductor	5	3	5	75
					Rotura/falla en	sobretensión mecánica y terceros	Sobre tensión mecánica	6	3	7	126



					la retenida		del poste/ perdida de verticalidad				
--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5151**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE SISTEMA ELECTRICO)											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5151	Conductores	conformado por conductor de aluminio, aislador tipo pin, aislador cadena y empalmes	Son elementos importantes que garantizan a el transporte de la energía	deslizamiento de empalmes	Sobrecarga	Demanda excesiva de corriente	presencia de armónicos y daños asociados a equipos de terceros	7	3	7	147
				no transporta la energía eléctrica,	rotura de empalmes	sobre esfuerzo mecánico, corrosión en	No conduce energía eléctrica, líneas	9	3	2	54

			eléctrica , permite n el alineami ento y la continui dad de la línea.	discontinuidad de la línea		los puntos de empalme	caídas, variaciones de tensión				
					ruptura del conductor	por deterioro, corrosión o contacto forestal	Incapaz de entregar energía eléctrica a los puntos de consumo	10	4	5	200
				Fuga de corriente por el aislador	falla en las propiedades del material o factores externos	descargas atmosféricas	presencia del efecto corona, inducción magnética	5	5	7	175

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 10: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5151**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE SISTEMA ELECTRICO)											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5151	Transformador de distribución	Bushing de media y baja tensión	Eleva o disminuye la tensión eléctrica a los niveles requeridos por el sistema. Proteger el transformador de distribución	Incapaz de entregar energía a los niveles óptimos para la red	Rotura de las empaquetaduras de los bornes, grietas en los bushing y Bushing mal ajustados	desgaste de las empaquetaduras	Calentamiento del transformador e interrupción en la transferencia de tensión	8	5	5	200
		Núcleo			Sobre flujo magnético en el núcleo	contacto entre laminas ferrosas	Sobrecalentamiento en el núcleo. El relé del sobre flujo magnético detecta anomalía y se dispara	8	4	7	224

	Taps			nivel de tensión menor al requerido	Rotura del cambiador de tomas	Fuera de servicio	8	5	6	240
	Tanque del transformador			Envejecimiento acelerado	sobrecalentamiento y humedad	Descomposición y erosión del aceite	8	5	7	280
	tablero de control			terminales fundidos	reducción del nivel de tensión	variación de tensión, interrupción de la energía eléctrica	8	5	6	240
	Puesta a tierra			alta resistividad	discontinuidad a la varilla de cobre	fusibles disparados	8	5	6	240

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5150**

sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5150	apoyos	Conformado por postes, crucetas, ferreterías y retenidas	Cumplen la función de aislar los elementos de la tierra, mantener operativa la línea, sirviendo como apoyo y equilibrando las tensiones mecánicas que ejerce la línea manteniendo la verticalidad del poste y respetando las distancias mínimas de seguridad	No aísla los elementos de la línea de la tierra, no se respeta las distancias mínimas de seguridad	Rotura, caída del poste	impacto vehicular	Poste no mantiene la DMS, exposición a las personas.	10	3	3	90
					Rotura de cruceta	sobretensión mecánica	Peligro de falla entre fases	9	3	2	54
					Rotura de ferretería	corrosión	Peligro de ruptura del conductor	5	3	5	75
					Rotura/falla en la retenida	Tensión mecánica y terceros	Sobre tensión mecánica del poste/ pérdida de verticalidad	6	3	7	126

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5150**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE SISTEMA ELECTRICO)											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5150	Conductores	conformado por conductor de aluminio, aislador tipo pin, aislador cadena y empalmes	Son elementos importantes que garantizan el transporte de la energía eléctrica, permiten el alineamiento y la continuidad	deslizamiento de empalmes	Sobrecarga	Demanda excesiva de corriente	presencia de armónicos y daños asociados a equipos de terceros	7	3	7	147
			no transporta la energía eléctrica, discontinuidad de la línea	rotura de empalmes	sobre esfuerzo mecánico, corrosión en los puntos de empalme	No conduce energía eléctrica, líneas caídas, variaciones de tensión	9	3	2	54	
			ruptura del conductor	por deterioro, corrosión o	No entrega energía eléctrica	10	4	5	200		

			dad de la línea.		contacto forestal	a los centros de consumo					
				Fuga de la corriente por el aislador	falla en las propiedades del material o factores externos	descargas atmosféricas	presencia del efecto corona, inducción magnética	5	5	7	175

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 13: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5150**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE SISTEMA ELECTRICO)											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5150	Transformador de distribución	Bushing de media y baja tensión	Eleva o disminuir la tensión eléctrica a los niveles requeridos por el sistema. Proteger el transformador de distribución	Incapaz de entregar energía a los niveles óptimos para la red	Rotura de las empaquetaduras de los bornes, grietas en los bushing y Bushing mal ajustados	desgaste de las empaquetaduras	Calentamiento del transformador e interrupción en la transferencia de tensión	8	5	5	200
		Núcleo			Sobre flujo magnético en el núcleo	contacto entre laminas ferrosas	Sobrecalentamiento en el núcleo. El relé del sobre flujo magnético detecta anomalía y se dispara	8	4	7	224



				nivel de tensión menor al requerido	Rotura del cambiador de tomas	Fuera de servicio	8	5	6	240
				Envejecimiento acelerado	sobrecalentamiento y humedad	Descomposición y erosión del aceite	8	5	7	280
				terminales fundidos	reducción del nivel de tensión	variación de tensión, interrupción de la energía eléctrica	8	5	5	200
				alta resistividad	discontinuidad a la varilla de cobre	fusibles disparados	8	5	5	200
	Taps									
	Tanque del transformador									
	tablero de control									
	Puesta a tierra									

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5288**

sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5288	apoyos	Conformado por postes, crucetas, ferreterías y retenidas	Cumplen la función de aislar los elementos de la tierra, mantener operativa la línea, sirviendo como apoyo y equilibrando las tensiones mecánicas que ejerce la línea manteniendo la verticalidad del poste y respetando las distancias mínimas de seguridad	No aísla los elementos de la línea de la tierra, no se respeta las distancias mínimas de seguridad	Rotura, caída del poste	impacto vehicular	Poste no mantiene la DMS, exposición a las personas.	10	3	3	90
					Rotura de cruceta	sobretensión mecánica	Peligro de falla entre fases	9	3	2	54
					Rotura de ferretería	corrosión	Peligro de ruptura del conductor	5	3	5	75
					Rotura/falla en la retenida	Manipulación por terceros	Sobre tensión mecánica del poste/ pérdida de verticalidad	6	3	7	126

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 15: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB 5288**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE SISTEMA ELECTRICO)											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5288	Conductores	conformado por conductor de aluminio, aislador tipo pin, aislador cadena y empalmes	Son elementos importantes que garantizan el transporte de la energía eléctrica, permiten el alineamiento y la continuidad de la línea.	deslizamiento de empalmes	Sobrecarga	Demanda excesiva de corriente	presencia de armónicos y daños asociados a equipos de terceros	7	3	7	147
				no transporta la energía eléctrica, discontinuidad de la línea	rotura de empalmes	sobre esfuerzo mecánico, corrosión en los puntos de empalme	No conduce energía eléctrica, líneas caídas, variaciones de tensión	9	3	2	54
					ruptura del conductor	por deterioro, corrosión o contacto forestal	No entrega energía eléctrica a los centros de consumo	10	4	5	200

				Fuga de la corriente por el aislador	falla en las propiedades del material o factores externos	descargas atmosféricas	presencia del efecto corona, inducción magnética	5	5	7	175

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 16: Análisis del AMEF y NPR de la subestación CB5288**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE SISTEMA ELECTRICO)											
sistema	Suministro: I371679 - I3717709			Falla Funcional	Modo de Falla Potencial	Causa de falla	Efectos Potenciales de Falla	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
	Subsistema	Descripción del subsistema	Función								
SED CB 5288	Transformador de distribución	Bushing de media y baja tensión	Elevar o disminuir la tensión eléctrica a los niveles requeridos por el sistema. Proteger el transformador de distribución	Incapaz de entregar energía a los niveles óptimos para la red	Rotura de las empaquetaduras de los bornes, grietas en los bushing y Bushing mal ajustados	desgaste de las empaquetaduras	Calentamiento del transformador e interrupción en la transferencia de tensión	8	5	5	200
		Núcleo			Sobre flujo magnético en el núcleo	contacto entre laminas ferrosas	Sobrecalentamiento en el núcleo. El relé del sobre flujo magnético detecta anomalía y se dispara	8	4	7	224

	Taps			nivel de tensión menor al requerido	Rotura del cambiador de tomas	Fuera de servicio	8	5	6	240
	Tanque del transformador			Envejecimiento acelerado	sobrecalentamiento y humedad	Descomposición y erosión del aceite	8	5	7	280
	tablero de control			terminales fundidos	reducción del nivel de tensión	variación de tensión, interrupción de la energía eléctrica	8	5	5	200
	Puesta a tierra			alta resistividad	discontinuidad a la varilla de cobre	fusibles disparados	8	5	5	200

*Fuente: Elaboración propia.*

## Programa de actividades

**Tabla 17: Cronograma de actividades anuales del Plan de Mantenimiento**

Plan de Mantenimiento Preventivo (RCM) de la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 - CB5150																	
Subsistema	Equipo/elemento	Actividad	Duración	Responsables	Frecuencia	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Apoyos	Postes	Pintado de la base de los postes, cambio de postes según el estado físico.	3h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	12												
Apoyos	Crucetas	Inspección de cada uno de los elementos, amarre y reajuste.	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Apoyos	Ferreterías	inspeccionar el estado de las ferreterías y reposición de ferreterías dañadas.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Apoyos	Retenidas	Inspección y ajuste de retenida	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												

Conductores	tablero de control / Empalmes	Inspección de los contactares en el tablero de mando y verificación de los empalmes.	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4												
Conductores	Conductor eléctrico / empalmes	Revisión de conexiones y verificación de la flecha	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Conductores	Conductor eléctrico	Inspección, diagnóstico del conductor de media tensión a lo largo del vano, reemplazo del conductor deteriorado y limpieza de la franja de servidumbre	3h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3												
Conductores	Aisladores y seccionadores	Inspección y limpieza de los aisladores. Cambio de aisladores, cambio de fusibles tipo K quemados	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4												
			1h		4												



Transformador de distribución	Bushing y aceite dieléctrico	Inspección del nivel de aceite y del deterioro de las empaquetaduras de los bornes (Cambio de empaquetaduras). Inspección del deterioro de los bushing y ajustes.		Supervisor, liniero, apoyo y chofer											
Transformador de distribución	Transformador de distribución/ Núcleo	Inspección y control de la temperatura	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3										
Transformador de distribución	Taps	Inspección guiada, verificar y reajustar la relación de transformación.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3										
Transformador de distribución	Tanque del transformador	instalación de carcasa protectora contra rayos uv	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3										
Transformador de distribución	Tablero de control	Inspección del estado actual, apretar borneras de	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4										

		conexión y limpieza (aspiración de los residuos)																	
Transformador de distribución	Puesta a tierra	Medición de la resistividad del sistema de puesta a tierra y reparación.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3														

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18: Cronograma de actividades anuales del Plan de Mantenimiento**

Plan de Mantenimiento Preventivo (RCM) de la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 - CB5151																		
Subsistema	Equipo/elemento	Actividad	Duración	Responsable	Frecuencia	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
Apoyos	Postes	Pintado de la base de los postes, cambio de postes según el estado físico.	3h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	12													
Apoyos	Crucetas	Inspección de cada uno de los elementos, amarre y reajuste.	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6													

