UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad a una subestación eléctrica móvil ubicada en la mina Quellaveco

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Espinoza Tapia, John Joseph Hernan (orcid.org/0000-0002-2786-9238)

ASESORA:

Dra. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ
2022

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado principalmente a Dios, por darme las fuerzas con las que he llegado hasta este momento tan importante.

A mis padres, por su dedicación, paciencia y darme su gran ejemplo día a día, es un orgullo ser hijo suyo.

A mi novia Paola quien ha sido mi apoyo constante en cada paso de mi vida profesional y en mi desarrollo como ser humano.

Espinoza Tapia, John Joseph Hernan

Agradecimiento

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, por el constante sostén profesional y metodológico en el crecimiento de la presente investigación.

A sí mismo especialmente dar las gracias a la Universidad César Vallejo y a la Escuela de Pregrado, por todo el soporte brindado en mi formación y el progreso de la presente investigación.

El Autor

Índice de contenidos

CARÁTULA.....i
DEDICATORIA.....ii
AGRADECIMIENTO.....iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....iv
ÍNDICE DE TABLAS.....v
ÍNDICE DE FIGURAS.....vi
RESUMEN.....vii
ABSTRACT.....viii
INTRODUCCIÓN.....1
I. MARCO TEÓRICO.....4
II. METODOLOGÍA.....11
2.1. Tipo y diseño de investigación.....11
2.2. Variables y operacionalización.....12
2.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....12
2.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.....12
2.5. Procedimientos.....12
2.6. Método de análisis de datos.....14
2.7. Aspectos éticos.....15
III. RESULTADOS.....15
IV. DISCUSIÓN.....24
V. CONCLUSIONES.....25
VI. RECOMENDACIONES.....26
REFERENCIAS.....27
ANEXOS.....29

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas y medios de recojo de resultados 12
Tabla 2. Celda gis de subestación eléctrica móvil 15
Tabla 3. Actividades de mantenimiento por modo de falla 16
Tabla 4. Resumen de actividades por frecuencia 16
Tabla 5. Programación de las actividades para el plan de mantenimiento 17
Tabla 6. Presupuesto para la implementación del Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la implementación de los indicadores de mantenimiento en la Subestación Eléctrica móvil en la mina Quellaveco 22
Tabla 7. Retorno de inversión 23

Índice de figuras

Figura 1. Matriz de criticidad 11
Figura 2. Procedimiento de desarrollo de investigación..... 14
Figura 3. Tiempo operativo del funcionamiento por día antes del plan de mantenimiento 18
Figura 4. Tiempo operativo del funcionamiento por día después del plan de mantenimiento 20

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para implementar los indicadores de mantenimiento en una subestación eléctrica móvil ubicado en la mina de Quellaveco.

La principal justificación que originó la investigación fue atenuar las constantes fallas que se presentan en la subestación eléctrica móvil en estudio; para proponer las actividades que serán considerada para prevenir futuras fallas funcionales.

La metodología que se consideró fue de diseño no experimental con un universo que estuvo conformada por el suministro de energía eléctrica de la subestación eléctrica móvil N° 04.

La conclusión a la que se arribó es que el Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad contribuye a la mejora o implementación de los indicadores de mantenimiento evaluados a los equipos que se encuentran en operación, los cuales se determina por la mejora en los niveles de criticidad y la atención a las fallas que puedan ocasionar un riesgo para la producción de la mina Quellaveco.

Palabras clave: Criticidad de fallas, confiabilidad, indicadores de mantenimiento, disponibilidad, suministro.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the maintenance plan focused on reliability to implement maintenance indicators in a mobile electrical substation located in the Quellaveco mine.

The main justification that originated the investigation was to mitigate the constant failures that occur in the mobile electrical substation under study; to propose the activities that will be considered to prevent future functional failures.

The methodology that was considered was a non-experimental design with a universe that was made up of the supply of electrical energy from the mobile electrical substation No. 04.

The conclusion reached is that the reliability-focused Maintenance Plan contributes to the improvement or implementation of the maintenance indicators evaluated for the equipment that is in operation, which is determined by the improvement in criticality levels. and attention to failures that may cause a risk to the production of the Quellaveco mine.

Keywords: Failure criticality, reliability, maintenance indicators, availability, supply.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mantenimiento contempla una gran relevancia a detalles de control y entorno ambiental, también implica un conocimiento creciente de la relación que existe entre el mantenimiento y la calidad del producto; finalmente la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

El Mantenimiento centrado en la Confiabilidad o RCM (Reliability Centred Maintenance) es un proceso desarrollado durante los años 1960 y 1970 en diferentes industrias, para determinar políticas estupendas y roles de las acciones físicas y por ende controlar los efectos de sus equivocaciones. Su enfoque está relacionado con ejecutar las acciones prioritarias para que los espacios continúen obedeciendo con las obligaciones del cliente, este método desarrolla técnicas para mantener un análisis de los efectos y el precio de cada una de los errores.

De acuerdo a (Motta Cruz, 2017), debido a la inserción de los procedimientos automáticos y mecánicos en la industria, disponible y confiable son factores importantes a considerar para la productividad como los parámetros de calidad, cuidado, defensa del entorno ambiental y la expansión de la existencia utilitaria de los dispositivos entre otros; por esto con el fin de lograr la regulación en los precios para mantener.

Motta también precisa que “la disponibilidad va ligada a la confianza de las acciones y la instalación, algunos de los propósitos esenciales importantes del Mantenimiento centrado en confiabilidad consisten en la garantía y agregar lo disponible de los equipos, así como minimizar los precios para mantener”.

Según la norma SAE JA011, el mantenimiento centrado en la confiabilidad o RCM está definido por “(…) procedimiento preciso utilizado para reconocer las políticas que están implementadas para gestionar las acciones de falla donde se puede generar equivocaciones de función activa en su entorno de operación”.

Por otro lado, (Moubray, 2004) es de la opinión que “consiste en un procedimiento que permite identificar las acciones para mantener adecuado cualquier acción física, dicho procedimiento debe asegurar que las acciones físicas sigan logrando que sus usuarios quieren que realicen en su medio de operación de actualidad”.

Finalmente podemos precisar que la conservación orientada en la confianza que está referido al procedimiento donde garantiza una función apropiada de las acciones físicas.

La mina Quellaveco tiene 3 palas eléctricas que, al ser manejadas por el operador, se encargan de acarrear el mineral de la mina hacia los camiones mineros para su posterior transporte hacia el proceso de chancado. Las 3 palas eléctricas operan con una tensión de 7.2 kV (media tensión), esta fuente de energía proviene de las 3 subestaciones eléctricas móviles que reciben la energía en la subestación de Papujune de 22.9 kV. Los transformadores de potencia de las subestaciones eléctricas se encargan de transformar la tensión de llegada de 22.9 kV a 7.2kV para su utilización de las palas eléctricas.

La subestación eléctrica móvil cuenta con un programa de prevención brindado por ABB, sin embargo, al ser un mantenimiento de rutina como, limpieza, inspección visual, lubricación, etc., no es suficiente ya que esto se ve reflejado en las fallas que ocurren en la subestación.

Si bien es cierto se ha implementado Mantenimiento Preventivo y Predictivo en la subestación ubicada en la mina Quellaveco con la finalidad de garantizar su disponibilidad y confiabilidad, es necesario que se implemente y mantenga una confianza centrada; que permitirá definir con parámetros y actividades necesarias que mejoren los indicadores de mantenimiento y manejen a la reducción de los precios a la mínima y sus repercusiones.

En tal sentido, la presente investigación pretende dar a conocer el Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad para la implementación de los indicadores de mantenimiento a una subestación eléctrica móvil; ubicada en la mina de Quellaveco; con la finalidad de incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la subestación eléctrica móvil. Se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cómo es el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para implementar los indicadores de mantenimiento de la subestación móvil ubicada en la mina de Quellaveco? Siendo los problemas específicos: ¿Cómo establecer los estándares de funcionamiento de la subestación eléctrica móvil?, ¿Cómo determinar modos, consecuencias de los errores de los aspectos en la subestación eléctrica móvil?,¿Cómo aprovechar los desempeños para mantener los precios asociados a este?

El propósito general del estudio consiste: Determinar el Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para implementar los indicadores de mantenimiento en una subestación eléctrica móvil ubicado en la mina de Quellaveco. Y los objetivos específicos son: Establecer los estándares de Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en base a la caracterización de los equipos y el contexto de operación de la subestación eléctrica móvil. Determinar, la criticidad de las fallas generales en los componentes de la subestación eléctrica móvil en base a los modos, efectos y consecuencias de las mismas. Identificar los valores de criticidad según el Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad; en función a los modos, efectos y consecuencias de los componentes en la subestación eléctrica móvil.

La justificación de la presente investigación tiene como finalidad mejorar los indicadores de mantenimiento, mediante la medición de cronograma entre errores (Mean time Between failures- MTBF) y el tiempo promedio de conservación (Mean time to repair - MTTR) de la subestación eléctrica móvil en estudio; su disminución evitaría paradas en su funcionamiento. Y mediante la propuesta se logrará reducir los precios relacionados para mantener para asegurar el total disponible de la subestación eléctrica móvil y por ende incrementar la confiabilidad y mantenibilidad de la misma.

La hipótesis general del estudio es: El plan de mantenimiento centrado en confiabilidad en una subestación eléctrica móvil ubicado en la mina de Quellaveco; permitirá mejorar los indicadores de mantenimiento. Y las hipótesis específicas son: Los estándares de funcionamiento del Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para una subestación eléctrica móvil, ubicado en la mina de Quellaveco; permitirá mejorar los indicadores de mantenimiento. La criticidad de las fallas generales y el medio de operacionalización en subestación eléctrica móvil, permitirá establecer las consecuencias y efectos de los equipos en funcionamiento. El considerar los modos, efectos y consecuencias de los errores de los componentes en la subestación eléctrica móvil, permitirá determinar sus valores de criticidad.

I. MARCO TEÓRICO

El estudio considera a continuación los precedentes nacionales e internacionales donde tienen relación estrecha con el tema de investigación.

(Alban Martinez & Pantoja Puerta, 2011) en su trabajo de investigación que tuvo como título: "*Programa de Mantenimiento para la subestación de la Torre de Cali*", se planteó como objetivo general: "Determinar una metodología para formular un programa para mantener la subestación eléctrica de la Torre en Cali".