Apoyos	Ferreterías	inspeccionar el estado de las ferreterías y reposición de ferreterías dañadas.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Apoyos	Retenidas	Inspección y ajuste de retenida	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Conductores	tablero de control / Empalmes	Inspección de los contactares en el tablero de mando y verificación de los empalmes.	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4												
Conductores	Conductor eléctrico / empalmes	Revisión de conexiones y verificación de la flecha	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Conductores	Conductor eléctrico	Inspección, diagnóstico del conductor de media tensión a lo largo del vano, reemplazo del conductor deteriorado	3h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3												

		y limpieza de la franja de servidumbre																	
Conductores	Aisladores y seccionadores	Inspección y limpieza de los aisladores. Cambio de aisladores, cambio de fusibles tipo K quemados	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4														
Transformador de distribución	Bushing y aceite dieléctrico	inspección del nivel de aceite y del deterioro de las empaquetaduras de los bornes (Cambio de empaquetaduras). Inspección del deterioro de los bushing y ajustes.	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4														
Transformador de distribución	Transformador de distribución / Núcleo	Inspección y control de la temperatura	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3														
Transformador de distribución	Taps	Inspección guiada, verificar y reajustar la relación de transformación.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3														

Transformador de distribución	Tanque del transformador	instalación de carcasa protectora contra rayos uv	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3														
Transformador de distribución	Tablero de control	Inspección del estado actual, apretar borneras de conexión y limpieza (aspiración de los residuos)	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4														
Transformador de distribución	Puesta a tierra	Medición de la resistividad del sistema de puesta a tierra y reparación.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3														

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 19: Cronograma de actividades anuales del Plan de Mantenimiento**

<b>Plan de Mantenimiento Preventivo (RCM) de la red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 - CB5288</b>																	
Subsistema	Equipo/elemento	Actividad	Duración	Responsable	Frecuencia	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Apoyos	Postes	Pintado de la base de los postes, cambio de postes según el estado físico.	3h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	12												
Apoyos	Crucetas	Inspección de cada uno de los elementos, amarre y reajuste.	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Apoyos	Ferreterías	inspeccionar el estado de las ferreterías y reposición de ferreterías dañadas.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Apoyos	Retenidas	Inspección y ajuste de retenida	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
			1h		4												

Conductores	tablero de control / Empalmes	Inspección de los contactores en el tablero de mando y verificación de los empalmes.		Supervisor, liniero, apoyo y chofer													
Conductores	Conductor eléctrico / empalmes	Revisión de conexiones y verificación de la flecha	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	6												
Conductores	Conductor eléctrico	Inspección, diagnóstico del conductor de media tensión a lo largo del vano, reemplazo del conductor deteriorado y limpieza de la franja de servidumbre	3h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3												
Conductores	Aisladores y seccionadores	Inspección y limpieza de los aisladores. Cambio de aisladores, cambio de fusibles tipo K quemados	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4												
Transformador de	Bushing y aceite	inspección del nivel de aceite y del deterioro de las	1h	Supervisor, liniero,	4												

distribución	dieléctrico	empaquetaduras de los bornes (Cambio de empaquetaduras). Inspección del deterioro de los bushing y ajustes.		apoyo y chofer														
Transformador de distribución	Transformador de distribución/ Núcleo	Inspección y control de la temperatura	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3													
Transformador de distribución	Taps	Inspección guiada, verificar y reajustar la relación de transformación.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3													
Transformador de distribución	Tanque del transformador	instalación de carcasa protectora contra rayos uv	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3													
Transformador de distribución	Tablero de control	Inspección del estado actual, apretar borneras de conexión y limpieza (aspiración de los residuos)	1h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	4													



Transformador de distribución	Puesta a tierra	Medición de la resistividad del sistema de puesta a tierra y reparación.	2h	Supervisor, liniero, apoyo y chofer	3										

Fuente: Elaboración propia.

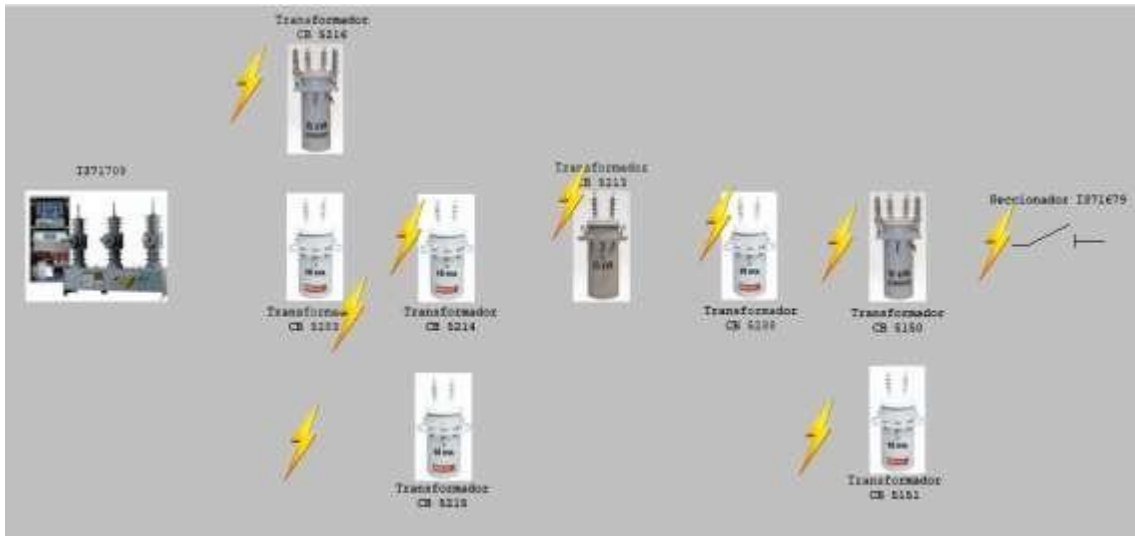
**Tabla 20: Comparación de los indicadores de mantenimiento.**

<b>CBS</b>	<b>Confiabilidad antes (%)</b>	<b>MTTR. Post mejora (Hrs)</b>	<b>MTBF. Post mejora (Hrs)</b>	<b>Confiabilidad. Mejorada (%)</b>	<b>Disponibilidad. Mejorada (%)</b>
<b>5213</b>	97.91	16.43	469.57	97.95	96.61
<b>5214</b>	97.97	36.066	2615.923	97.99	98.64
<b>5215</b>	97.69	41.91	411.35	97.82	90.75
<b>5216</b>	97.02	131.69	473.78	97.47	78.24
<b>5283</b>	96.34	102.2	590.1	96.68	85.23
<b>5288</b>	93.64	47.74	810.73	93.84	94.43
<b>5150</b>	84.04	6.26	435.44	84.16	98.58
<b>5151</b>	94.12	5.4	958.43	94.14	99.44

*Fuente: Elaboración propia.*

Con la aplicación del Número Prioritario de Riesgo (NPR) del plan de mantenimiento se mejoró los indicadores de la confiabilidad, las subestaciones críticas mejoraron al 84.16%, 93,84% y 94,14% de las CBS 5288, 5150 y 5151 respectivamente, en comparación a la simulación nos arrojó un porcentaje de utilización de 99.01% proporcional a la disponibilidad de la red.

**Figura 1: Diseño de la red 22.9Kv desde I371709.**



*fuentes 1: Elaboración Propia.*

Se utilizó el software ProModel para diseñar la funcionalidad de las subestaciones y corrimos la simulación de la red a un año desde 01 de enero al 25 de diciembre.

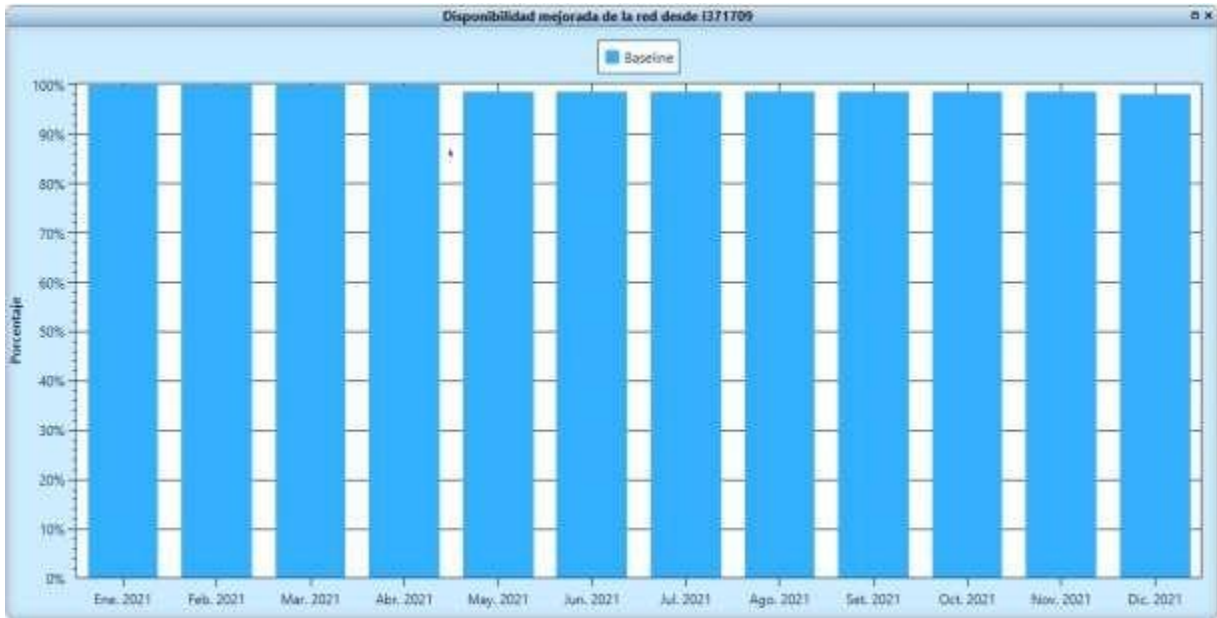
**Figura 2: Resultados de la simulación desde I371709.**

Locación Resumen									
Nombre	Tiempo Programado (Dey)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (H)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización	
I371709	349.00	1.00	174.00	47.66	0.99	1.00	1.00	99.01	

*fuentes 2: Elaboración Propia.*

El software nos arrojó los siguientes resultados entre los cuales el porcentaje de utilización es proporcional a la porcentualidad de la disponibilidad de la red.

**Figura 3: Resultados post mejora de la disponibilidad de la red desde I371709.**



*fuentes 3: Elaboración en ProModel.*

El software también arrojó la relación del flujo en meses para cada locación, para nuestro caso cada locación es interpretada como CB del sistema, considerando punto de diseño a I371709 y punto de término a I371679. La entidad que recorre por estas ha sido denominada “flujo eléctrico”, para la lógica de programación ver anexo (9).

**Figura 4 Capacidad total del sistema desde I371709 – Reconectador.**



*fuentes 4: Elaboración con ProModel.*

Mediante el software se obtuvo como resultados la disponibilidad de la red a 99.47% desde el punto de diseño "I371709 - Reconectador", reduciendo los tiempos de paradas de cada subestación en serie, el resultado para un flujo continuo se consideró que el tiempo necesario de operación era proporcional con el tiempo que toma en llegar de una CB a otra.

## Costos para la implementación del mantenimiento

**Tabla 21: Costo de operacional**

<b>Costo de operación</b>			
	<b>Responsables</b>	<b>Soles/hora</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Supervisor</b>	1	120	120
<b>Apoyo</b>	3	50	150
<b>Chofer</b>	2	150	300
<b>Liniero</b>	3	100	300
<b>Costo de operación/ día</b>			870
<b>Costo operación/ hr</b>			108,75

*Fuente: Elaboración propia.*

El costo operacional mostrado en la tabla 7 es el costo total por hora de dos cuadrillas conformadas por 1 supervisor, 3 apoyos, 2 choferes y 3 linieros los cuales son los responsables de realizar las operaciones de mantenimiento, obteniendo un costo operacional de S/.870.00 por día, tomando en cuenta la jornada laboral de 8 horas el costo operacional por cada hora es de S/.108,75.

## Ahorro de horas perdidas

**Tabla 22: Ahorro por horas perdidas**

<b>T. de parada Inicial (hr)</b>	<b>T. de parada final (hr/año)</b>	<b>T. de parada evitado (hr)</b>	<b>Costo de operación/ hr</b>	<b>Beneficio ahorro en horas perdidas</b>
<b>1841,72</b>	<b>387,7</b>	<b>1454,02</b>	<b>108,75</b>	<b>158124,675</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Para identificar las ganancias tomamos en cuenta el tiempo de parada inicial y el tiempo de para final, el tiempo de parada inicial representa aquellos tiempos con los cuales partió la investigación correspondiente al año 2020 y los finales son los tiempos de parada mejorados o disminuidos por la simulación de la aplicación del plan de mantenimiento, siendo 1841,72 h y 387,7 h respectivamente. El tiempo de parada evitado es la diferencia del tiempo de parada inicial con el final dando un valor de

1454.02hr que representa las horas de reparación que hemos evitado o ahorrado realizar. Teniendo un costo operacional por hora de S/. 108,75 y un tiempo de parada evitado de 1454,02hr, el beneficio por ahorro en horas perdidas es de S/.158 124,675

**Tabla 23: Costos asociado al mantenimiento predictivo**

Descripción	Costo S/	Unidad	Cantidad	Subtotal S/
Inspección termográfica de las líneas de distribución	434,82	soles/km	5,84	2539,349
Inspección termográfica del transformador	434,82	N°sub	3	1304,46
Prueba de rigidez dieléctrica del aceite del transformador	120	N°sub	3	360
<b>Total</b>				<b>4203,809</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 24: Costos asociados al mantenimiento preventivo**

Costos de Mantenimiento Preventivo				
Descripción	Costo S/	Veces al año	N° subestaciones	Subtotal S/
Pintado de la base de los postes, verticalización de poste, cambio de postes según el estado físico.	4423	1	3	13269
Inspección de cruceta y cada uno de los elementos, amarre y reajuste.	505	2	3	3030
Inspeccionar el estado de las ferreterías y reposición de ferreterías dañadas.	500	2	3	3000
Inspección y ajuste de retenida	558	2	3	3348
Inspección de los contactares en el tablero de mando y verificación de los empalmes.	435,98	3	3	3923,82
Revisión de conexiones y verificación de la flecha	2068,9	2	3	12413,4

<b>Inspección, diagnóstico del conductor de media tensión a lo largo del vano, reemplazo del conductor deteriorado y limpieza de la franja de servidumbre</b>	1973,99	4	3	23687,88
<b>Inspección y limpieza de los aisladores. Cambio de aisladores, cambio de fusibles tipo K quemados</b>	854	3	3	7686
<b>inspección del nivel de aceite y del deterioro de las empaquetaduras de los bornes (Cambio de empaquetaduras). Inspección del deterioro de los bushing y ajustes.</b>	514	3	3	4626
<b>Inspección y control de la temperatura del transformador</b>	240,5	4	3	2886
<b>Inspección guiada, verificar y reajustar la relación de transformación.</b>	488	4	3	5856
<b>Instalación de carcasa protectora contra rayos uv al transformador</b>	892	4	3	10704
<b>Inspección del estado actual, apretar borneras de conexión y limpieza (aspiración de los residuos) del tablero de control</b>	46,2	3	3	415,8
<b>Medición de la resistividad del sistema de puesta a tierra y reparación.</b>	410	3	3	3690
<b>Total</b>				<b>98535,9</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Con la finalidad de determinar el beneficio al disminuir los tiempos de paradas con el implemento de un plan de mantenimiento preventivo es indispensable demostrar el beneficio económico para la empresa por ello entre los costos que demanda la implementación son los costos por mantenimientos predictivos y los costos por mantenimientos preventivos, teniendo un total de S/. 4203,809 y S/. 98535,9 respectivamente.



**Tabla 25: Costo total del beneficio útil**

<b>Beneficio útil</b>	
	S/.
<b>Ahorro en horas perdidas</b>	158124,68
<b>Costo del mantenimiento predictivo</b>	4203,81
<b>Costo del mantenimiento preventivo</b>	98805,90
<b>total</b>	<b>55114,97</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 26: Inversión de activos físicos**

<b>Inversión de activos físicos y tecnología para la implementación del Amef</b>				
<b>ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Sub total</b>
<b>1</b>	<b>Equipos de protección</b>			<b>12612,1</b>
<b>2</b>	guantes dieléctricos	10	445	4450
<b>3</b>	gafas de seguridad UV	10	17,5	175
<b>4</b>	casco dieléctrico	10	35	350
<b>5</b>	mangas	10	47,71	477,1
<b>6</b>	arnés dieléctrico	6	431	2586
<b>7</b>	calzado de seguridad dieléctricos	10	175	1750
<b>8</b>	línea de vida	6	189	1134
<b>9</b>	apoyos de escalamiento	6	205	1230
<b>10</b>	Eslinga tipo faja	6	40	240
<b>11</b>	conos de señalización	6	10	60
<b>12</b>	cintas de señalización	2	80	160
	<b>Herramientas</b>			<b>3683,9</b>
<b>13</b>	Maletín de herramientas	2	900	1800
<b>14</b>	Escalera de fibra de vidrio 2 cuerpos, antideslizante con accesorios de sujeción	1	1300	1300
<b>15</b>	Trapo industrial	1	29,9	29,9
<b>16</b>	Solvente dieléctrico	5	43	215
<b>17</b>	Barreta	2	92	184
<b>18</b>	pala	2	70	140
<b>19</b>	brochas	3	5	15
	<b>Equipos de medición</b>			<b>5958</b>

<b>20</b>	revelador de tensión	1	450	450
<b>21</b>	cámara termográfica Tg167	1	2408	2408
<b>22</b>	megohmetro	1	750	750
<b>23</b>	Pértiga eléctrica	2	950	1900
<b>24</b>	Probador de aislamiento de pértiga	1	450	450
<b>Materiales</b>				<b>17152</b>
<b>25</b>	Fusible de 15 A	12	50	600
<b>26</b>	Fusible de 25 A	12	90	1080
<b>27</b>	Fusible de 30 A	12	100	1200
<b>28</b>	Fusible de 50 A	12	150	1800
<b>29</b>	Interruptores	12	100	1200
<b>30</b>	Seccionadores Cut Out con pararrayos 27kv	4	635	2540
<b>31</b>	Conectores concéntricos de 25 AA	12	50	600
<b>32</b>	Conectores concéntricos de 35 AA	6	60	360
<b>33</b>	Conectores concéntricos de 70 AA	6	70	420
<b>34</b>	1 Varilla de puesta a tierra	3	390	1170
<b>35</b>	15 m Alambre bimetálico	3	150	450
<b>36</b>	100 m Cable N2XSY	3	1344	4032
<b>37</b>	30 m Cable concéntrico	3	50	150
<b>38</b>	Cinta aislante	5	40	200
<b>39</b>	Aislador tipo espiga 22,9 kv	9	150	1350
<b>Costo Total</b>				<b>39406</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Para determinar el costo beneficio de la investigación se realizó el estudio del ROI (retorno operacional sobre la inversión) expresada en la formula N°7 donde divide la inversión inicial sobre beneficio útil , en la Tabla N° 26 se muestra el detalle del beneficio útil siendo el ahorro en horas perdidas menos los costos de mantenimiento tanto preventivo como predictivo, obteniendo un resultado de S/.55114,97 y la inversión inicial en activos físicos para la implementación del AMEF detallad en la Tabla N° 27 con un costo total de S/. 39406,00. Con la ejecución proyectada del plan de mantenimiento preventivo, nos da como resultado el retorno de la inversión en 8,6 meses.

$$\text{R. O. I.} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}} \quad (7)$$

$$\text{R. O. I.} = \frac{39406}{55114,97}$$

$$\text{R. O. I.} = 0.71$$

$$\text{R. O. I.} = 8,5 \text{ meses}$$

## V. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los indicadores del RCM en la investigación de Villanueva, 2017 en su trabajo de investigación: “Desarrollo de la Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2KV de San Gabán – Ollachea”. Quien diseñó un sistema de gestión de mantenimiento basada en la confiabilidad, mediante una taxonomía de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2KV de San Gabán – Ollachea. Proporcionalmente obtuvimos los elementos principales que conforman la red desde I371709 a I371679 con una longitud aproximada de 5,8 km como son las subestaciones aéreas monoposte, ya que para cualquier falla en la red de 22.9KV se necesita intervenir en estas aperturando el servicio eléctrico. Por ello se realizó una jerarquización de la red con criterios que obedecen al mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.

A la luz de los resultados obtenidos Villanueva, 2017. En su título de grado “Desarrollo de la Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2KV de San Gabán – Ollachea” Aplicó el análisis de confiabilidad teniendo un resultado de 85.94% también realizó el estudio de criticidad para los elementos del subsistema de la red primaria como son los conductores, pararrayos, seccionadores y puesta a tierra, permitiéndole jerarquizar los sub sistemas más críticos. Basados en el estudio ya mencionado analizamos el tiempo promedio de operación (MTBF) y el tiempo promedio de reparación (MTTR) para un posterior análisis de la confiabilidad y disponibilidad de cada subestación. Luego continuamos con el análisis de criticidad; de las subestaciones de distribución teniendo como críticos la sub estación CB5050, CB5051 y CB588 a la cuales les corresponde una confiabilidad de 0.84%, 0.94% y 0.94%. teniendo en promedio una confiabilidad inicial mayor a la de Villanueva es necesario resaltar que mientras los indicadores están más próximos en llegar al 100% elevarlos demandaran una mayor dificultad.

Bajo el enfoque metodológico del RCM encontramos que el análisis de modos y efectos de falla permite identificar los riesgos y fallos potenciales desde diferentes fuentes. Villanueva, 2017. En su trabajo de investigación “Desarrollo de la Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2KV de San Gabán – Ollachea” aplicó de igual forma una metodología de análisis de fallas potenciales para los subsistemas que conforman la red primaria de Ollachea los cuales fueron el sistema de protección y los conductores de tal manera que se tomó como base para el desarrollo de la presente tesis coincidiendo en el análisis de los conductores pero además incluyendo los apoyos y las partes de los transformadores.

Teniendo en cuenta los indicadores de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, según Mahecha, 2019. En su tesis “Metodología para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a la subestación de distribución de energía eléctrica” en Tolima - Colombia. Comparando metodologías utilizadas tenemos que; para la elaboración del plan de mantenimiento optamos por el número de prioridad de riesgos NPR mientras que Mahecha utiliza una matriz de riesgos teniendo como resultados la prioridad sobre los devanados, disyuntores y seccionadores. Nosotros obtuvimos resultados de prioridad a los componentes del transformador: Bushing, tanque de aceite, núcleo, tablero, puesta a tierra y además el conductor eléctrico. Según los criterios de gravedad de fallo; criterio para la probabilidad de que ocurra el fallo y el criterio para la detección del fallo. Resultando que los mayores a 200 fueron tipificados como elementos de alto riesgo.

Teniendo en cuenta los pasos a seguir para la elaboración del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, según Mahecha, 2019. En su tesis “Metodología para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a la subestación de distribución de energía eléctrica” en Tolima Colombia. Para llegar a la elaboración de esta metodología de mantenimiento sigue un modelo de gestión empezando por la clasificación taxonómica, análisis de criticidad, especificaciones técnicas, clasificación de fallos, priorización y la elaboración del plan de mantenimiento como tal. El producto de toda esta metodología se ve evidenciada en las actividades de mantenimiento junto a su periodicidad. Nosotros en el presente plan de mantenimiento también tenemos una sistematización de pasos, para cumplir con la metodología RCM, entre los cuales están: la jerarquización de los componentes existentes, identificación de elementos críticos, identificación de fallas, causas, evaluación de sus efectos, asignación del número prioritario de riesgo y programa calendarizado de actividades preventivas y predictivas. A diferencia del autor, incluye también una serie de actividades correctivas en un orden que requiere un espaciamento en el tiempo para diferentes elementos mantenibles de las subestaciones.

A la luz de los resultados de (Castañeda, 2019). Nos ofrece alcances respecto a la idealización del diseño de un alimentador para una red de 22.9 Kv en su investigación para titulación “Diseño de alimentador en media tensión 10–22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo – SATT”. Donde establece que la confiabilidad requerida para un sistema; debe ser establecida por la criticidad que presentan las cargas, entre ellas tenemos cargas que aceptan paradas prolongadas, cargas que aceptan paradas por varios minutos, y cargas que no aceptan ninguna interrupción. Comparando estas tipificaciones con las obtenidas en la metodología NPR. Nosotros logramos analizar la mejora de los indicadores de la confiabilidad: MTTR y MTBF. Con la disminución de fallos aceptables y reducciones deseables; mediante tareas que incluimos deben realizarse para las subestaciones críticas. Luego pasamos a la simulación del sistema

mediante el software ProModel y así constatamos mejoras en el porcentaje de utilización de la red. Interpretando en la lógica de programación los indicadores que se relacionan al mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), el MTTR y MTBF.