Tuvo como conclusiones que, por medio de la disponibilidad, si se toma en cuenta un plan de mantenimiento a corto plazo, un mantenimiento correctivo sería beneficioso, y si se considera un plan de mantenimiento con regular y extenso plazo, la aplicación de un mantenimiento de prevención resulta demasiado provechoso que un mantenimiento de corrección. Y se calculó que la probabilidad de confianza dio como resultados que un programa de mantenimiento correctivo tendrá más posibilidades de presentar fallas respecto a un programa de mantenimiento preventivo, demostrando que la diferencia entre uno y el otro mantenimiento es de más del 60% de probabilidades de que falle en un cierto periodo de tiempo.

(Zavaleta Burga, 2021) en su trabajo de investigación *denominado: "Plan de mantenimiento orientado en la confianza para la subestación eléctrica interna de una institución de finanza",* tuvo como objetivo general: "Proyectar un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad aplicando la metodología RCM a una subestación interna ubicada en una entidad financiera".

En la investigación se concluyó que: "Para cada modo de falla señalado, se constituyeron acciones de mantenimiento, originando como dato que el 46% de las acciones de mantenimiento son preventivas, el 22% de acciones son proactivas y el 30% son acciones predictivas. El fin de constituir estas acciones de mantenimiento

es reducir el número de fallas de los equipamientos y componentes que son críticos, esto se ve reflejado en la optimización del indicador Tiempo Promedio Entre Fallas MTBF. Del mismo modo el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad procura disminuir la posibilidad de que las fallas continúen, y por consecuente, mitigar exposiciones que puedan causar riesgos hacia el personal y al medio ambiente".

(Cerna Jara & Jara Mendoza, 2022) en su trabajo de investigación titulado: *"Plan de Mantenimiento Preventivo RCM en la Red de Media Tensión 22.9 kV en la Provincia de Cajabamba en la mejoría de la Confianza en el Consorcio SESGA-REYSER S.R.L."* tuvo de propósito elaborar el programa de mantenimiento preventivo desarrollando el método RCM en la red con 22.9 kV en la localidad de Cajabamba poniendo énfasis en el suministro CJB005, dando inicio a partir del recloser I371709 hasta el divisor I371679. Esta metodología desarrollada es del tipo aplicada pues se centró en la búsqueda de una solución a la dificultad que es la carencia de un programa de mantenimiento de prevención de líneas de repartición electrónica.

El diseño aplicado fue preexperimental, debido a que se hizo énfasis en observar los impactos de las variables con el tema de investigación.

El trabajo de investigación tuvo como conclusiones la elaboración del programa de mantenimiento preventivo aplicando la metodología RCM específicamente a subestaciones de distribución del tipo aéreas montadas en monoposte. La puesta en marcha del programa de mantenimiento preventivo tuvo un gasto de s/39,406.00 con un retorno de cerca de 9 meses y el programa contó con tareas cada 12 meses las cuales fueron: pintura a la estructura inferior de los postes, si el poste se encontraba dañado, se reemplazaba por otro y tareas cada 3 meses las cuales fueron: verificación visual al cable de media tensión, limpieza en la zona que corresponde a la servidumbre y toma de datos de la resistencia del sistema con posición a tierra y si fuera necesario el arreglo. Esta programación del mantenimiento es la obtención

de la administración estratégica ya que se encuentra incluida en los trabajos con un carácter de largo plazo de la empresa.

(Diestra Quevedo, Esquivel Paredes, & Guevara Chinchayan, 2017) en su artículo de investigación titulado: *"Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para fortalecer lo disponible de la operación de la maquinaria con gran criticidad", tuvo como objetivo "Elaborar el programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad que se adapte a las necesidades operativas de la empresa",* los resultados fueron que la disponibilidad operacional del puente grúa aumentó a 91.76%, para determinar ésta disponibilidad, en lugar de sumar las horas que paró sin operación el puente grúa con las horas totales disponibles en que opera, se restaron, esto con el fin de obtener una disponibilidad más factible. Y concluyó que, las maquinarias industriales de la empresa que tienen mayor criticidad fueron los puentes grúa N°2 y N°5. Determinó también que la ocurrencia de fallas consecutivas genera una pérdida de tiempo de fabricación de 4.62% como también pérdidas de costos relacionados a la producción que ascienden a $ 3530.1 dólares.

La investigación trata en la implementación con plan de mantenimiento utilizando el procedimiento RCM a una subestación eléctrica móvil, por lo que las bases teóricas tienen relación con el mantenimiento a un activo y una subestación eléctrica de media tensión.

El mantenimiento es un conglomerado de técnicas que se usan para preservar las maquinarias, equipos, herramientas e infraestructuras el máximo tiempo posible y llevarlo a un estado en el que pueda desarrollar sus funciones establecidas por el usuario. (Pérez Alegría & Supo Rojas, 2018).

Los mantenimientos preventivos son aquellas acciones de reemplazo realizadas cada cierto determinado tiempo que no están ligadas al estado en que se encuentren las maquinarias, equipos, herramientas o infraestructura. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014).

- Está desarrollada según un plan preelaborado precisando las actividades a continuación a ejecutar, de modo que los recursos y reposiciones a utilizar sean dispuestas.
- Posee un periodo aproximado, así como tiempos preestablecidos de inicio y fin aceptados por la comisión directiva de la entidad.
- Generalmente se desarrolla para un ámbito y a algunos equipos individuales. Aunque además está la posibilidad de desarrollar la conservación global de todos los elementos del área de acción.

Logra a la entidad recibir un informe de todas las máquinas o equipos, y además otorga la oportunidad de la actualización del contenido técnico. (Alvarado Merchán, 2017, pág. 25).

En cuanto al mantenimiento correctivo existen dos tipos: el mantenimiento correctivo inmediato que es aquel que se realiza en el momento en el que se produce la falla funcional y el mantenimiento correctivo diferido que puede planearse. La diferencia entre uno y otro radica en que el mantenimiento correctivo inmediato se antepone del diferido, esto para contrarrestar las consecuencias que pueda ocasionar el fallo. Sin embargo, un aspecto en común de ambos mantenimientos correctivos es que ambos se llevan a cabo posterior a la falla. (Felipe Sexto, 2018, pág. 2).

El mantenimiento predictivo se define como el pronóstico de fallas posibles en un punto específico. Además, está basado en la continuación, informe y la comprobación de las variables que logran la condición de maquinaria o elemento. Mediante esta conservación está la posibilidad de desarrollar participaciones y arreglos, en un primer aspecto, desarrolla un análisis del equipo, en ello, la celda de regular tensión, se califica su condición y se descubren los componentes que causan la incorrecta función o daño. Después se encuentra la resolución (Diaz Villanueva, Hurtado Zamora, & Villegas Gómez, 2019, pág. 22).

El Mantenimiento Orientado en Confiabilidad consiste en el método desarrollado para definir qué acciones debemos asumir para que una acción física continúe desempeñándose respecto a un estándar de funcionamiento establecido por el usuario dentro de un contexto operacional. (Moubray, 2004, pág. 20).

Las siete preguntas básicas del RCM: Según la página web (www.rcm-confiabilidad.com.ar, 2005)**,** la norma SAE JA1011 precisa a las indicaciones que deberá obedecer el procedimiento para denominarse un aspecto RCM.

De acuerdo a esta norma, las 7 interrogantes principales del procedimiento RCM son:

1. ¿Qué funciones anheladas son para el dispositivo que se está interpretando?: Se debería tener una comprensión exacta del medio del que opera el dispositivo. Por ejemplo, dos acciones idénticas que se operan con plantas diferentes, puedan resultar en programas de conservación total diferentes si sus entornos de ejecución don distintos.
2. ¿Qué condiciones de errores (equivocaciones de función) relacionados con aquellas funciones?: Las condiciones equivocadas o fallas funcionales determinan todas las condiciones que no se desean de la estructura. Por ejemplo, las condiciones de errores pueden estar “incapaces del bombeo de agua”, “Bombea menos de 500 litros7minutos, “Incapaz de retener el agua”.
3. ¿Cuáles son las causas probables de cada uno de las condiciones de errores?: Una modalidad de error resulta un probable motivo por el que un dispositivo logre tener una condición errónea. Por ejemplo, “impulso de desgaste” es la forma de error que tiene una bomba que llega a la condición de error reconocido por el error de la función “bombea mínimo de lo necesario”. Al reconocer las formas de error de un dispositivo resulta necesario hacer una relación “motivo raíz” del error.
4. ¿Cuáles son las consecuencias en cada una de estas fallas?: Una “consecuencia del error” consiste en una síntesis descriptiva de “qué sucede cuando el error sucede”. Por ejemplo, la consecuencia de error relacionado con la forma de error “impulso de desgaste” puede suceder a continuación: “a razón que el impulso

esté desgastado, disminuye el nivel del reservorio, hasta que toca la alarma de mínimo nivel en el espacio regulado.

5. ¿Dónde está el efecto de cada error?: Cada forma de error reconocido en la interpretación de RCM debería estar organizado en una de estas clases: seguridad (poniendo en riesgo la seguridad de la persona), medio ambiente (afectando el entorno ambiental), operacionales (Aumentando precios o disminuyendo el provecho de presupuesto de una corporación), y no de operación, previa separación entre errores evidentes y escondidas.
6. ¿Qué logra desarrollarse para suponer o evitar el error?: Se puede prevenir una falla haciendo un monitoreo de los puntos más críticos del funcionamiento, a lo cual se tiene que llevar un control de estado de funcionamiento.
7. ¿Qué se logra si no se puede ubicar una actividad de predicción o evitar una adecuación?: Sí está decidido que no se realizará ninguna acción proactiva (predicción o de prevención) para conducir el error, sino que se arreglará la misma una vez que suceda, por consiguiente el mantenimiento seleccionado resulta un mantenimiento de corrección, siempre y cuando el costo del error (cerca indirecta) resulta menos que el precio de prevención, o no podría realizarse otra acción proactiva y no está justificada desarrollar un rediseño del dispositivo.

La Confiabilidad**:** consiste la probabilidad en que una acción sin operación, sin error por una etapa determinada precisa (tiempo de misión) y menos estado previo establecido (grado que se espera del desempeño). (ACIEM, 2014, pág. 29).

Distinto concepto relevante es la confianza es; posibilidad de que una acción se desempeñe en el transcurso de un rango temporal determinado y mínimo estado de uso definido. (Barusso Lafraia, 2001).