(Salas, 2019). En su investigación “Propuesta de implementación del plan de mantenimiento basado en criterios de RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) para una línea de transmisión de 500Kv” concluye con la implementación del RCM en redistribuir actividades como son la medición del sistema puesta a tierra, inspección de servidumbres y mantenimiento de accesorios; con presupuesto total de gastos \$305,989.00. Teniendo en cuenta que las actividades en alta tensión demandan mayor seguridad eliminando lo máximo posible el factor de riesgo, nosotros elaboramos de igual manera actividades siguiendo los criterios de RCM para media tensión. En el presente plan de mantenimiento preventivo anual comparamos dicho presupuesto con la inversión inicial más 10% por gastos generales, obteniendo inversión total de aproximadamente \$11,407.00; con retorno de la implementación de 8.5 meses, posterior al tiempo de planificación (1 año), comprobamos que nuestra inversión para la red en 22.9Kv representa el 3.7% del plan de mantenimiento a 500Kv. Indicador parcialmente bajo debido a la complejidad y longitud de la línea.

## VI. CONCLUSIONES

Se realizó la identificación de los componentes intervinientes en la red 22.9 Kv como los sistemas de protección, conductores y estructuras.

Se analizó e identificó de las subestaciones con mayor frecuencia de falla, mediante el ACR para las subestaciones que conforman la red de media tensión obteniendo las subestaciones críticas en 2020: CB 5150; CB 5151 y CB 5288.

En cuanto al AMEF, acciones en los equipos que presentaron mayores fallas potenciales o riesgo de fallar, demuestra una mejora en la confiabilidad de los subsistemas de la red: apoyos, conductores y transformadores.

Se elaboró el plan de mantenimiento RCM aplicado a subestaciones de distribución. Obtuvimos como costo de inversión anual s/ 16,900.00 de la planificación e implementación para un retorno en 2.5 años, es decir, se logró reducir las interrupciones de servicio en la red del CJB 005. Actuando principalmente en los conductores y transformadores.

Se generó la simulación en Pro Model de los indicadores post mejora, comparando indicadores de Alvares, 2019. Para obtener la mejora en  $C=0.99$  y  $D=0.9$  indicadores de la confiabilidad de la red, la cual se comprobó con el aumento de la confiabilidad de los subsistemas que presentaron mayor índice de fallas.

La rentabilidad de la investigación aplicada es de aproximadamente s/16,900.00 en dos años y medio, cabe resaltar que el plan de mantenimiento preventivo es una metodología para subestaciones de distribución, en zonas frías.



Se diseñó el plan de mantenimiento preventivo RCM para subestaciones de distribución aéreas monoposte, en el cronograma tenemos actividades cada 12 meses como: pintado de la base de los postes; cambio de postes según el estado físico y actividades cada 3 meses como: inspección del conductor de media tensión; limpieza de la franja de servidumbre, medición de la resistividad del sistema de puesta a tierra y reparación. La inversión del plan de mantenimiento preventivo fue s/39,406.00 con un retorno de aproximadamente 9 meses. La planificación del mantenimiento es el resultado de la gestión estratégica, ya que forma parte de las actividades a largo plazo del consorcio.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar visitas semanales a subestaciones de distribución en situ para apreciación y reconocimiento de los componentes físicos de una subestación.

Se recomienda actualizar bimestralmente la jerarquización en programas de análisis de criticidad, de los equipos intervinientes en una subestación, para posteriores gestiones de mantenimiento.

Se sugiere analizar periódicamente evaluaciones de las causas de cada falla potencial en las subestaciones de distribución. Un buen enfoque en la problemática que presenta la red terminará en una buena solución.

Se recomienda aplicar el plan de mantenimiento preventivo RCM y hacer ajustes cada año con la finalidad de ir minimizando costos y maximizando la disponibilidad.

Se recomienda que las gestiones estratégicas sean anuales ya que permiten a las unidades responsables plantear objetivos que mejoren la gestión.

## Referencias

- Abella, M. (2015). *Mantenimiento Industrial*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf/view>
- Achahuanco M, A. (2020). *Análisis del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Obtenido de [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE\\_698c185f92593d76041acaca71cec3e5](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_698c185f92593d76041acaca71cec3e5)
- Amendola, L. (2006). *Gestión de Proyectos de Activos Industriales*. Valencia: De la UPV.
- Borda, A. (2014). *Planificación del Mantenimiento para la Gestión de Activos en la Red de Distribución de Energía Eléctrica, Utilizando Modelos y Análisis Estadístico de Datos de Interrupción Caso SEAL-Arequipa*. Recuperado de. Obtenido de [http://www.carelec.gob.pe/Carelec/upload/368761c\\_TesisAlexBordaCalderonV1.pdf](http://www.carelec.gob.pe/Carelec/upload/368761c_TesisAlexBordaCalderonV1.pdf).
- Canto Anaya, M. (s.f.). *Mantenimiento de Instalaciones Eléctricas Industriales*. Obtenido de [https://www.academia.edu/28763582/Mantenimiento\\_de\\_Instalaciones\\_Electricas\\_Industriales](https://www.academia.edu/28763582/Mantenimiento_de_Instalaciones_Electricas_Industriales)
- Castañeda, J. L. (2019). *Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación*. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30648/alvarez\\_cl.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30648/alvarez_cl.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chavez, S. (07 de Diciembre de 2019). *Diseños Pre-experimentales y cuasiexperimentales aplicados a las ciencias sociales y a la educación*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/347441005\\_DISENOS\\_PREEPERIMENTALES\\_Y\\_CUASIEPERIMENTALES\\_APLICADOS\\_A\\_LAS\\_CIENCIAS\\_SOCIALES\\_Y\\_LA\\_EDUCACION](https://www.researchgate.net/publication/347441005_DISENOS_PREEPERIMENTALES_Y_CUASIEPERIMENTALES_APLICADOS_A_LAS_CIENCIAS_SOCIALES_Y_LA_EDUCACION)
- Cruz, M. (2018). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la Reducción de Interrupciones de las Redes de Distribución*. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/516/2/TE-238.pdf>.
- Díaz, A. (2019). *Mantenimiento de Celda de Sistema de Acoplamiento Eléctrico Rural Canchis 22.9 Kv*. Obtenido de

<http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4479/HURTADO%20zamora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Díaz, C. A. (2012). *Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225123826004.pdf>
- Domingo, J. (2004). *Aplicación Práctica de la Teoría del Mantenimiento*.
- Duffuaa, S. (2010). *Sistemas de Mantenimiento*.
- Espinoza, R. (2019). *Plan de Mantenimiento en Base a Registros Históricos de Falla en Redes de Distribución Eléctrica Arequipa*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8535/IIMesqurr2.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- García, G. (2010). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*.
- Garrido, G. (2012). *Ingeniería de renovamiento RENOVATEC*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>
- Gasca, C. (2017). *Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial*. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014>.
- Hung, J. A. (2009). *Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado. EDC*. Obtenido de <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/35/34>
- Inga, M. (2017). *Resultado de la aplicación del control de las interrupciones del servicio eléctrico en los sistemas de distribución eléctrica, originadas en las instalaciones de media tensión, alta tensión y en generadoras. Perú*.
- Leal. (2009). *Planificación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en Acondicionadores de Aire de la Industria Petrolera del Occidente Venezolano*.
- Mahecha Mendez, W. (01 de Junio de 2019). *Metodología para el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a la subestación de distribución de energía eléctrica*. Obtenido de <http://repositorio.unibague.edu.co:80/jspui/handle/20.500.12313/612>
- Malón, E. (2020). *valuación de la Calidad del Suministro Eléctrico y Condiciones Técnicas Económicas. Chiclayo, Perú*. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46285/Mal%C3%B3n\\_LE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46285/Mal%C3%B3n_LE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- Martínez, L. (2007). *Organización y planificación de sistemas de mantenimiento*. Centro de altos estudios gerenciales.
- Merchán, A. (2017). *Elaboracion de un Plan de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Críticos de las Principales Subestaciones de la Empresa de Energía de Boyaca S.A E.S.P Aplicado por la Empresa Asistencia Técnica Industrial LTDA*. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2722>
- MINEM. (2012). *Código Nacional de Electricidad - 2011 - Suministro*.
- MINEM.M.D. (2016). *Plan Nacional de Electrificación Rural PNER 2013 - 2022*.
- Muntane Relat, J. (2010). *Introducción a la Investigación Básica*.
- Ojeda de López, J., Quintero, J., & Machado, I. (2007). *La ética en la investigación*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/993/99318750010.pdf>
- Ordoñez, J., & Nieto, L. (2010). *Mantenimiento de Sistemas Eléctricos de Distribución*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2119/15/UPS-GT000156.pdf>
- Osinermin. (2016). *Osinermin-Industria-Electricidad-Peru-25años*. Lima.
- Parella, S. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*.
- Ramírez Castaño, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía*. Obtenido de <https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&hl=es&cluster=809831396236204175>
- Rodríguez. (2008). *Gestión del Mantenimiento*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/7497765/Gestion-del-mantenimiento>
- Romero, C. (2016). *Análisis de Criticidad y estudio RCM del Equipo de Máxima Criticidad de una Planta Desmontadora de Algodón*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311>
- Salas. (2019). *Propuesta de implementación del plan de mantenimiento basado en criterios de RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) para una línea*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10653/IEzosaja%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sancllemente, O., & Nieto Alvarado. (2010). *Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2119>
- Smith, A., & Hinchcliffe, G. (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. 1.<sup>a</sup> ed. Estados Unidos.

- Uceda S, H. (2017). *Análisis del sistema de distribución secundario de la Subestación HI0090 - Urb. Las Quintanas - Trujillo Mediante su Modelado y Simulación para Optimizar la Distribución de 315 KVA*. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23058/uceda\\_sh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23058/uceda_sh.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Uriarte, H. (2018). *Influencia del uso del mantenimiento preventivo con el método de Hidrolavado en redes de distribución de media tensión, 10 Kv, de la subestación de transformación Huaca del Sol – Trujillo. La Libertad. Perú*. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26324/uriarte\\_mh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26324/uriarte_mh.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Valverde, A. (2015). *Trabajos de Mantenimiento a Líneas de Transmisión*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/13936/1/150324%20%20TRABAJOS%20DE%20LINEAS...pdf>
- Villanueva Cornejo, M. (25 de Julio de 2017). *Desarrollo de la Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad de las redes del subsistema de distribución eléctrico 22.9/13.2KV de San Gabán – Ollachea*. Obtenido de UNA: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6688>
- Villanueva, D. (2019). *Mantenimiento de Celda de Sistema de Acoplamiento Eléctrico Rural Canchis 22.9 Kv*. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4479>

## ANEXOS

### Anexo 1: Base de datos de deficiencias del servicio en Media Tensión – Baja Tensión.

Figura 5 Base de datos para obtener indicadores iniciales.

Indicador (Flujo)	Nro. Atención	Nro. Reclamo	NN Suminis	UU>NN	CC-SS	Sector	Nro. Servicio	Nombre	Dirección	Cartera	Recurso	Clasificación	Motivo	Area	Fecha Derivada	Area Derivada
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44327 (654)	59440508	Jara Liffan, A	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44306 (654)	58542737	Reyes Camp	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44327 (654)	59441962	Ulloa Garcia,	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44336 (654)	61244058	Acevedo Per	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44306 (654)	58541032	Gonzales Bri	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44327 (654)	59917768	Reyes Inocenc	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44382 (654)	45113647	Castillo Tori	Carr. A Colca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44321 (654)	58385027	Rosas Robles	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44306 (654)	58600142	Castillo Julia	Mz. A1 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	6.54E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44381 (654)	58529029	Leal Polo, Ca	Mz. A3 N° Ca	Común	DENUNCIA	Acometidas	Lineas a Baja	Emergencias		
Atendidas	5.0106E+10		Cajamarca	Cajamarca	Cajabamba	44327 (654)	59916063	Huaman Lopi	Mz. A2 N° Ca	Común	CONSULTAS	Continuidad	Reitera Repoc	Emergencias		

fuente 5 Optimus NGC.

## Anexo 2: Criterios de la criticidad

Tabla 27: Criterios de Criticidad


CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD	CUANTF.
<b>Frecuencias de Falla</b>	
Mayor a 4 fallas/año	4
2-4 fallas/año	3
1-2 fallas/año	2
Mínimo de 1 falla/año	1
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b>Costos de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a \$20.000	2
Menor o inferior a \$20.000	1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente	0

Fuente: Achahuanco,2020 - Gutiérrez, 2002.



## Anexo 3: Ficha de registro

### Tabla 28 Ficha de registro

				
FICHA DE REGISTRO				
<b>1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la provincia de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679</b>				
<b>2. Objetivo de la observación:</b>	Análisis de las fallas reportadas en el año 2020 correspondiente al alimentador CJB005, registrando datos necesarios para determinar los indicadores de mantenimiento.			
<b>3. Empresa:</b>	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L		<b>Alimentador:</b>	CJB-005
<b>4. Fecha:</b>				
<b>5. Autores:</b>	Cerna Jara , Denis. Jara Mendoza, Leonardo.		<b>H. inicio:</b>	
			<b>H. fin:</b>	
N°	Incidencia	F. Registro de falla	F. de reparación de la falla	SED
1	Postes en mal estado / mal ubicados	17/02/2020 08:06	17/02/2020 09:06	Circuito BT - A de la SED CB5150
2	Poste Inclinado / Mal Estado	17/02/2020 09:06	18/02/2020 21:44	Circuito BT - A de la SED CB5150
3	Más de un usuario	25/02/2020 15:18	26/02/2020 12:49	Circuito BT - A de la SED CB5150
4	Reposicion Fuera de Plazo	1/03/2020 10:46	1/03/2020 11:46	Circuito BT - A de la SED CB5150
5	Corte no Programado	1/03/2020 12:48	1/03/2020 13:48	Circuito BT - A de la SED CB5150
6	Reposicion Fuera de Plazo	8/05/2020 18:16	8/05/2020 20:34	Circuito BT - A de la SED CB5150
7	Más de un usuario	26/09/2020 16:59	26/09/2020 18:10	Circuito BT - A de la SED CB5150
8	Cortes Programados	1/10/2020 21:24	2/10/2020 12:04	Circuito BT - A de la SED CB5150
9	Cortes Programados	2/10/2020 15:42	2/10/2020 17:42	Circuito BT - A de la SED CB5150
10	Más de un usuario	11/10/2020 18:00	11/10/2020 20:00	Circuito BT - A de la SED CB5150
11	Más de un usuario	20/10/2020 14:21	21/10/2020 14:22	Circuito BT - A de la SED CB5150
12	Reposicion Fuera de Plazo	25/10/2020 09:20	25/10/2020 20:00	Circuito BT - A de la SED CB5150
13	Más de un usuario	8/11/2020 09:45	8/11/2020 10:45	Circuito BT - A de la SED CB5150
14	Más de un usuario	30/11/2020 23:03	1/12/2020 08:10	Circuito BT - A de la SED CB5150
15	Reposicion Fuera de Plazo	1/12/2020 08:10	1/12/2020 09:10	Circuito BT - A de la SED CB5150
16	Más de un usuario	13/12/2020 14:30	14/12/2020 14:47	Circuito BT - A de la SED CB5150
17	Más de un usuario	25/12/2020 08:39	25/12/2020 20:54	Circuito BT - A de la SED CB5150
18	Corte no Programado	24/02/2020 13:57	24/02/2020 14:57	Circuito BT - A de la SED CB5151
19	Más de un usuario	2/10/2020 09:45	2/10/2020 12:04	Circuito BT - B de la SED CB5151
20	Más de un usuario	18/03/2020 12:26	18/03/2020 15:30	Circuito BT - A de la SED CB5151
21	Más de un usuario	18/03/2020 16:43	19/03/2020 17:00	Circuito BT - B de la SED CB5151
22	Más de un usuario	27/03/2020 09:08	27/03/2020 16:50	Circuito BT - B de la SED CB5151
23	Corte no Programado	21/10/2020 10:53	21/10/2020 22:59	Circuito BT - A de la SED CB5151
24	Lámpara Apagada	1/01/2020 08:52	1/01/2020 09:52	Circuito BT - A de la SED CB5213
25	Lámpara Apagada	8/02/2020 09:52	10/02/2020 11:59	Circuito BT - A de la SED CB5213
26	Más de un usuario	25/02/2020 08:20	29/02/2020 12:49	Circuito BT - A de la SED CB5214
27	Más de un usuario	2/10/2020 12:16	2/10/2020 23:59	Circuito BT - A de la SED CB5214
28	Lámpara Apagada	22/09/2020 09:17	24/09/2020 21:02	Circuito BT - A de la SED CB5215
29	Instalaciones Electricas	26/10/2020 19:53	29/10/2020 18:30	Circuito BT - A de la SED CB5215
30	Más de un usuario	1/11/2020 09:15	15/11/2020 15:59	Circuito BT - A de la SED CB5216
31	Lineas Caídas	18/12/2020 15:59	21/12/2020 10:56	Circuito BT - A de la SED CB5216
32	Más de un usuario	20/02/2020 18:22	28/02/2020 20:00	Circuito BT - A de la SED CB5283
33	Reposicion Fuera de Plazo	1/03/2020 13:27	5/03/2020 23:20	Circuito BT - A de la SED CB5283
34	Reposicion Fuera de Plazo	5/05/2020 09:31	12/05/2020 18:54	Circuito BT - A de la SED CB5283
35	Más de un usuario	3/03/2020 13:11	5/03/2020 16:26	Circuito BT - B de la SED CB5288
36	Más de un usuario	17/09/2020 11:47	23/09/2020 08:26	Circuito BT - A de la SED CB5288
37	Lámpara Apagada	2/03/2020 08:15	2/03/2020 19:20	Circuito BT - A de la SED CB5288
38	Variación de Tension.	5/03/2020 16:26	8/03/2020 19:00	Circuito BT - B de la SED CB5288
39	Lámpara Apagada	11/03/2020 14:49	18/03/2020 09:00	Circuito BT - B de la SED CB5288
40	Lámpara Apagada	2/10/2020 09:03	2/10/2020 14:50	Circuito BT - A de la SED CB5288

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 4: Fichas de observación

Tabla 29 Ficha de Observación



FICHA DE OBSERVACIÓN				
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679				
2. Objetivo de la observación:	Evaluación de los componentes que conforman la red de 22.9Kv correspondiente al alimentador CJB005, desde el recloser I371709 hasta el seccionador I371679			
3. Empresa	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L	H. inicio:		
4. Fecha		H. fin:		
5. Autores	Cerna Jara , Denis.			
	Jara Mendoza, Leonardo.			
6. Seccionador		Alimentador :		
SISTEMA	SUBSISTEMA	CANTIDAD DE COMPONENTES	ESTADO	OBSERVACION
Apoyos	Postes			
	Crucetas			
	Ferreterías			
	Retenidas			
Conductores	Conductor de aluminio			
	Aislador tipo PIN			

	<b>Aislador cadena</b>			
	<b>Ferreterías</b>			
	<b>Empalmes</b>			
<b>Transformador de distribución</b>	<b>Seccionador-Fusible</b>			
	<b>Pararrayos</b>			
	<b>Equipo de puesta a tierra</b>			
	<b>Transformador de media tensión</b>			
	<b>Tablero de distribución</b>			
	<b>Equipo de control y maniobra</b>			

Fuente de elaboración : Tesistas - Autores.

Imagen 1: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CIB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser 1371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde 1371709 hasta el seccionador 1371679.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L	Hora de inicio:	10:00		
4. Fecha:		Hora de término:	10:40		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación:	2 371709		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador:	CIB005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observación
Estructura	Poste de cac	CAC 13/400	1	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	3	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	3	B	
	Cruceña simétrica	CAC 2.4m	1	R	Aplicación
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	R	Aplicación
	Pernos de doble armado	Acero galv.	4	B	
	Plancha tipo J	Cobre	1	B	
	Arandelas curvas	-	1	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	4	B	
	Retenida	Ancla	1	B	
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR 35mm <sup>2</sup>	10 m	B	
	Cable NYY	3*16*35mm <sup>2</sup>	9 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	
	Aisladores poliméricos	36Kv	6	B	
	Arandelas planas	-	1	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	6	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	1	B	
	Fusible tipo k	65A	1	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	2	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm <sup>2</sup>	10 m	B	
Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B		
Estado : (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración : Testes - Autores.					


Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el resloser (371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde (371709 hasta el seccionador (371679).				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L.	Hora de inicio:	12:00		
4. Fecha:		Hora de término:	11:30		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación:	CB 3016		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador :	CJB005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observación
Estructura	Poste de cac	CAC 13/400	1	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	2	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	3	B	
	Cruceta simétrica	CAC 2.4m	1	B	
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	B	
	Pernos de doble armado	Acero galv.	3	B	
	Plancha tipo J	Cobre	3	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	3	B	
Retenida	Ancla	1	B		
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSH*35mm2	15 m	B	
	Cable NYF	3*16*35mm2	9 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	
	Aisladores poliméricos	36Kv	3	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	3	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	3	B	
	Fusible tipo k	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	3	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm2	15 m	B	
Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B		
Estado : (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración: Tesis - Autores.					

Fuente: Elaboración propia.


Imagen 3: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde I371709 hasta el seccionador I371679.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L	Hora de inicio:	15:00		
4. Fecha:		Hora de término:	16:30		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación:	CB 015		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador :	CJB005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observacion
Estructura	Poste de cac	CAC 11/400	4	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	2	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	3	B	
	Cruceña simétrica	CAC 2.4m	1	B	Ajustado
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	B	
	Pernos de doble armado	Acero galv.	3	B	
	Plancha tipo J	Cobre	3	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	3	B	
	Retenida	Ancla	1	B	
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR*35mm2	15 m	B	
	Cable NYY	3*16*35mm2	9 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	Incluido
	Aisladores poliméricos	36kv	6	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	6	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	3	B	
	Fusible tipo k	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	2	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm2	17 m	B	
Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B		
Estado : (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración : Taxistas - Autores.					

Fuente: Elaboración propia.




Imagen 4: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador C/B005 de la ciudad de Cajahamba desde el redoser 1371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde 1371709 hasta el seccionador 1371679.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L	Hora de inicio:	7:00 p.m		
4. Fecha:		Hora de término:	7:30 p.m		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación	C.B. 5213		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador:	C/B005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observacion
Estructura	Poste de cac	CAC 13/400	4	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	3	B	
	Perno ojo S/B	Acero galv.	3	B	
	Cruceta simétrica	CAC 2.4m	2	B	
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	2	B	
	Pernos de doble armado	Acero galv.	4	B	
	Plancha tipo j	Cobre	3	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	3	B	
	Retenida	Ancla	4	B	
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR*35mm2	15 m	B	
	Cable NYY	3*18*35mm2	7 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/1	4	B	
	Aisladores poliméricos	36Kv	6	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	6	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	4	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Xv	3	B	
	Fusible tipo k	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	8	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm2	17 m	B	
	Unidad de control y monitoreo	Tablero	4	B	
Estado: (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración: Tasistas - Autores.					

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 5: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CIB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde I371709 hasta el seccionador I371879.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L.	Hora de inicio:	12:50 PM		
4. Fecha:		Hora de término:	12:50 PM		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación:	C.B. 5124		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador:	CIB005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observación
Estructura	Poste de cac	CAC 13/400	1	B	
	Cintas band-it	Acero Inox.	2	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	5	B	
	Cruceta simétrica	CAC 2.4m	1	B	
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	B	
	Pernos de doble armado	Acero galv.	5	B	
	Plancha tipo J	Cobre	3	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	5	B	
	Retenida	Ancla	1	B	
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR*35mm <sup>2</sup>	15 m	B	
	Cable NYY	3*16*35mm <sup>2</sup>	1 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	
	Aisladores poliméricos	36Kv	3	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	5	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	1	B	
	Fusible tipo X	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	5	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm <sup>2</sup>	10 m	B	
	Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B	
Estado: (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración: Tesis - Autores.					