Según (García Urcia, 2019) se puede expresar la siguiente fórmula para determinar la confiabilidad:

$$C = e^{\frac{-\lambda * t}{100}}$$

Dónde:

***λ*=** Tasa de errores $\lambda = \frac{1}{MTBF}$

t= periodo

La Disponibilidad consiste en la posibilidad de que una acción que haya sufrido un mantenimiento, pueda desarrollar su rol en el preciso periodo temporal. De términos operativos, la disponibilidad se demuestra como el porcentaje de tiempo en que el activo se encuentra apto para realizar sus propias funciones. De manera analítica, la disponibilidad se puede determinar como la relación que hay entre el tiempo que el activo quedó dispuesto para producir u operar y el tiempo completo que se tomó para su reparación. (Mesa Grajales, Ortiz Sánchez, & Pinzón, 2006, pág. 2).

El Análisis de críticos consiste en el método el cual logra determinar niveles según a la planta, dirección o dispositivo, está aplicado en la instalación, sistema, dispositivo, componente. El aspecto critico está obtenido de la evidencia de la frecuencialidad de errores o su posible efecto de que suceda, esto último considerando los componentes sobre universo, prejuicios al personal, entorno del ambiente, disminución de la productividad, precios de conservación, disminución de figura y errores en la instalación, etc. Este análisis aporta la decisión para la gestión de fuerzas hacia los que necesitan. (ACIEM, 2014, pág. 24).

Según (Ramírez & Moreno, 2017), para poder determinar la criticidad de una maquinaria, equipo, componente o infraestructura donde se realiza una matriz de criticidad que consta de dos variables que son la frecuencia con la que ocurre una falla que se ubica en un eje y las consecuencias en las cuales incurrirá el equipo o componente si entra en falla en el otro eje.

Figura 1. *Matriz de criticidad*

Fuente: *Ramírez & Moreno, 2017*

La detección de fallas es cuando se produce un error, normalmente está manifestado en incrementos de valores corrientes y presiones. También puede incluir cambios en los parámetros del sistema tales como armónicos en las propias marcas, fuerzas reactivas o activas reiteraciones de la estructura, variación de ángulos de fasores de las corrientes y tensiones, etc. El principio se funcionamiento de los relés de protección se basan en estos cambios de los parámetros detectándolos para luego identificar aquellos cambios que lleven consigo una posibilidad de que en el futuro exista fallas en la protección que le fue asignada al relé. (Vargas Villeda, 2016)

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de estudio será aplicado puesto que estará utilizándose los saberes que fueron aplicados por otros investigadores en relación a implementar el plan de mantenimiento con el fin de fortalecer los indicadores con mantenimiento de un activo o infraestructura.

El diseño de investigación será experimental pues se estará manipulado las variables y estarán observadas los fenómenos de su estado innato.

2.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Plan de Mantenimiento centrado en Confiabilidad

Variable Dependiente: Implementación de los indicadores de mantenimiento

- Tiempo medio de reparación (MTTR)
- Tiempo medio entre fallas (MTBF)

La matriz de Operacionalización de variables y la Matriz de Consistencia se adjunta en el Anexo 1 y Anexo 2. (Tabla 2 y Tabla 3).

2.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

- El universo será el suministro de energía eléctrica conformadas por la subestación eléctrica móvil N° 04.
- La muestra será la Subestación Eléctrica Móvil N°04.
- El muestreo será intencionado y no probabilístico ya que se eligió la muestra en base al criterio de los investigadores, considerando que la muestra elegida es la subestación con más fallas producidas.
- La unidad de análisis será una subestación eléctrica móvil.

2.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

Tabla 1*. Técnicas y medios de recojo de resultados*

Técnica	Instrumento	Validación
Análisis de documentos	Manuales con operación y mantenimiento	Especialista
	Fichas de informes de fallas	Especialista
Observación	Fichas de reportes diarios	Especialista

Fuente: Elaboración propia

2.5. Procedimientos

a. Recopilación de resultados en Subestación Eléctrica móvil SEM N°04

Se comenzará recolectando información acerca de los componentes que conforman la subestación eléctrica móvil N° 04 tales como fichas de reportes

de fallas, fichas de reportes diarios, etc. Con el fin de poder calcular los indicadores actuales de MTTR, MTBF y disponibilidad.

b. Análisis de datos para evaluar la criticidad

Una vez obtenidos los valores de la disponibilidad de los equipos que conforman la subestación eléctrica móvil N°04, se tomará como referencia los componentes que cuenten con menor disponibilidad (expresada en valores porcentuales), menor tiempo de operación y mayor número de fallas para realizar el análisis de criticidad.

c. Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad

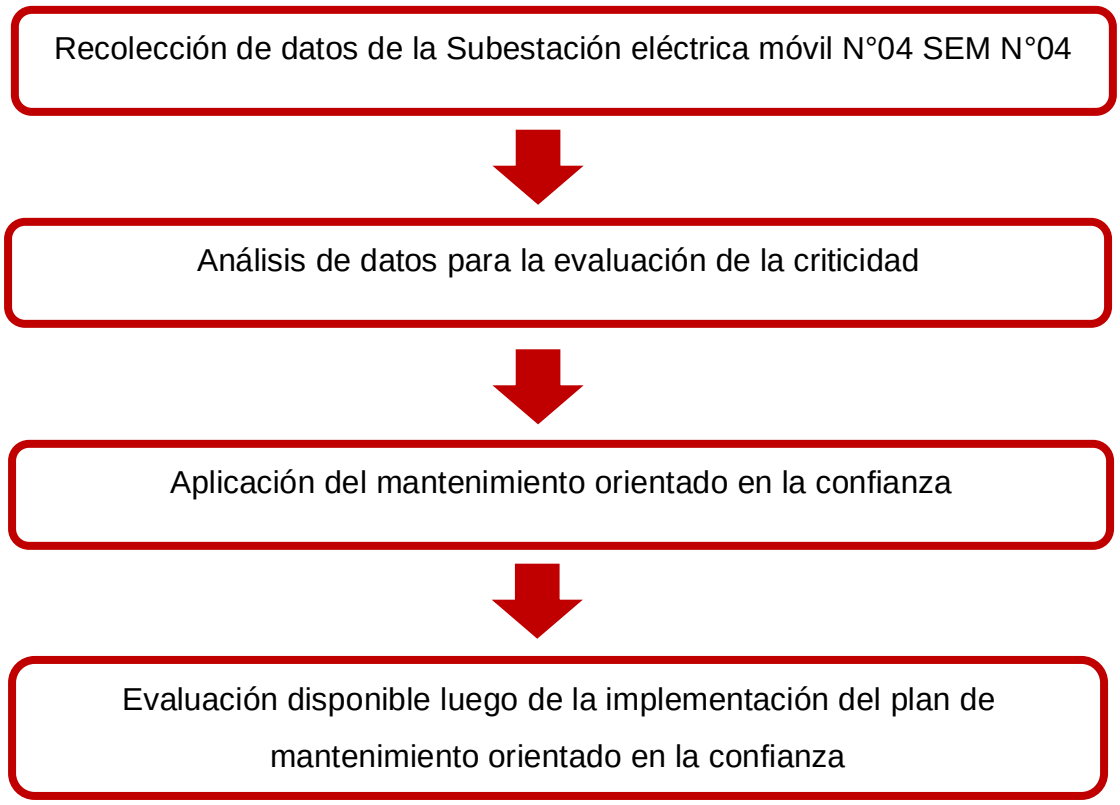
Se realizará la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad a la subestación eléctrica móvil N°04 analizando los errores de función, las formas de error, consecuencias de falla, además sus consecuencias de cada equipo que compone la subestación.

d. Evaluación de la disponibilidad al momento de implementar el plan de mantenimiento orientado en la confianza

Se procederá a evaluar y comparar los resultados obtenidos de la disponibilidad al momento de la aplicación el plan de mantenimiento orientado en la confianza con los valores inicialmente obtenidos.

Seguidamente está mostrado el diagrama en el proceso donde se utilizará para el desarrollo del presente proyecto de investigación:

Figura 2. *Procedimiento de desarrollo de investigación*



2.6. Método de análisis de datos

Para analizar los datos de la investigación estará utilizándose el software Microsoft Excel en donde se registrará y procesará los datos obtenidos de las hojas de fichas de fallas, cantidad de tiempo empleadas que duró la falla, etc que se muestran a continuación:

- Registro de tiempo de operación y ocasiones en que las que hubo fallas.
- Calculando los valores de MTBF y MTTR para luego determinar si está disponible.
- Cumplimiento y seguimiento del plan de mantenimiento propuesto

Una vez obtenida la información, se organizará y se realizará tablas para poder interpretar los resultados obtenidos.

2.7. Aspectos éticos

El que investiga está comprometido al respeto de las reglas del código de ética del estudio científico, la privacidad del autor, la honestidad de los datos y la confianza de los resultados recogidos por la entidad que garantiza la validez y confianza de la investigación.

III. RESULTADOS

Tabla 2. *Celda gis de subestación eléctrica móvil*

EQUIPO		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
CELDA GIS DE SUBESTACION ELECTRICA MOVIL	FUNCION PRINCIPAL	Abaster energia a la pala electrica de 7.2KV	Total: No abastece nada de energia	Desbalance de sobrecorriente	Perdida de produccion debido a no accionamiento de la Pala Electrica SH01, de 990 TN/H
				Sobre tension	
				Cae un trueno a la linea de alimentacion	
				Falla HILO-PILOTO	
				Daño del interruptor	
				Falla por polucion	
				Seccionador no puede accionar	
	FUNCIONES SECUNDARIAS	Monitorea a tiempo real variables como Corriente, Temperatura y Voltaje.	Total: Monitorea a tiempo real variables como Corriente, Temperatura y Voltaje.	El medidor de tension se quema	La Pala trabajaria de manera riesgosa e insegura
				Se queme el sensor de tension	
				Falla de interruptor	
				Falla de seccionador	
				Falla de cables	
		Resistencia de falla a tierra	Total: No pueda realizar la fuga a	Exceso de polvo	Probabilidad de shock electrico
		Proteccion contra arcos electricos	Total: No protege al shock electrico	Falla en el Gas SF6	Puede matar al personal

En la tabla 2 se muestra el modo de falla obtenido en el equipo de la subestación eléctrica móvil, de los cuales se presenta en la falta de abastecimiento de energía como principal componente del funcionamiento; así mismo, existes fallas secundarias como la temperatura y voltaje, realizar la fuga y que no protege el shock eléctrico. Estos traen como consecuencia efectos como la pérdida de producción del accionamiento de la Pala eléctrica SH01, de 990 TN/H, shock eléctrico, inseguridad y daños irreversibles al personal.

Tabla 3. *Actividades de mantenimiento por modo de falla*

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO POR MODO DE FALLA: CELDA DE SUBESTACION MOVIL				
COMPONENTE DEL EQUIPO	**MODO DE FALLA**	**ACTIVIDAD**	**TIPO DE MANTENIMIENTO**	**FRECUENCIA**
CELDA GIS DE SUBESTACION ELECTRICA MOVIL	Desbalance de sobrecorriente	Monitoreo de corriente con un medidor AIO	Preventivo	SEMANAL
		Correccion de desbalance	Correctivo	CONDICION
	Sobre tension	Monitoreo de tension con medidor AIO	Predictivo	SEMANAL
	Cae un trueno a la linea de alimentacion	Mantenimiento al pararayos	Preventivo	8 MESES
	Falla HILO-PILOTO	Comprobar la continuidad	Preventivo	SEMANAL
	Daño del interruptor	Limpieza de componentes por polucion	Preventivo	SEMANAL
	Falla por polucion	Limpieza de componentes por polucion	Preventivo	SEMANAL
	Seccionador no puede accionar	Limpieza por polucion y contactos	Preventivo	BI SEMANAL
	El medidor de tension se quema	Cambio de componente	Correctivo	CONDICION
	Se queme el sensor de tension	Cambio de componente	Correctivo	CONDICION
	Falla de interruptor	Limpieza de componentes por polucion	Preventivo	SEMANAL
	Falla de seccionador	Limpieza de componentes por polucion y monitoreo de accionamiento	Preventivo	BI-SEMANAL
	Falla de cables	Reajuste de borneras y mantenimiento de	Preventivo	MENSUAL
	Exceso de polvo	Limpieza de componentes por polucion	Preventivo	SEMANAL
	Falla en el Gas SF6	Monitoreo del GAS SF6	Preventivo	6 MESES

Tabla 4. *Resumen de actividades por frecuencia*

FRECUENCIA		ACTIVIDAD
ELEC - SUB - SEMANAL	SEMANAL	Monitoreo de corriente con un medidor AIO
		Monitoreo de tensión con un medidor AIO
		Comprobar la continuidad del hilo piloto
		Limpieza de componentes por polución
ELEC - SUB - BI-SEMANAL	BI-SEMANAL	Limpieza de contactos
		Monitoreo de accionamiento del seccionador
ELEC - SUB - MENSUAL	MENSUAL	Reajuste de borneras y mantenimiento de contacto
ELEC - SUB - SEMESTRAL	6 MESES	Monitoreo del GAS SF6
ELEC - SUB - 8M	8 MESES	Mantenimiento al pararrayos
CONDICION	CONDICION	Corrección de desbalance
		Cambio de componente de medidor
		Cambio de componente de sensor de tensión

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 3 se muestra las actividades programadas para el mantenimiento de las fallas ocurridas en la celda de la subestación eléctrica móvil, donde se señala que se utilizó en la falla del desbalance de sobrecorriente, el monitoreo de corriente con el medidor AID (Preventivo) y el corrector de desbalance (Correctivo); en la falla sobre tensión, se usó el monitoreo de tensión con medidor AID (Predictivo); en la falla de un trueno en la línea de alimentación, se utilizó el mantenimiento del pararrayos (Preventivo); en la falla del HLO- PLOTO se comprobó la continuidad (Preventivo); en el daño del interruptor, limpieza de componentes por polución (Preventivo) ; durante la falla por polución se usó la limpieza de componentes por polución (Preventivo); si el seccionador no puede accionar, se realizó la limpieza de polución y contactos (Preventivo); en la falla del medidor de tensión se quema, se hizo el cambio de componente (Correctivo), de igual manera si el sensor de tensión se quema: se hace un cambio de correctivo (Correctivo), si existe falla de interruptor se realiza la limpieza de componentes por polución (Prevención); las fallas de seccionador, se utilizó la limpieza de componentes por polución y monitoreo de accionamiento: si hay una falla de cables entonces se hace el reajuste de borneras y mantenimiento (Preventivo); si existe exceso de polvo se hace la limpieza de componentes por polución (Preventivo); si hay falla en el Gas SF6, se realiza el monitoreo del Gas SF6 (Preventivo).

Tabla 5. *Programación de las actividades para el plan de mantenimiento*

PLAN DE MANTENIMIENTO				
SISTEMA	JERARQUIAS	ESPECIALIDAD	GAMA	FRECUENCIA
CELDA GIS DE SUBESTACION ELECTRICA MOVIL	1	ELECTRICA	ELEC - SUB - SEMANAL	SEMANAL
	1	ELECTRICA	ELEC - SUB - BI-SEMANAL	BI-SEMANAL
	1	ELECTRICA	ELEC - SUB - MENSUAL	MENSUAL
	1	ELECTRICA	ELEC - SUB - SEMESTRAL	SEMESTRAL
	1	ELECTRICA	ELEC - SUB - 8M	8M
	1	ELECTRICA	CONDICION	CONDICION

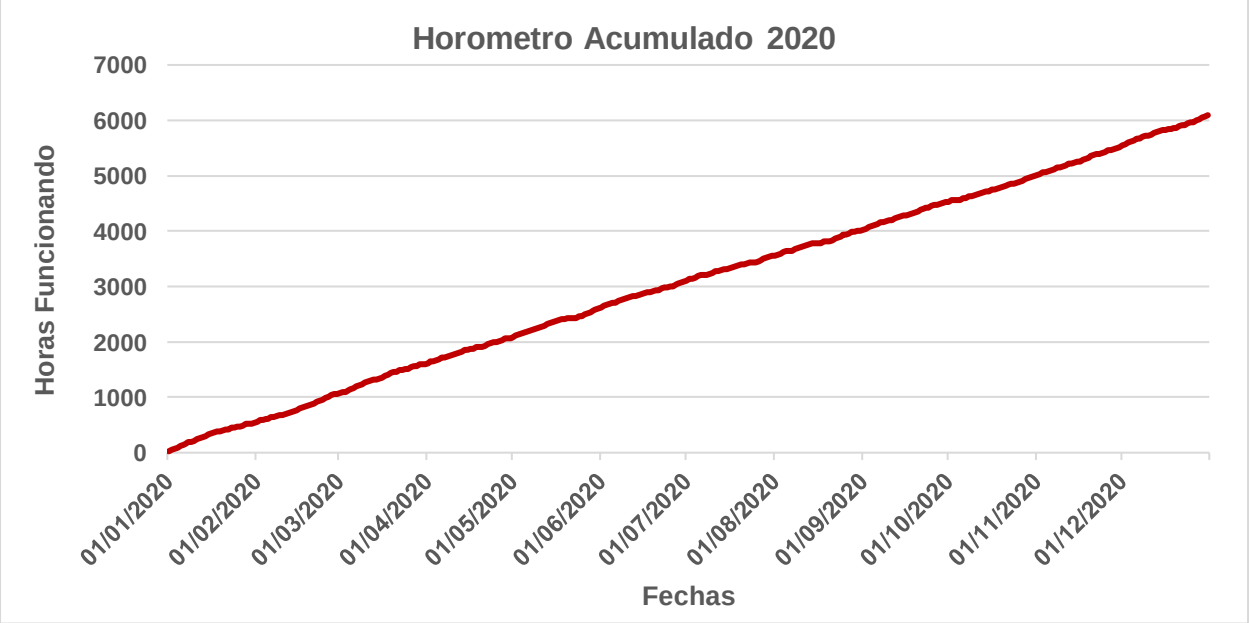
ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
			X				X				X				X				X				X				X
																							X				

AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X
			X				X				X				X				X
																			X
			X																

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se representa la programación de actividades para la aplicación del plan de mantenimiento, los cuales se muestra el periodo en semanas y mensual a partir del mes de enero hasta diciembre del año en curso, los cuales se establece eléctrica un-semestral condición mensual y semanal.

Figura 3. *Tiempo operativo del funcionamiento por día antes del plan de mantenimiento*



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3, se muestra el tiempo operativo antes de utilizarse el plan de mantenimiento descrito por el MTBF o tiempo medio entre fallas que nuestro resultado muestra 19.7%; el MTTR o tiempo detenido por número de fallas obteniendo un 8.7%; y la disponibilidad o el tiempo trabajado por el total cronológico que se representó en un 69.4%. Los datos se calcularon del Anexo 03.

$$MTBF = \frac{\sum Tiempo\ de\ trabajo}{\sum Número\ de\ detenciones}$$

MTBF	19.7	**Horas/#Falla**

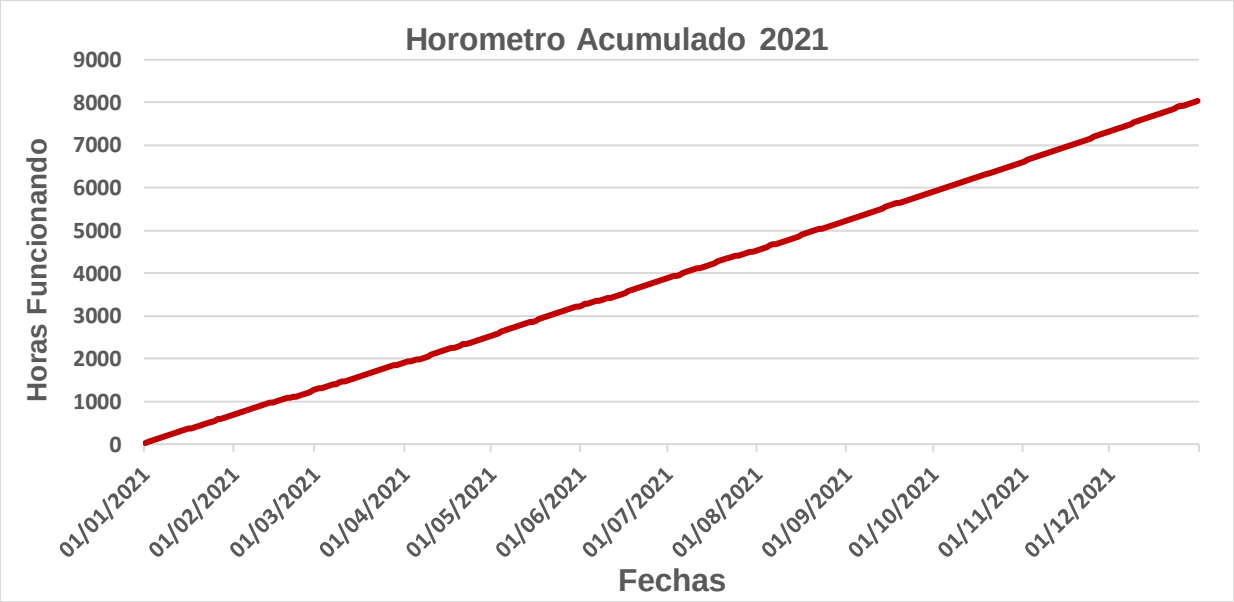
$$MTTR = \frac{\sum Tiempo\ detenido}{\sum Número\ de\ detenciones}$$