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 6:Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9kv desde I371709 hasta el seccionador I371679.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L	Hora de inicio:	8:00 pm		
4. Fecha:		Hora de término:	8:30 pm		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación	CJ 5151		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador:	CJB005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observacion
Estructura	Poste de cac	CAC 13/400	1	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	8	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	3	B	
	Cruceta simétrica	CAC 2.4m	1	B	
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	B	
	Pernos de doble armado	Acero galv.	3	B	
	Plancha tipo J	Cobre	3	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	3	B	
Retenida	Ancla	1	B		
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR*35mm2	15 pm	B	
	Cable NYY	3*16*35mm2	7 pm	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	
	Aisladores poliméricos	36kv	3	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	1	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	3	B	
	Fusible tipo k	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	8	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm2	10 pm	B	
Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B		
Estado : (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración : Testistas - Autores.					

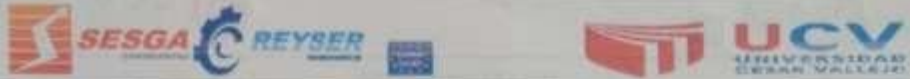
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CIB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde I371709 hasta el seccionador I371579.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L	Hora de inicio:	3 : 30 p.m		
4. Fecha:		Hora de término:	2 : 50 p.m		
5. Autores:	Cerna Jara, Denis.	Subestación	CB 5150		
	Jara Mendoza, Leonardo.	Alimentador :	CIB005		
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observacion
Estructura	Poste de cac	CAC 13/400	1	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	3	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	3	B	
	Cruceña simétrica	CAC 2.4m	1	B	
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	B	
	Pernos de doble armado	Acero galv.	3	B	
	Plancha tipo J	Cobre	3	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	3	B	
Retenida	Ancla	1	B		
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR*35mm2	15 m	B	
	Cable NYY	3*16*35mm2	9 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	
	Aisladores poliméricos	36Kv	3	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	3	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	3	B	
	Fusible tipo k	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	3	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm2	12 m	B	
Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B		
Estado : (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración : Asistas - Autores.					

Fuente: Elaboración propia.

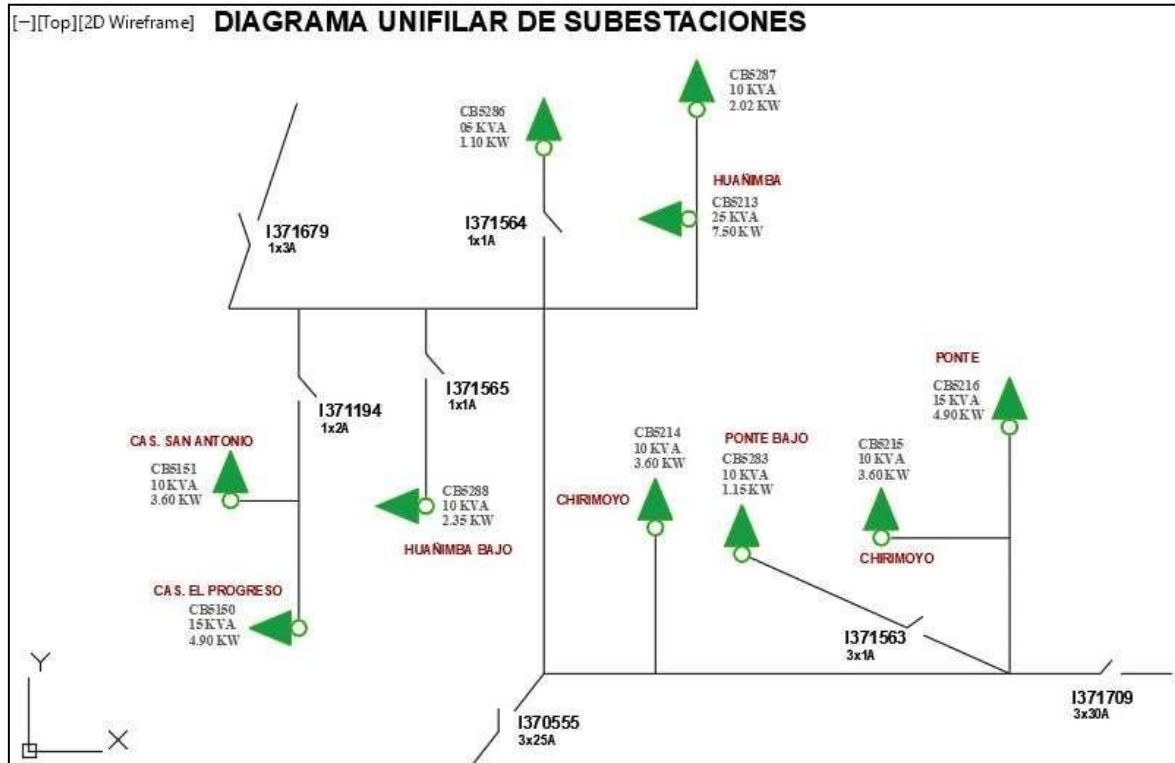
Imagen 8: Ficha de observación llenada

					
FICHA DE OBSERVACIÓN					
1. Red de media tensión correspondiente al alimentador CJB005 de la ciudad de Cajabamba desde el recloser I371709 hasta el					
2. Objetivo:	Evaluación de los componentes que conforman la red 22.9Kv desde I371709 hasta el seccionador I371679.				
3. Empresa:	CONSORCIO SESGA-REYSER S.R.L.				
4. Fecha:	Hora de inicio: 1:30 pm Hora de término: 4:50 pm				
5. Autores:	Cerna Jara, Denis. Jara Mendoza, Leonardo.				
	Subestación: CB 5288 Alimentador: CJB005				
SISTEMA	SUBSISTEMA	Tipo	Cantidad	Estado	Observación
Estructura	Poste de c/c	CAC 13/400	1	B	
	Cintas band-it	Acero inox.	2	B	
	Perno ojo 5/8	Acero galv.	3	B	
	Cruceta simétrica	CAC 2.4m	1	B	
	Palomilla simétrica	Madera 2.5m	1	R	Cambio por CAC
	Pernos de doble armado	Acero galv.	3	B	
	Plancha tipo J	Cobre	7	B	
	Arandelas curvas	-	6	B	
	Grupos de anclaje	Abrazaderas	3	B	
Retenida	Ancla	1	R	Arreglo tracción metálica	
Conductores	Conductor de aluminio acerado para retenida	ACSR*35mm <sup>2</sup>	15 m	B	
	Cable NYY	3*16*35mm <sup>2</sup>	7 m	B	
	Aislador tipo PIN	56/3	1	B	
	Aisladores poliméricos	36Kv	3	B	
	Arandelas planas	-	6	B	
	Grapas de anclaje	Pistola	3	B	
	Grapas de suspensión	Paralelas	6	B	
	Aislador tipo tracción	54/1	1	B	
Seccionador y SPAT	Seccionador	Cut-out 27 Kv	3	B	
	Fusible tipo k	65A	3	B	
	Pararrayos	polimérico	3	B	
	Fijadores	Metálicos	1	B	
	Sensores de voltaje y corriente	polimérico	3	B	
	Disipadores de sobrecorriente	polimérico	3	B	
	Sistema de puesta a tierra	SPAT-01	1	B	
	Conductor de cobre desnudo T.b para PAT	35mm <sup>2</sup>	10 m	B	
	Unidad de control y monitoreo	Tablero	1	B	
Estado : (B: Buen Estado ; R: Regular ; M: Mal Estado)					
Fuente de elaboración : Tesis - Autores.					

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 5: Diagrama de subestaciones del tramo evaluado

Figura 6 Diagrama Unifilar de sub estaciones de la red 22.9Kv.



fuenta 6: *Elaboración Propia.*

### Anexo 6: Matriz de criticidad

		Nivel de Criticidad				
<b>FRECUENCIA</b>	4	NO CRITICO	SEMI CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO
	3	NO CRITICO	NO CRITICO	SEMI CRITICO	CRITICO	CRITICO
	2	NO CRITICO	NO CRITICO	NO CRITICO	SEMI CRITICO	SEMI CRITICO
	1	NO CRITICO	NO CRITICO	NO CRITICO	NO CRITICO	NO CRITICO
		5	10	15	20	25
<b>CONSECUENCIA</b>						

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 7: Criterios de criticidad

CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD	CUANTF.
<b>Frecuencia de falla</b>	
Mayor a 4 fallas/ año	4
2 -4 fallas/ año	3
1 - 2 fallas/ año	2
Mínimo de 1 fallas/ año	1
<b>Impacto operacional</b>	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la planta o sistema	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2

No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b>Flexibilidad operacional</b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de repuestos compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b>Costo de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a 1000	2
Menor o inferior a 1000	1
<b>Impacto en la seguridad ambiental y humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente	0

*Fuente: Álvaro Pesantes Huertas.*

### **Anexo 8: Criterios para la gravedad de fallo**

<b>Gravedad del fallo</b>	
<b>CRITERIO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>
<b>Muy leve (casi imperceptible)</b>	1 -2
<b>Leve</b>	3 -4
<b>Gravedad moderada</b>	5 -6
<b>Gravedad alta</b>	7 -8
<b>Muy grave</b>	9 -10

*Fuente: José Domenech.*

### **Anexo 9: Criterios para la probabilidad del fallo**

<b>Probabilidad de que el fallo ocurra</b>	
<b>CRITERIO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>
<b>Casi improbable</b>	1 -2
<b>Baja probabilidad</b>	3 -4

<b>Probable</b>	5 -6
<b>Alta probabilidad</b>	7 -8
<b>Casi con certeza</b>	9 -10

*Fuente: José Domenech.*

### **Anexo 10: Criterios para la detección del fallo**

<b>CRITERIO</b>	<b>PROBABILIDAD</b>
<b>Casi improbable que no se detecte el fallo</b>	1 -2
<b>Baja probabilidad de no detección</b>	3 -4
<b>Probabilidad media</b>	5 -6
<b>Alta probabilidad de no detección</b>	7 -8
<b>Probabilidad muy alta de no detectar el fallo</b>	9 -10

*Fuente: José Domenech.*

### **Anexo 11: Nivel del NPR**


	NPR < 125	NPR BAJO RIESGO
	125 < NPR <200	NPR MEDIANO RIESGO
	200 < NPR	NPR ALTO RIESGO

*Fuente: Elaboración propia.*











## Anexo 12: Hoja de control de asistencia y cuestionario Covid-19

### Imagen 9: Control de asistencia y cuestionario Covid-19

		<b>CUESTIONARIO DE CONTROL DE SALUD</b>		Versión: V02/16-06-2020
Código:	F15-23	<b>FORMATO</b>		Página: 1 de 1
DATOS PERSONALES				
Apellidos y Nombres:				
DNI:			Fecha:	
Puesto:			Sede:	
DATOS DEL RESPONSABLE DEL REGISTRO				
Apellidos y Nombres:				
DNI:			Fecha:	
Puesto:			Sede:	

El Presente documento, debe ser llenado cada vez que personal realice actividades en instalaciones operativas o de campo X.