MTTR	8.7	**Horas/#Falla**

$$MTTR = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\ X\ 100$$

DISPONIBILIDAD	69.4%	**%**

Figura 4. *Tiempo operativo del funcionamiento por día después del plan de mantenimiento*



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se muestra el tiempo operativo después de utilizado el plan de mantenimiento descrito por el MTBF o tiempo medio entre fallas que nuestro un resultado de 92.4%; el MTTR o tiempo detenido por número de fallas que se obtuvo un 8.3%; y la disponibilidad o el tiempo trabajado por el total cronológico que se representó en un 91.7%. Los datos se calcularon del Anexo 4.

$$MTBF = \frac{\sum Tiempo\ de\ trabajo}{\sum Número\ de\ detenciones}$$

MTBF	92.4	**Horas/#Falla**

$$MTTR = \frac{\sum Tiempo\ detenido}{\sum Número\ de\ detenciones}$$

MTTR	8.3	**Horas/#Falla**

$$MTTR = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \; X \; 100$$

DISPONIBILIDAD	91.7%	**%**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. *Presupuesto para la implementación del Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la implementación de los indicadores de mantenimiento en la Subestación Eléctrica móvil en la mina Quellaveco*

GAMA	FRECUENCIA	ACTIVIDADES	CANTIDAD (PERSONAL)	DURACION (H)	HH	HH ANUAL	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS
ELEC - SUB - SEMANAL	SEMANAL	Monitoreo de corriente con un medidor AIO	3	4	12	624	-	Caja de herramienta Eléctrica
		Monitoreo de tensión con un medidor AIO	3	6	18	936	-	Caja de herramienta Eléctrica
		Comprobar la continuidad del hilo piloto	3	6	18	936	-	Caja de herramienta Eléctrica
		Limpieza de componentes por polución	3	6	18	936	Trapo 1KG	Caja de herramienta Eléctrica
ELEC - SUB - BI-SEMANAL	BI-SEMANAL	Limpieza de contactos	2	6	12	312	2 limpia contactos/Trap 1KG	Caja de herramienta Eléctrica
		Monitoreo de accionamiento del seccionador	3	8	24	624	-	Caja de herramienta Eléctrica
ELEC - SUB - MENSUAL	MENSUAL	Reajuste de borneras y mantenimiento de contacto	3	10	30	360	-	Caja de herramienta Eléctrica
ELEC - SUB - SEMESTRAL	6 MESES	Monitoreo del GAS SF6	3	12	36	72	-	Caja de herramienta Eléctrica
ELEC - SUB - 8M	8 MESES	Mantenimiento al pararrayos	3	12	36	72	-	Caja de herramienta Eléctrica
CONDICION	CONDICION	Corrección de desbalance						
		Cambio de componente de medidor						
		Cambio de componente de sensor de tensión						

Suma total		4872		
Costo por HH		S/60.00		
Costo total HH		S/292,320.00		
Costo caja de herramientas		S/50,000.00		
Cables		S/25,000.00		
Costo de Limpia contactos	52 Unid	S/1,872.00		
Costo de trapo	78 Kg	S/273.00	**Anual ($)**	**Mensual ($)**
	Costo total plan	S/369,465.00	$99,855.41	$8,321.28
	Presupuesto de Mina	S/444,000.00	$120,000.00	$10,000.00
		Ganancia	$20,144.59	$1,678.72

Tabla 7. *Retorno de inversión*

Meses	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Ingresos		$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00	$10,000.00
Egresos	-$99,855.41												
		-$89,855.41	-$79,855.41	-$69,855.41	-$59,855.41	-$49,855.41	-$39,855.41	-$29,855.41	-$19,855.41	-$9,855.41	$144.59	$10,144.59	$20,144.59

Ganancia anual	$20,144.59

Se observa que el Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la implementación de los indicadores de mantenimiento en la Subestación Eléctrica móvil en la mina Quellaveco nos genera un ahorro total $20,144,59 dólares anuales y la empresa recuperaría la inversión a partir del décimo mes.

IV. DISCUSIÓN

Luego de los resultados obtenidos, presentamos las siguientes discusiones de la investigación:

En cuanto los resultados recogidos de Zavaleta Burga (2021) en la tesis: *: "Plan de mantenimiento orientado en la confianza para la subestación eléctrica interna de una institución de finanza",* la investigación se concluyó que: "Para cada modo de falla señalado, se constituyeron acciones de mantenimiento, originando como dato que el 46% de las acciones de mantenimiento son preventivas, el 22% de acciones son proactivas y el 30% son acciones predictivas. Reafirmamos que nuestro resultado es similar porque se requiere de mayores acciones preventivas para preservar cada subestación eléctrica y así evitar accidentes o riegos a la zona donde se desarrolla las operaciones.

Con respecto a Cerna Jara & Jara Mendoza en su trabajo de investigación titulado: *"Plan de Mantenimiento Preventivo RCM en la Red de Media Tensión 22.9 kV en la Provincia de Cajabamba en la mejoría de la Confianza en el Consorcio SESGA-REYSER S.R.L."* tuvo de propósito elaborar el programa de mantenimiento preventivo desarrollando el método RCM en la red con 22.9 kV en la localidad de Cajabamba poniendo énfasis en el suministro CJB005, dando inicio a partir del recloser I371709 hasta el divisor I371679. Los resultados obtenidos de este estudio permiten desmostar que la subestación eléctrica Nro4 está suministrada por una corriente de 6.9 KW y se necesita una mejor distribución para hacer uso de la efectividad del mantenimiento priorizando las acciones de seguridad.

V. CONCLUSIONES

- En esta investigación se concluye de manera general que el Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad contribuye a la mejora de los equipos que se encuentran en operación, los cuales se determina por la mejora en los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, y la atención a las fallas que puedan ocasionar un riesgo para la producción de la mina Quellaveco.
- Con respecto a los estudios realizados antes del plan de mantenimiento, en el MTBF se obtuvo un 19.7% o tiempo medio entre fallas, en el MTTR o tiempo definido por el número de fallas, un 8.7% y la disponibilidad o el tiempo trabajado se obtuvo un 69.4%; los cuales representó una evaluación moderada de los modos de fallas del funcionamiento de los equipos. Así mismo, después de utilizado el plan de mantenimiento, el MTBF o tiempo medio entre fallas tuvo un resultado del 92.4%; el MTTR o tiempo detenido por número de fallas que se obtuvo un 8.3%; y la disponibilidad o el tiempo trabajado por el total cronológico que se representó en un 91.7%.; por ello se manifiesta una mejoría en cuanto al avance del mantenimiento según el tiempo y las acciones previstas y ejecutadas para su funcionamiento en la subestación eléctrica. Asimismo, se resalta que hubo una reducción de costos de $120,000.00 dólares a $100,000.00 dólares.
- Finalmente, en el trabajo de investigación se logró determinar los diferentes modos de falla, que a su vez generaron actividades de mantenimiento que ordenadas y agrupadas, generando un plan de mantenimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se monitoree y se actualice un Plan de Mantenimiento que esté basado en el funcionamiento del suministro de las subestaciones móviles para evitar efectos adversos en la empresa.
- Se recomienda a la empresa la aplicación de una técnica de mantenimiento centrado en confiabilidad para que contribuya a alinear los propósitos del área de mantenimiento con los objetivos estratégicos de la minera Quellaveco, además, se consigue trabajar una orientación para el desarrollo de esta clase de procedimientos de implementación en otros equipos críticos y durante el periodo de funcionamiento de la subestación eléctrica.
- Se recomienda llevar un control de mantenimiento que cumpla con los requerimientos específicos en equipos críticos para poder mejorar la confiabilidad, basada en el funcionamiento del equipo.
- Se recomienda llevar un mantenimiento monitoreado para identificar los valores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad con determinadas tácticas para tener un resultado favorable en el funcionamiento de equipos.

REFERENCIAS

ACIEM. (2014). *Guía de los Fundamentos de Mantenimiento y Confiabilidad.* Disponible en https://www.capacitacion.aciem.org/Certificacion/Guia_Fundamentos.pdf

Alban, W., & Pantoja, G. A. (2011). *Programa de mantenimiento para la subestación de la Torre de Cali.* Obtenido de https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17306/1/tesis_LFVV.pdf

Barusso , J. R. (2001). *Manual de Confiabilidade, Mantenibilidade y Disponibilidade.*

Buelvas, C. E., & Martínez, K. J. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.* Obtenido de http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/813

Diestra, J. P., Esquivel, L., & Guevara Chinchayan, R. (2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad.

Felipe, L. (2018). *Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son?* Obtenido de http://www.mantenimientomundial.com/notas/SEXTO_Tipos-Mantenimiento.pdf

Garcia, C. (2019). *Mantenimiento basado en la confiabilidad para la excavadora - 300.* Obtenido de https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12091

Mantenimiento Petroquímica. (2021). *¿Qué es el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)?* Obtenido de https://www.mantenimientopetroquimica.com/rcm.html

Mesa, D., Ortiz Sánchez, Y., & Pinzón, M. (2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf

Motta, M. A. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para TOP ROLLS en Vidrio Andino S.A.* Obtenido de https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9369/MottaMiguel2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortega, D. G. (2017). *Determinación de fallas funcionales de los equipos críticos del transporte de mineral grueso en minera Las Bambas S.A.* Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3674

Pérez, J. J., & Supo Rojas, D. G. (2018). *Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de eléctromecánica en el Hospital Regional Lambayeque.* Obtenido de http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/987/847

Vargas, L. F. (2016). *Aplicación de los relevadores microprocesados a un esquema de protección de línea corta en 230 kV.* Obtenido de https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17306/1/tesis_LFVV.pdf

www.rcm-confiabilidad.com.ar. (2005). *RCM - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* Obtenido de http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/ariel%20ZYLBERBERG/RCM_Scorecard_overview.pdf