I. Marque con una "X" en Si o No, si presenta algunos de los síntomas mencionados.

ITEM	SINTOMATOLOGIA	SI	NO	DESCRIPCION
1	 ¿Tienes tos?			
2	 ¿Tienes escalofríos?			
3	 ¿Tienes dolor de garganta?			
4	 ¿Tienes dolor de cuerpo malestar en general?			
5	 ¿Tienes dolor de cabeza?			
6	 ¿Has tenido o tienes fiebre mayor a 37.5°C?			De marcas Si, registre su temperatura
7	 ¿Has tenido dificultad para respirar? (Como si no entrara el aire al pecho)			
8	 ¿Tienes congestión nasal?			
9	Otro (especificar)			

II. En los últimos 14 días ¿Estuvo en contacto con algunas personas con sintomatología respiratoria (tos, dificultad para respirar, estornudos, fiebre, otros)?  
 Marcar (x) según corresponda: SI ( ) NO ( )  
 De ser sí, describe en que circunstancias: \_\_\_\_\_

III. En los últimos 14 días ¿Estuvo en contacto con algunas personas que sea caso sospechoso o confirmado del coronavirus COVID19?  
 Marcar (x) según corresponda: SI ( ) NO ( )  
 De ser sí, describa en que circunstancias: \_\_\_\_\_

IV. En los últimos 14 días ¿Acudió algún establecimiento de salud?  
 Marcar (x) según corresponda: SI ( ) NO ( )  
 De ser sí, describa en que circunstancias: \_\_\_\_\_  
 Centro de salud y fecha de visita: \_\_\_\_\_

Declaro bajo juramento, que la información es verdadera y acepto utilizarla para los fines pertinentes y mi responsabilidad de adoptar las medidas necesarias de prevención sanitaria y de control, en caso las repuestas fueran:

- Positiva "SI", describa el detalle en observaciones (Eje: Cantidad, frecuencia, resultado, otros)
- De presentar, Fiebre, tos (seca), dolor de garganta y de cabeza (en algunos casos), dolor de pecho y dificultad para respirar, o si presentara más de un síntoma adicional. No realizar actividades, debiendo comunicar de inmediato con su Jefe inmediato superior o empleador.

\_\_\_\_\_ Firma

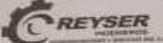
Huella

Fuente: PETS de la empresa.



## Anexo 13: Notificación de riesgo eléctrico

### Imagen 10: Notificación de riesgo eléctrico

		FORMATO		NOTIFICACIÓN	
		NOTIFICACIÓN PREVENTIVA DE RIESGO ELÉCTRICO		Nº 000993	
SUMINISTRO		FECHA		HORA	
APELLIDOS Y NOMBRES					
DIRECCIÓN					
DISTRITO		PROVINCIA		DEPARTAMENTO	
SED		AMT		SET	
CÓDIGO POSTE INICIAL		CÓDIGO POSTE FINAL			
SOLICITUD N°					

Por intermedio del presente le hacemos llegar nuestro cordial saludo y al mismo tiempo comunicarle que como resultado de nuestras inspecciones, que forman parte de nuestro programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de nuestras instalaciones eléctricas, hemos verificado la(s) siguiente(s) transgresión(es).

**DESCRIPCIÓN DE LO DETECTADO**

Construcción incumple Distancias Mínimas de seguridad	<input type="checkbox"/>	Nivel de Tensión 380/220 Voltios	<input type="checkbox"/>	Nivel de tensión en Kv.	<input type="checkbox"/>
Árboles incumple Distancias Mínimas de seguridad	<input type="checkbox"/>	Ejecución de obras sin autorización y con riesgo en instalaciones de Hidrandina.			<input type="checkbox"/>
Construcción dentro de franjas de Servidumbre	<input type="checkbox"/>	Intervención no autorizada en las Instalaciones de Hidrandina.			<input type="checkbox"/>
Árboles dentro de franjas de Servidumbre	<input type="checkbox"/>	Distancia Horizontal: _____			<input type="checkbox"/>
Instalaciones internas del usuario defectuosas con riesgo eléctrico	<input type="checkbox"/>	Distancia Vertical: _____			<input type="checkbox"/>
Muro, balcón, antena, tanque, andamio, incumple DMS con respecto a la línea de MT	<input type="checkbox"/>	Distancia Voladizo: _____			<input type="checkbox"/>
Corte de árboles sin comunicación previa a Hidrandina SA.	<input type="checkbox"/>	DH: Límite de propiedad a redes de Media Tensión: _____			<input type="checkbox"/>
Cartel, letreros, pancartas de publicidad instalado incumple DMS	<input type="checkbox"/>	DH: Límite de propiedad a redes de Baja Tensión: _____			<input type="checkbox"/>
		FOTOS: _____			<input type="checkbox"/>

**MEDIDAS INMEDIATAS QUE DEBE ADOPTAR (para evitar accidentes y afecciones a la continuidad al suministro de energía eléctrica)**

Paralización de construcción	<input type="checkbox"/>	Retiro de arteles, pancartas y letreros que incumplen distancias mínimas de seguridad	<input type="checkbox"/>
Coordinación con Hidrandina para poda o retiro de árboles	<input type="checkbox"/>	Paralización de obras con riesgo a las instalaciones de Hidrandina.	<input type="checkbox"/>
Retiro de la construcción dentro de la franja de servidumbre	<input type="checkbox"/>	Paralización inmediata de trabajos no autorizados en instalaciones de Hidrandina	<input type="checkbox"/>
Reparación de sus instalaciones eléctricas internas	<input type="checkbox"/>	Otros: _____	<input type="checkbox"/>
Usuario toma conocimiento del Riesgo Eléctrico	<input type="checkbox"/>		

**PARA MAYOR INFORMACIÓN SOBRE EL CUMPLIMIENTO NORMATIVO SE LE ALCANZA FOLLETERIA SOBRE:**

Medidas de seguridad para evitar accidentes Eléctricos	<input type="checkbox"/>	Recomendaciones y adopción de medidas sobre la tala de árboles	<input type="checkbox"/>
Tríptico sobre distancias Mínimas de Seguridad	<input type="checkbox"/>	Servidumbre en MT Y AT	<input type="checkbox"/>
Recomendación sobre construcciones de predios	<input type="checkbox"/>	Recomendaciones sobre instalaciones internas	<input type="checkbox"/>
Instalación de carteles	<input type="checkbox"/>	Otros: _____	<input type="checkbox"/>

**OBSERVACIONES:**


Agradecemos su gentil colaboración y para cualquier consulta lo esperamos en nuestras oficinas cuya dirección se encuentra en la parte reversa de su recibo mensual.

<p>.....</p> <p>FIRMA</p>		
Nombre	.....	
D.N.I.	.....	
Parentesco	.....	
<p>.....</p> <p>NOTIFICADOR</p>		<p>CONSORCIO SESGA - REYSER</p> <p>(Firma escaneada)</p>
Nombre	.....	
D.N.I.	.....	
Parentesco	.....	

Fuente: PETS de la empresa.

## Anexo 14: Permiso de trabajo en altura

Imagen 11: Permiso de trabajo en altura

**PERMISO DE TRABAJO EN ALTURA**

Versión: V01/16-09-19

FORMATO

Página: 1 de 1

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

UD. NN. - SERVICIO: *Cajamarca / Cajabamba* AREA: *Ensayadura*

FECHA DE EXPEDICIÓN: *11-11-20* HORA DE INICIO: *8:00* HORA DE TÉRMINO: *19:00*

LUGAR DONDE SE REALIZA EL TRABAJO: *Cas. Lichpamba Alto, Pambamarca*

**II. NOMBRES Y APELLIDOS DEL PERSONAL AUTORIZADO PARA EFECTUAR EL TRABAJO**

Nº	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA TRABAJADOR
1	<i>Ronald Harino</i>	<i>[Firma]</i>
2	<i>Miguel Salvador</i>	<i>[Firma]</i>
3		
4		
5		
6		
7		
8		

**III. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR:** *Consultar en medio de P.T. y Cambio de*

*Amable Tesis K.*

**III. EVALUACIÓN Y REQUERIMIENTO PRE OPERACIONAL**

	1		2		3		4		5		6		7		8		OBSERVACIONES
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
<b>Cuenta con:</b>																	
Examen médico específico para la actividad	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		
Entrenamiento y capacitación en trabajo en altura	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		
Arnés, línea de vida y anclaje de anclaje	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		
Equipo de inspección y señalización	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		
<b>Trabajará en:</b>																	
Escalera extensible	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		
Plataforma elevadora																	
Andamios																	
Escaleras móviles																	

**IV. DOCUMENTOS QUE COMPLEMENTAN ESTE PERMISO**

Carta de 5 minutos:  FETS:  Otras:

**EL SUPERVISOR ASÍ COMO EL PERSONAL DECLARAN CONOCER Y RESPETAR LO SIGUIENTE**

1. Delimitar y señalizar su área de trabajo correctamente previo a los trabajos.
2. Utilizar correctamente el arnés con línea de vida y anclaje de anclaje.
3. Revisar minuciosamente las estructuras de concreto, madera o metal (postes) en caso se realice escalamiento.
4. Cumplir con desarrollo de trabajo especificado en el PETS.
5. Respetar lo indicado en el procesamiento de Trabajos en Altura.
6. Tener colocado el casco de seguridad y barbijete en todo momento así como todos los EPP's que necesito para realizar la labor.
7. No realizar ninguna labor si es que la escalera, andamio, pasos u otro equipo no presente las garantías del caso.
8. No realizar ninguna labor si las condiciones del entorno y mis condiciones físicas o de salud no sean las adecuadas.

**CONSEJOS DESPUÉS DE LA FINALIZACIÓN DEL TRABAJO:**

Fuente: PETS de la empresa.

Anexo 15: Charlas de 5 minutos

Imagen 12: Charla de cinco minutos

Acreditación		Verificación											
		Vigencia: V01/18-09-19											
Código: F15-01-01		Página: 1 de 1											
<p><b>CHARLA DE 5 MINUTOS</b></p> <p><b>FORMATO</b></p> <p><small>*Actividad preventiva, inherente a la labor normal de toda organización; requiere desarrollo de competencias personal y personal con los trabajadores a su cargo. Permite que se identifiquen los riesgos asociados al nivel de la actividad, identificando la forma segura de la operación, conforme a los procedimientos, estándares y/o PETS.</small></p>													
<p><b>DATOS GENERALES</b></p> <p>Unidad de EE: <i>Caracas</i> <i>Caracas</i> <i>Emergencia</i></p> <p>Responsable principal de la actividad: <i>Ronald Marcano Jr.</i></p> <p>Fecha: <i>11-11-20</i> Hora: <i>8:00</i></p> <p>Cambio horario más reciente: <i>Hospital USA</i> N° Teléfono para casos de emergencia: <i>06-550889</i></p>													
<p><b>IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS (SEGURIDAD Y SALUD)</b></p>													
Tipo de actividad: <i>Curso 19</i>		Tipo de riesgo: <i>Riesgo 19</i>											
<p><b>PELIGROS IDENTIFICADOS (*)</b></p> <p>1. <i>Curso 19</i></p>		<p><b>DANOS ASOCIADOS (*)</b></p> <p><i>Problemas de este problema</i> <i>transporte en falta de</i> <i>calza y calzado</i></p>											
		<p><b>MEDIDAS DE CONTROL</b></p> <p><i>utilizar mancuella</i> <i>disponible en el área</i> <i>mantener los brazos en</i> <i>altura X la columna</i></p>											
Tipo de actividad: <i>Curso 19 en cada día</i>		Tipo de riesgo: <i>Trabajo en altura</i>											
<p><b>PELIGROS IDENTIFICADOS (*)</b></p> <p>1. <i>Trabajo en altura</i></p> <p>2. <i>líneas inseguras</i></p>		<p><b>DANOS ASOCIADOS (*)</b></p> <p><i>caídas golpeo posturas</i> <i>quemaduras shock para</i> <i>caídas a la altura</i></p>											
		<p><b>MEDIDAS DE CONTROL</b></p> <p><i>utilizar arnés de seguridad</i> <i>completo</i> <i>utilizar cuerdas</i> <i>substituir</i></p>											
Tipo de actividad: <i>Curso de hecho tipo K</i>		Tipo de riesgo: <i>líneas inseguras</i>											
<p><b>PELIGROS IDENTIFICADOS (*)</b></p> <p>1. <i>líneas inseguras</i></p> <p>2. <i>trazar a desnivel</i></p>		<p><b>DANOS ASOCIADOS (*)</b></p> <p><i>quemaduras shock para</i> <i>caídas a la altura</i> <i>golpes golpeo posturas</i></p>											
		<p><b>MEDIDAS DE CONTROL</b></p> <p><i>utilizar cuerdas</i> <i>de hecho tipo K</i> <i>trazar con cuidado</i> <i>para estas temporadas</i></p>											
<p><b>IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS (MEDIO AMBIENTE)</b></p>													
<p><b>ASPECTOS IDENTIFICADOS (*)</b></p> <p>1. <i>uso de papel</i></p>		<p><b>IMPACTOS ASOCIADOS (*)</b></p> <p><i>agotamiento de recursos</i></p>											
		<p><b>MEDIDAS DE CONTROL</b></p> <p><i>reducir el uso de</i> <i>hojas asociadas</i></p>											
<p>Se da lectura y difusión de los PETS: SI (X) NO ( )</p>													
<p><b>REGISTRO DE PETS</b></p>													
ORDEN	CÓDIGO DE PETS	NOMBRE DEL PETS	SECCION	CÓDIGO DE PETS	NOMBRE DEL PETS								
1.	<i>ESP. 2-025 2</i>	<i>Corredores y ascensores</i>											
2.		<i>en modo de 2.1</i>											
3.	<i>ESP. 2-100 4</i>	<i>Curso de hecho tipo K</i>											
4.													
<p><b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) Y HERRAMIENTAS BÁSICAS, SEGUN PETS</b></p>													
ITEM	PARTICIPANTES	CASCOS		GUANTES		CALZADO		VISTIMENTA		OTROS		OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1.	<i>Ronald Marcano</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	<i>Ronald Salgado</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	<i>Ronald Chagas S.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4.													
5.													
6.													
7.													
8.													
9.													
10.													
<p><b>EQUIPOS MTS DE O TÉCNICOS</b></p>													
NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA VENCIMIENTO	PROBADO	OBSERVACIONES							
1.	<i>Picaza R.</i>	<i>Praxel</i>	<i>pp 403</i>	<i>18/09/2018</i>	<input checked="" type="checkbox"/>								
2.	<i>Picaza</i>	<i>Auto</i>	<i>VH. 4/8</i>	<i>11/28/2017</i>	<input checked="" type="checkbox"/>								
3.													
<p><b>FIRMA DE LOS PARTICIPANTES</b></p>													
1.	<i>[Firma]</i>	4											
2.	<i>[Firma]</i>	7											
3.	<i>[Firma]</i>	8											
4.		9											
5.		10											
<p><b>OBSERVACIONES</b></p>													
<p><i>[Firma]</i></p>													

Fuente: PETS de la empresa.

## Anexo 16: Lógica de la simulación

Figura 7: Opción de Simulación en ProModel.

Opciones de Simulación

Resultados:  Buscar...

Ejecución:

Tiempo de corrida

Tiempo  Semanal  Calendario

Período Estabilización

Inicio Estabil.	Sun, Jan 10 2021 @ 12:00 AM
Inicio Sim.	Sun, Jan 10 2021 @ 12:00 AM
Fin Sim.	Sat, Dec 25 2021 @ 12:00 AM

Precisión del Reloj

Segundo  Hora  Minuto  Día

Reporte de Resultados

Estándar  Lotes  Periódico

Tamaño de Intervalo:

Número de Réplicas:

Deshabilitar

Animación  Costo  Exportar Arreglo  Serie de Tiempo

Al Inicio

Pausa  Notas de Modelo  Rastrear  Panel de Vistas

General

Ajustar para Horario de Verano  Generar Script de Animación  Números Aleatorios Comunes  Omitir TMs de recursos si están fuera de turno  Recompilar Redes

Abrir Visualizador(es)

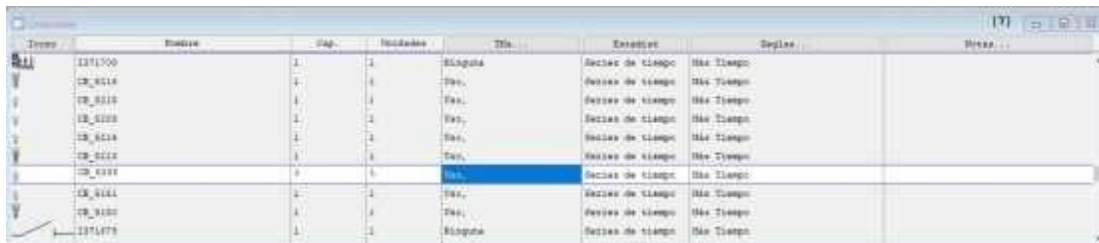
Output Viewer  Minitab

fuentes 7: Elaboración con ProModel.



## Anexo 17: Lógica de la simulación

Figura 8: Locaciones de la simulación en ProModel.

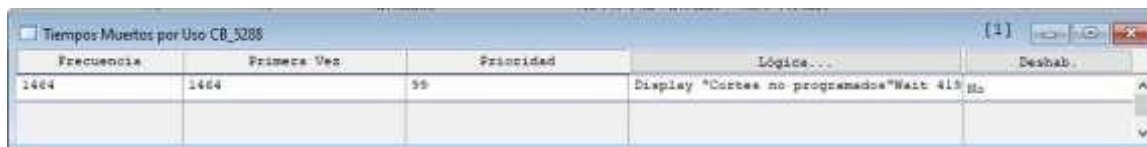


ID	Nombre	Cap.	Unidades	TDA	Estadist.	Reglas	Notas...
1371700		1	1	Alguna	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0214		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0215		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0220		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0214		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0212		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0334		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0141		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
CB_0100		1	1	Yes	Sección de tiempo	No Tiempo	
1371679		1	1	Alguna	Sección de tiempo	No Tiempo	

fuentes 8: Elaboración con ProModel.

## Anexo 18: Lógica de la simulación

Figura 9: Tiempos muertos por la configuración "uso".

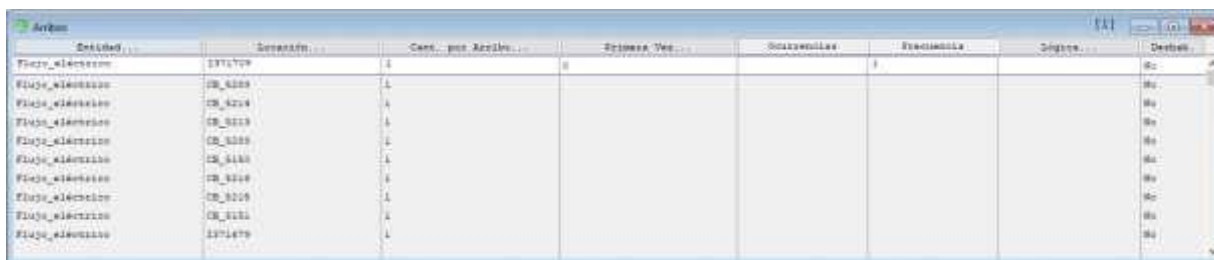


Frecuencia	Primera Vez	Prioridad	Lógica...	Deshab.
1464	1464	55	Display "Cortes no programados"Wait 415 Ms	

fuentes 9: Elaboración con ProModel.

## Anexo 19: Lógica de la simulación

Figura 10: Programación de los arribos para la simulación.

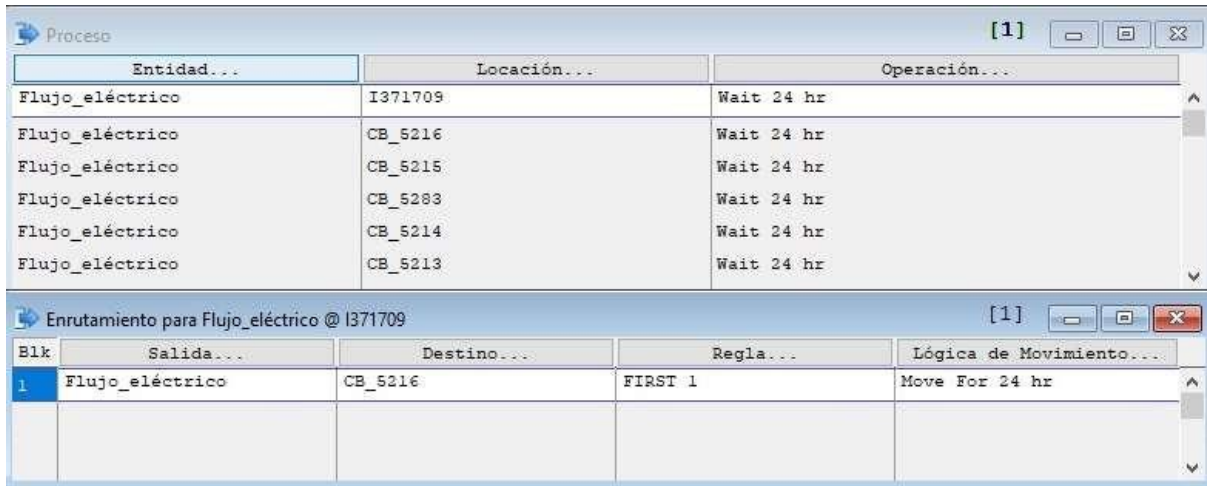


Detalle...	Señal...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Señal...	Frecuencia	Reglas...	Destino...
Flujo eléctrico	1371679	1	0		1		No
Flujo eléctrico	CB_0209	1					No
Flujo eléctrico	CB_0214	1					No
Flujo eléctrico	CB_0213	1					No
Flujo eléctrico	CB_0209	1					No
Flujo eléctrico	CB_0140	1					No
Flujo eléctrico	CB_0214	1					No
Flujo eléctrico	CB_0209	1					No
Flujo eléctrico	CB_0211	1					No
Flujo eléctrico	1371679	1					No

fuentes 10: Elaboración con ProModel.

## Anexo 20: Lógica de la simulación.

Figura 11: Programación de los procesos y enrutamiento.



The image shows two windows from the ProModel software. The top window, titled 'Proceso', displays a list of processes for the entity 'Flujo eléctrico'. Each process is defined by a location and a 'Wait 24 hr' operation. The bottom window, titled 'Enrutamiento para Flujo eléctrico @ I371709', shows a routing rule for the first process, specifying the destination 'CB\_5216', the rule 'FIRST 1', and the movement logic 'Move For 24 hr'.

Entidad...	Locación...	Operación...
Flujo eléctrico	I371709	Wait 24 hr
Flujo eléctrico	CB_5216	Wait 24 hr
Flujo eléctrico	CB_5215	Wait 24 hr
Flujo eléctrico	CB_5283	Wait 24 hr
Flujo eléctrico	CB_5214	Wait 24 hr
Flujo eléctrico	CB_5213	Wait 24 hr

Blk	Salida...	Destino...	Regla...	Lógica de Movimiento...
1	Flujo eléctrico	CB_5216	FIRST 1	Move For 24 hr

fuelle: Elaboración con ProModel.

**Anexo 21: Punto de diseño I371709.**

**Imagen 13: Recloser I371709.**



*fuentes 11: Elaboración Propia.*

**Anexo 22: Punto de diseño para la red de 22.9Kv.**

**Imagen 14: Codificación del punto de diseño.**



*fuelle: Elaboración Propia.*



Anexo 23: Punto de diseño para la red de 22.9Kv.

Imagen 15:Lógica de control del tablero de mando de un reconectador.



fuelle 12: Elaboración Propia.

**Anexo 24: Subestación 5151 – 10KVA – 0.36Kw**

**Imagen 16: CB 5151 - crítica en el sistema evaluado**



*fuelle: Elaboración Propia.*

**Anexo 25: Operacionalización de la variable**

**Tabla 30 Operacionalización de las variables**

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento	Es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación (S. García, 2008)	Determina los requerimientos de mantenimiento en base a las incidencias del sistema, modos de falla, efectos y consecuencias, para determinar las estrategias de procedimientos adecuados.	Atenciones producidas en el último año ( ordinal simple)	De razón
			Tiempo de ocurrencia para cada sub estación (TBF) (unidades de tiempo en escala nominal)	
Indicadores de la confiabilidad operacional y otros análisis de mantenimiento	Un indicador es la medición del comportamiento y el desempeño de un sistema de producción o proceso, cuya magnitud puede ser comparada con un nivel de referencia, detectando desviación y luego tomando las acciones	Se aplicará un análisis de MTBF Y MTTR en base a la situación actual de los componentes y otro análisis luego de la aplicación de la metodología RCM en el sistema.	$C = (e^{-\frac{\lambda * t}{100}}) * 100$	De razón
			$M = (1 - e^{-\frac{\mu * t}{100}}) * 100$	
			$D = \frac{TPEF}{TMEF + TMER} * 100$	

	correctivas y preventivas. (Pérez, 2007)	
--	---	--

*fuentes 13 Elaboración propia.*