Zavaleta Burga, I. R. (2021). *Plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la subestación eléctrica interior de una entidad financiera.* Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17411/Zavaleta_bi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de medición
Variable Independiente	Plan de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad	El mantenimiento orientado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) consiste en un método amplio reconocido y de utilización extendida para crear planes de mantener dispositivos de producción centrado en garantías los roles para el goce del cliente o dueño.	Mantenimiento centrado en la Confiabilidad	Falla funcional		Cuantitativa	
				Modo de falla		Cuantitativa	
				Efecto de falla		Cuantitativa	
Variable Dependiente	Implementación de los indicadores de mantenimiento	Los indicadores de mantenimiento miden la eficiencia de la operación para lograr los propósitos de mantenimiento determinado, como la disminución de la falta de actividad o reducir los precios.	Tiempo medio de reparación (MTTR)	MTTR = Tiempo detenido/ Número de fallas	Horas/reparación	Cuantitativa	
			. Tiempo medio entre fallas (MTBF)	MTBF= Tiempo de trabajo/ Número de fallas	Horas/falla	Cuantitativa	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. *Matriz de consistencia*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
PROBLEMA GENERAL	**GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**
¿Cómo es el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para implementar los indicadores de mantenimiento de la subestación móvil ubicada en la mina de Quellaveco?	Determinar el Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para implementar los indicadores de mantenimiento en una subestación eléctrica móvil ubicado en la mina de Quellaveco	La implementación de un Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad para una subestación eléctrica móvil ubicado en la mina de Quellaveco; permitirá mejorar los indicadores de mantenimiento.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**
¿Cómo establecer los estándares de funcionamiento de la subestación eléctrica móvil?	Establecer los estándares de Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad en base a la caracterización de los equipos y el contexto de operación de la subestación eléctrica móvil.	Los estándares de funcionamiento del Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para una subestación eléctrica móvil, ubicado en la mina de Quellaveco; permitirá mejorar los indicadores de mantenimiento.
¿Cómo determinar modos, consecuencias de los errores de los aspectos en la subestación eléctrica móvil?	Determinar las fallas generales en los componentes de la subestación eléctrica móvil en base a los modos, efectos y consecuencias de las mismas.	Las fallas generales y el medio de operacionalización en subestación eléctrica móvil, permitirá establecer las consecuencias y efectos de los equipos en funcionamiento.
¿Cómo aprovechar los desempeños para mantener los precios asociados a este?	Realizar el Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad; en función a los modos, efectos y consecuencias de los componentes en la subestación eléctrica móvil.	El considerar los modos, efectos y consecuencias de los errores de los componentes en la subestación eléctrica móvil, permitirá determinar sus valores de confiabilidad.

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 3. *Reporte anual 2020 del funcionamiento de la subestación N°04*

Fecha	Horómetro Acumulado	Horómetro del dia	Tiempo detenido	Número de detenciones
01/01/2020	24	24	0	0
02/01/2020	48	24	0	0
03/01/2020	72	24	0	0
04/01/2020	96	24	0	0
05/01/2020	117	21	3	2
06/01/2020	138	21	3	2
07/01/2020	162	24	0	0
08/01/2020	186	24	0	0
09/01/2020	194	8	16	1
10/01/2020	215	21	3	1
11/01/2020	239	24	0	0
12/01/2020	263	24	0	0
13/01/2020	278	15	9	1
14/01/2020	300	22	2	1
15/01/2020	324	24	0	0
16/01/2020	346	22	2	1
17/01/2020	363	17	7	1
18/01/2020	376	13	11	1
19/01/2020	380	4	20	2
20/01/2020	397	17	7	1
21/01/2020	421	24	0	0
22/01/2020	426	5	19	2
23/01/2020	448	22	2	2
24/01/2020	458	10	14	2
25/01/2020	467	9	15	2
26/01/2020	468	1	23	1
27/01/2020	492	24	0	0
28/01/2020	516	24	0	0
29/01/2020	517	1	23	1
30/01/2020	522	5	19	1
31/01/2020	540	18	6	1
01/02/2020	564	24	0	0
02/02/2020	588	24	0	0
03/02/2020	596	8	16	1
04/02/2020	603	7	17	2
05/02/2020	612	9	15	1

06/02/2020	635	23	1	2
07/02/2020	644	9	15	1
08/02/2020	668	24	0	0
09/02/2020	671	3	21	2
10/02/2020	685	14	10	2
11/02/2020	701	16	8	2
12/02/2020	712	11	13	2
13/02/2020	728	16	8	2
14/02/2020	749	21	3	2
15/02/2020	773	24	0	0
16/02/2020	793	20	4	1
17/02/2020	817	24	0	0
18/02/2020	828	11	13	1
19/02/2020	852	24	0	0
20/02/2020	867	15	9	1
21/02/2020	891	24	0	0
22/02/2020	915	24	0	0
23/02/2020	939	24	0	0
24/02/2020	963	24	0	0
25/02/2020	987	24	0	0
26/02/2020	1011	24	0	0
27/02/2020	1035	24	0	0
28/02/2020	1053	18	6	2
29/02/2020	1059	6	18	1
01/03/2020	1073	14	10	1
02/03/2020	1087	14	10	1
03/03/2020	1098	11	13	1
04/03/2020	1122	24	0	0
05/03/2020	1146	24	0	0
06/03/2020	1169	23	1	1
07/03/2020	1193	24	0	0
08/03/2020	1217	24	0	0
09/03/2020	1241	24	0	0
10/03/2020	1264	23	1	1
11/03/2020	1283	19	5	1
12/03/2020	1298	15	9	2
13/03/2020	1313	15	9	2
14/03/2020	1325	12	12	1
15/03/2020	1336	11	13	2
16/03/2020	1360	24	0	0

17/03/2020	1384	24	0	0
18/03/2020	1408	24	0	0
19/03/2020	1432	24	0	0
20/03/2020	1456	24	0	0
21/03/2020	1463	7	17	1
22/03/2020	1487	24	0	0
23/03/2020	1490	3	21	2
24/03/2020	1514	24	0	0
25/03/2020	1517	3	21	2
26/03/2020	1537	20	4	1
27/03/2020	1561	24	0	0
28/03/2020	1566	5	19	1
29/03/2020	1590	24	0	0
30/03/2020	1594	4	20	1
31/03/2020	1601	7	17	2
01/04/2020	1616	15	9	2
02/04/2020	1640	24	0	0
03/04/2020	1646	6	18	2
04/04/2020	1663	17	7	2
05/04/2020	1687	24	0	0
06/04/2020	1711	24	0	0
07/04/2020	1712	1	23	2
08/04/2020	1729	17	7	2
09/04/2020	1753	24	0	0
10/04/2020	1764	11	13	1
11/04/2020	1788	24	0	0
12/04/2020	1802	14	10	1
13/04/2020	1826	24	0	0
14/04/2020	1850	24	0	0
15/04/2020	1852	2	22	1
16/04/2020	1876	24	0	0
17/04/2020	1878	2	22	2
18/04/2020	1902	24	0	0
19/04/2020	1906	4	20	1
20/04/2020	1908	2	22	1
21/04/2020	1929	21	3	1
22/04/2020	1953	24	0	0
23/04/2020	1977	24	0	0
24/04/2020	2001	24	0	0
25/04/2020	2002	1	23	2
26/04/2020	2009	7	17	1

27/04/2020	2033	24	0	0
28/04/2020	2057	24	0	0
29/04/2020	2057	0	24	1
30/04/2020	2062	5	19	2
01/05/2020	2086	24	0	0
02/05/2020	2110	24	0	0
03/05/2020	2134	24	0	0
04/05/2020	2158	24	0	0
05/05/2020	2167	9	15	1
06/05/2020	2178	11	13	1
07/05/2020	2202	24	0	0
08/05/2020	2226	24	0	0
09/05/2020	2240	14	10	2
10/05/2020	2263	23	1	2
11/05/2020	2271	8	16	1
12/05/2020	2295	24	0	0
13/05/2020	2319	24	0	0
14/05/2020	2336	17	7	2
15/05/2020	2360	24	0	0
16/05/2020	2368	8	16	2
17/05/2020	2387	19	5	2
18/05/2020	2411	24	0	0
19/05/2020	2413	2	22	2
20/05/2020	2422	9	15	2
21/05/2020	2425	3	21	1
22/05/2020	2425	0	24	2
23/05/2020	2435	10	14	2
24/05/2020	2459	24	0	0
25/05/2020	2466	7	17	2
26/05/2020	2490	24	0	0
27/05/2020	2514	24	0	0
28/05/2020	2538	24	0	0
29/05/2020	2562	24	0	0
30/05/2020	2586	24	0	0
31/05/2020	2608	22	2	1
01/06/2020	2624	16	8	2
02/06/2020	2648	24	0	0
03/06/2020	2672	24	0	0
04/06/2020	2696	24	0	0
05/06/2020	2706	10	14	2
06/06/2020	2713	7	17	1

07/06/2020	2737	24	0	0
08/06/2020	2758	21	3	2
09/06/2020	2780	22	2	1
10/06/2020	2795	15	9	1
11/06/2020	2806	11	13	2
12/06/2020	2825	19	5	2
13/06/2020	2831	6	18	2
14/06/2020	2845	14	10	2
15/06/2020	2869	24	0	0
16/06/2020	2872	3	21	2
17/06/2020	2896	24	0	0
18/06/2020	2898	2	22	1
19/06/2020	2922	24	0	0
20/06/2020	2936	14	10	1
21/06/2020	2936	0	24	2
22/06/2020	2960	24	0	0
23/06/2020	2984	24	0	0
24/06/2020	2987	3	21	2
25/06/2020	3004	17	7	1
26/06/2020	3009	5	19	1
27/06/2020	3033	24	0	0
28/06/2020	3057	24	0	0
29/06/2020	3062	5	19	2
30/06/2020	3084	22	2	1
01/07/2020	3108	24	0	0
02/07/2020	3132	24	0	0
03/07/2020	3136	4	20	1
04/07/2020	3160	24	0	0
05/07/2020	3184	24	0	0
06/07/2020	3208	24	0	0
07/07/2020	3208	0	24	2
08/07/2020	3213	5	19	2
09/07/2020	3229	16	8	2
10/07/2020	3250	21	3	1
11/07/2020	3272	22	2	2
12/07/2020	3274	2	22	1
13/07/2020	3298	24	0	0
14/07/2020	3309	11	13	2
15/07/2020	3310	1	23	1
16/07/2020	3327	17	7	1
17/07/2020	3351	24	0	0

18/07/2020	3373	22	2	1
19/07/2020	3375	2	22	1
20/07/2020	3398	23	1	1
21/07/2020	3404	6	18	1
22/07/2020	3411	7	17	2
23/07/2020	3435	24	0	0
24/07/2020	3438	3	21	1
25/07/2020	3439	1	23	1
26/07/2020	3453	14	10	1
27/07/2020	3477	24	0	0
28/07/2020	3501	24	0	0
29/07/2020	3525	24	0	0
30/07/2020	3545	20	4	2
31/07/2020	3549	4	20	1
01/08/2020	3554	5	19	2
02/08/2020	3577	23	1	1
03/08/2020	3598	21	3	2
04/08/2020	3622	24	0	0
05/08/2020	3646	24	0	0
06/08/2020	3648	2	22	1
07/08/2020	3649	1	23	1
08/08/2020	3673	24	0	0
09/08/2020	3694	21	3	1
10/08/2020	3709	15	9	1
11/08/2020	3733	24	0	0
12/08/2020	3744	11	13	1
13/08/2020	3761	17	7	1
14/08/2020	3773	12	12	2
15/08/2020	3781	8	16	1
16/08/2020	3782	1	23	2
17/08/2020	3783	1	23	2
18/08/2020	3807	24	0	0
19/08/2020	3809	2	22	2
20/08/2020	3812	3	21	1
21/08/2020	3836	24	0	0
22/08/2020	3860	24	0	0
23/08/2020	3884	24	0	0
24/08/2020	3908	24	0	0
25/08/2020	3932	24	0	0
26/08/2020	3942	10	14	1
27/08/2020	3960	18	6	1

28/08/2020	3984	24	0	0
29/08/2020	3994	10	14	1
30/08/2020	4003	9	15	2
31/08/2020	4004	1	23	1
01/09/2020	4028	24	0	0
02/09/2020	4048	20	4	2
03/09/2020	4072	24	0	0
04/09/2020	4096	24	0	0
05/09/2020	4116	20	4	1
06/09/2020	4130	14	10	1
07/09/2020	4154	24	0	0
08/09/2020	4162	8	16	2
09/09/2020	4172	10	14	2
10/09/2020	4196	24	0	0
11/09/2020	4205	9	15	1
12/09/2020	4229	24	0	0
13/09/2020	4241	12	12	2
14/09/2020	4265	24	0	0
15/09/2020	4280	15	9	2
16/09/2020	4284	4	20	1
17/09/2020	4298	14	10	1
18/09/2020	4310	12	12	2
19/09/2020	4334	24	0	0
20/09/2020	4358	24	0	0
21/09/2020	4382	24	0	0
22/09/2020	4400	18	6	1
23/09/2020	4424	24	0	0
24/09/2020	4429	5	19	1
25/09/2020	4453	24	0	0
26/09/2020	4477	24	0	0
27/09/2020	4477	0	24	2
28/09/2020	4499	22	2	2
29/09/2020	4509	10	14	2
30/09/2020	4528	19	5	1
01/10/2020	4529	1	23	2
02/10/2020	4553	24	0	0
03/10/2020	4557	4	20	1
04/10/2020	4566	9	15	2
05/10/2020	4567	1	23	1
06/10/2020	4591	24	0	0
07/10/2020	4600	9	15	1

08/10/2020	4622	22	2	2
09/10/2020	4622	0	24	1
10/10/2020	4640	18	6	1
11/10/2020	4664	24	0	0
12/10/2020	4677	13	11	2
13/10/2020	4701	24	0	0
14/10/2020	4717	16	8	2
15/10/2020	4719	2	22	1
16/10/2020	4743	24	0	0
17/10/2020	4748	5	19	2
18/10/2020	4763	15	9	1
19/10/2020	4784	21	3	2
20/10/2020	4796	12	12	2
21/10/2020	4820	24	0	0
22/10/2020	4837	17	7	1
23/10/2020	4861	24	0	0
24/10/2020	4862	1	23	2
25/10/2020	4867	5	19	1
26/10/2020	4891	24	0	0
27/10/2020	4915	24	0	0
28/10/2020	4939	24	0	0
29/10/2020	4963	24	0	0
30/10/2020	4983	20	4	1
31/10/2020	4986	3	21	2
01/11/2020	5010	24	0	0
02/11/2020	5031	21	3	2
03/11/2020	5055	24	0	0
04/11/2020	5069	14	10	1
05/11/2020	5078	9	15	2
06/11/2020	5098	20	4	2
07/11/2020	5121	23	1	2
08/11/2020	5144	23	1	1
09/11/2020	5157	13	11	1
10/11/2020	5163	6	18	1
11/11/2020	5187	24	0	0
12/11/2020	5211	24	0	0
13/11/2020	5220	9	15	2
14/11/2020	5229	9	15	1
15/11/2020	5253	24	0	0
16/11/2020	5256	3	21	2
17/11/2020	5280	24	0	0

18/11/2020	5304	24	0	0
19/11/2020	5328	24	0	0
20/11/2020	5352	24	0	0
21/11/2020	5376	24	0	0
22/11/2020	5390	14	10	2
23/11/2020	5398	8	16	1
24/11/2020	5406	8	16	2
25/11/2020	5430	24	0	0
26/11/2020	5454	24	0	0
27/11/2020	5465	11	13	2
28/11/2020	5473	8	16	2
29/11/2020	5497	24	0	0
30/11/2020	5521	24	0	0
01/12/2020	5545	24	0	0
02/12/2020	5569	24	0	0
03/12/2020	5593	24	0	0
04/12/2020	5617	24	0	0
05/12/2020	5641	24	0	0
06/12/2020	5665	24	0	0
07/12/2020	5674	9	15	2
08/12/2020	5696	22	2	2
09/12/2020	5720	24	0	0
10/12/2020	5720	0	24	1
11/12/2020	5744	24	0	0
12/12/2020	5768	24	0	0
13/12/2020	5792	24	0	0
14/12/2020	5816	24	0	0
15/12/2020	5823	7	17	2
16/12/2020	5834	11	13	1
17/12/2020	5838	4	20	2
18/12/2020	5843	5	19	1
19/12/2020	5867	24	0	0
20/12/2020	5867	0	24	2
21/12/2020	5891	24	0	0
22/12/2020	5905	14	10	2
23/12/2020	5919	14	10	2
24/12/2020	5943	24	0	0
25/12/2020	5958	15	9	2
26/12/2020	5973	15	9	2
27/12/2020	5997	24	0	0
28/12/2020	6021	24	0	0

29/12/2020	6045	24	0	0
30/12/2020	6069	24	0	0
31/12/2020	6093	24	0	0
	Sumatoria	6093	2691	310

Anexo 4. *Reporte anual 2021 del funcionamiento de la subestación N°04*

Fecha	Horómetro Acumulado	Horómetro del dia	Tiempo detenido	Número de detenciones
01/01/2021	24	24	0	0
02/01/2021	48	24	0	0
03/01/2021	72	24	0	0
04/01/2021	96	24	0	0
05/01/2021	120	24	0	0
06/01/2021	144	24	0	0
07/01/2021	168	24	0	0
08/01/2021	192	24	0	0
09/01/2021	216	24	0	0
10/01/2021	224	8	16	2
11/01/2021	248	24	0	0
12/01/2021	272	24	0	0
13/01/2021	296	24	0	0
14/01/2021	320	24	0	0
15/01/2021	344	24	0	0
16/01/2021	368	24	0	0
17/01/2021	374	6	18	2
18/01/2021	398	24	0	0
19/01/2021	413	15	9	1
20/01/2021	437	24	0	0
21/01/2021	460	23	1	2
22/01/2021	484	24	0	0
23/01/2021	508	24	0	0
24/01/2021	532	24	0	0
25/01/2021	556	24	0	0
26/01/2021	580	24	0	0
27/01/2021	595	15	9	1
28/01/2021	619	24	0	0
29/01/2021	643	24	0	0

30/01/2021	667	24	0	0
31/01/2021	675	8	16	1
01/02/2021	699	24	0	0
02/02/2021	723	24	0	0
03/02/2021	742	19	5	2
04/02/2021	766	24	0	0
05/02/2021	790	24	0	0
06/02/2021	814	24	0	0
07/02/2021	838	24	0	0
08/02/2021	862	24	0	0
09/02/2021	886	24	0	0
10/02/2021	910	24	0	0
11/02/2021	932	22	2	2
12/02/2021	956	24	0	0
13/02/2021	980	24	0	0
14/02/2021	981	1	23	1
15/02/2021	1005	24	0	0
16/02/2021	1011	6	18	2
17/02/2021	1035	24	0	0
18/02/2021	1059	24	0	0
19/02/2021	1075	16	8	2
20/02/2021	1083	8	16	1
21/02/2021	1107	24	0	0
22/02/2021	1110	3	21	2
23/02/2021	1134	24	0	0
24/02/2021	1158	24	0	0
25/02/2021	1182	24	0	0
26/02/2021	1206	24	0	0
27/02/2021	1230	24	0	0
28/02/2021	1254	24	0	0
01/03/2021	1278	24	0	0
02/03/2021	1302	24	0	0
03/03/2021	1318	16	8	1
04/03/2021	1334	16	8	1
05/03/2021	1358	24	0	0
06/03/2021	1382	24	0	0
07/03/2021	1406	24	0	0
08/03/2021	1410	4	20	2
09/03/2021	1434	24	0	0
10/03/2021	1458	24	0	0

11/03/2021	1471	13	11	1
12/03/2021	1495	24	0	0
13/03/2021	1519	24	0	0
14/03/2021	1543	24	0	0
15/03/2021	1556	13	11	2
16/03/2021	1580	24	0	0
17/03/2021	1604	24	0	0
18/03/2021	1628	24	0	0
19/03/2021	1652	24	0	0
20/03/2021	1662	10	14	1
21/03/2021	1686	24	0	0
22/03/2021	1710	24	0	0
23/03/2021	1734	24	0	0
24/03/2021	1758	24	0	0
25/03/2021	1782	24	0	0
26/03/2021	1806	24	0	0
27/03/2021	1830	24	0	0
28/03/2021	1854	24	0	0
29/03/2021	1855	1	23	2
30/03/2021	1861	6	18	2
31/03/2021	1885	24	0	0
01/04/2021	1909	24	0	0
02/04/2021	1933	24	0	0
03/04/2021	1947	14	10	1
04/04/2021	1964	17	7	2
05/04/2021	1988	24	0	0
06/04/2021	1990	2	22	2
07/04/2021	2014	24	0	0
08/04/2021	2038	24	0	0
09/04/2021	2062	24	0	0
10/04/2021	2086	24	0	0
11/04/2021	2110	24	0	0
12/04/2021	2134	24	0	0
13/04/2021	2158	24	0	0
14/04/2021	2182	24	0	0
15/04/2021	2206	24	0	0
16/04/2021	2230	24	0	0
17/04/2021	2254	24	0	0
18/04/2021	2261	7	17	1
19/04/2021	2285	24	0	0
20/04/2021	2309	24	0	0

21/04/2021	2333	24	0	0
22/04/2021	2337	4	20	2
23/04/2021	2361	24	0	0
24/04/2021	2385	24	0	0
25/04/2021	2409	24	0	0
26/04/2021	2433	24	0	0
27/04/2021	2457	24	0	0
28/04/2021	2481	24	0	0
29/04/2021	2505	24	0	0
30/04/2021	2529	24	0	0
01/05/2021	2553	24	0	0
02/05/2021	2577	24	0	0
03/05/2021	2601	24	0	0
04/05/2021	2625	24	0	0
05/05/2021	2649	24	0	0
06/05/2021	2673	24	0	0
07/05/2021	2697	24	0	0
08/05/2021	2721	24	0	0
09/05/2021	2745	24	0	0
10/05/2021	2769	24	0	0
11/05/2021	2793	24	0	0
12/05/2021	2817	24	0	0
13/05/2021	2834	17	7	1
14/05/2021	2858	24	0	0
15/05/2021	2870	12	12	2
16/05/2021	2894	24	0	0
17/05/2021	2918	24	0	0
18/05/2021	2942	24	0	0
19/05/2021	2966	24	0	0
20/05/2021	2990	24	0	0
21/05/2021	3014	24	0	0
22/05/2021	3038	24	0	0
23/05/2021	3062	24	0	0
24/05/2021	3086	24	0	0
25/05/2021	3110	24	0	0
26/05/2021	3134	24	0	0
27/05/2021	3158	24	0	0
28/05/2021	3182	24	0	0
29/05/2021	3206	24	0	0
30/05/2021	3230	24	0	0
31/05/2021	3230	0	24	1

01/06/2021	3254	24	0	0
02/06/2021	3278	24	0	0
03/06/2021	3278	0	24	1
04/06/2021	3302	24	0	0
05/06/2021	3326	24	0	0
06/06/2021	3350	24	0	0
07/06/2021	3350	0	24	1
08/06/2021	3374	24	0	0
09/06/2021	3398	24	0	0
10/06/2021	3422	24	0	0
11/06/2021	3426	4	20	1
12/06/2021	3450	24	0	0
13/06/2021	3474	24	0	0
14/06/2021	3498	24	0	0
15/06/2021	3522	24	0	0
16/06/2021	3546	24	0	0
17/06/2021	3570	24	0	0
18/06/2021	3594	24	0	0
19/06/2021	3618	24	0	0
20/06/2021	3642	24	0	0
21/06/2021	3666	24	0	0
22/06/2021	3690	24	0	0
23/06/2021	3714	24	0	0
24/06/2021	3738	24	0	0
25/06/2021	3762	24	0	0
26/06/2021	3786	24	0	0
27/06/2021	3803	17	7	2
28/06/2021	3827	24	0	0
29/06/2021	3851	24	0	0
30/06/2021	3868	17	7	1
01/07/2021	3892	24	0	0
02/07/2021	3906	14	10	1
03/07/2021	3930	24	0	0
04/07/2021	3949	19	5	1
05/07/2021	3973	24	0	0
06/07/2021	3997	24	0	0
07/07/2021	4021	24	0	0
08/07/2021	4045	24	0	0
09/07/2021	4069	24	0	0
10/07/2021	4093	24	0	0
11/07/2021	4117	24	0	0

12/07/2021	4124	7	17	2
13/07/2021	4147	23	1	2
14/07/2021	4171	24	0	0
15/07/2021	4195	24	0	0
16/07/2021	4219	24	0	0
17/07/2021	4243	24	0	0
18/07/2021	4267	24	0	0
19/07/2021	4291	24	0	0
20/07/2021	4315	24	0	0
21/07/2021	4339	24	0	0
22/07/2021	4363	24	0	0
23/07/2021	4387	24	0	0
24/07/2021	4411	24	0	0
25/07/2021	4414	3	21	1
26/07/2021	4438	24	0	0
27/07/2021	4462	24	0	0
28/07/2021	4471	9	15	2
29/07/2021	4495	24	0	0
30/07/2021	4504	9	15	1
31/07/2021	4528	24	0	0
01/08/2021	4552	24	0	0
02/08/2021	4576	24	0	0
03/08/2021	4600	24	0	0
04/08/2021	4624	24	0	0
05/08/2021	4648	24	0	0
06/08/2021	4672	24	0	0
07/08/2021	4679	7	17	2
08/08/2021	4703	24	0	0
09/08/2021	4727	24	0	0
10/08/2021	4751	24	0	0
11/08/2021	4775	24	0	0
12/08/2021	4799	24	0	0
13/08/2021	4823	24	0	0
14/08/2021	4847	24	0	0
15/08/2021	4871	24	0	0
16/08/2021	4895	24	0	0
17/08/2021	4919	24	0	0
18/08/2021	4943	24	0	0
19/08/2021	4967	24	0	0
20/08/2021	4991	24	0	0
21/08/2021	5015	24	0	0

22/08/2021	5039	24	0	0
23/08/2021	5042	3	21	2
24/08/2021	5066	24	0	0
25/08/2021	5090	24	0	0
26/08/2021	5114	24	0	0
27/08/2021	5138	24	0	0
28/08/2021	5162	24	0	0
29/08/2021	5186	24	0	0
30/08/2021	5200	14	10	2
31/08/2021	5224	24	0	0
01/09/2021	5247	23	1	1
02/09/2021	5271	24	0	0
03/09/2021	5283	12	12	1
04/09/2021	5307	24	0	0
05/09/2021	5331	24	0	0
06/09/2021	5355	24	0	0
07/09/2021	5379	24	0	0
08/09/2021	5403	24	0	0
09/09/2021	5427	24	0	0
10/09/2021	5451	24	0	0
11/09/2021	5475	24	0	0
12/09/2021	5499	24	0	0
13/09/2021	5523	24	0	0
14/09/2021	5547	24	0	0
15/09/2021	5571	24	0	0
16/09/2021	5595	24	0	0
17/09/2021	5619	24	0	0
18/09/2021	5643	24	0	0
19/09/2021	5646	3	21	2
20/09/2021	5670	24	0	0
21/09/2021	5694	24	0	0
22/09/2021	5718	24	0	0
23/09/2021	5742	24	0	0
24/09/2021	5766	24	0	0
25/09/2021	5777	11	13	1
26/09/2021	5801	24	0	0
27/09/2021	5825	24	0	0
28/09/2021	5849	24	0	0
29/09/2021	5866	17	7	2
30/09/2021	5890	24	0	0
01/10/2021	5914	24	0	0

02/10/2021	5938	24	0	0
03/10/2021	5962	24	0	0
04/10/2021	5986	24	0	0
05/10/2021	5999	13	11	1
06/10/2021	6023	24	0	0
07/10/2021	6047	24	0	0
08/10/2021	6071	24	0	0
09/10/2021	6095	24	0	0
10/10/2021	6119	24	0	0
11/10/2021	6138	19	5	1
12/10/2021	6162	24	0	0
13/10/2021	6186	24	0	0
14/10/2021	6210	24	0	0
15/10/2021	6234	24	0	0
16/10/2021	6258	24	0	0
17/10/2021	6274	16	8	2
18/10/2021	6298	24	0	0
19/10/2021	6322	24	0	0
20/10/2021	6337	15	9	1
21/10/2021	6361	24	0	0
22/10/2021	6385	24	0	0
23/10/2021	6409	24	0	0
24/10/2021	6433	24	0	0
25/10/2021	6457	24	0	0
26/10/2021	6481	24	0	0
27/10/2021	6505	24	0	0
28/10/2021	6529	24	0	0
29/10/2021	6553	24	0	0
30/10/2021	6577	24	0	0
31/10/2021	6601	24	0	0
01/11/2021	6625	24	0	0
02/11/2021	6649	24	0	0
03/11/2021	6673	24	0	0
04/11/2021	6694	21	3	2
05/11/2021	6718	24	0	0
06/11/2021	6742	24	0	0
07/11/2021	6766	24	0	0
08/11/2021	6790	24	0	0
09/11/2021	6814	24	0	0
10/11/2021	6838	24	0	0
11/11/2021	6862	24	0	0

12/11/2021	6886	24	0	0
13/11/2021	6910	24	0	0
14/11/2021	6934	24	0	0
15/11/2021	6958	24	0	0
16/11/2021	6982	24	0	0
17/11/2021	7006	24	0	0
18/11/2021	7024	18	6	1
19/11/2021	7048	24	0	0
20/11/2021	7072	24	0	0
21/11/2021	7096	24	0	0
22/11/2021	7117	21	3	2
23/11/2021	7141	24	0	0
24/11/2021	7165	24	0	0
25/11/2021	7189	24	0	0
26/11/2021	7213	24	0	0
27/11/2021	7237	24	0	0
28/11/2021	7261	24	0	0
29/11/2021	7285	24	0	0
30/11/2021	7309	24	0	0
01/12/2021	7333	24	0	0
02/12/2021	7357	24	0	0
03/12/2021	7381	24	0	0
04/12/2021	7405	24	0	0
05/12/2021	7429	24	0	0
06/12/2021	7453	24	0	0
07/12/2021	7477	24	0	0
08/12/2021	7501	24	0	0
09/12/2021	7525	24	0	0
10/12/2021	7549	24	0	0
11/12/2021	7573	24	0	0
12/12/2021	7597	24	0	0
13/12/2021	7621	24	0	0
14/12/2021	7645	24	0	0
15/12/2021	7669	24	0	0
16/12/2021	7693	24	0	0
17/12/2021	7717	24	0	0
18/12/2021	7741	24	0	0
19/12/2021	7765	24	0	0
20/12/2021	7789	24	0	0
21/12/2021	7813	24	0	0
22/12/2021	7837	24	0	0

23/12/2021	7861	24	0	0
24/12/2021	7885	24	0	0
25/12/2021	7909	24	0	0
26/12/2021	7919	10	14	1
27/12/2021	7943	24	0	0
28/12/2021	7967	24	0	0
29/12/2021	7991	24	0	0
30/12/2021	8015	24	0	0
31/12/2021	8036	21	3	2
	Sumatoria	8036	724	87

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, NELLY ROXANA SOVERO LAZO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad a una subestación eléctrica móvil ubicada en la mina Quellaveco", cuyo autor es ESPINOZA TAPIA JOHN JOSEPH HERNAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 02 de Setiembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	**Firma**
NELLY ROXANA SOVERO LAZO **DNI:** 20048561 **ORCID:** 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 21-10-2022 14:31:24

Código documento Trilce: TRI - 0426163

INVESTIGA UCV